

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

## FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

### CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Trabajo estructurado de manera independiente previo a la obtención del título de Ingeniera Civil.

#### **TEMA:**

---

Estudio de las fuentes de material pétreo de la mina de Mulaló, Salcedo y la Maná; provincia de Cotopaxi y su utilidad en la construcción de obras viales.

---

**AUTOR:** Liliana Carolina Torres Pico.

**TUTOR:** Ing. Msc. Lorena Pérez.

**AMBATO-ECUADOR**

## CERTIFICACIÓN

Yo, Ing. M.Sc Lorena Pérez, certifico que la presente Tesis de Grado ha sido realizada por la Egda. Liliana Carolina Torres Pico de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, carrera de Ingeniería Civil, se desarrolló bajo mi supervisión y tutoría, siendo un trabajo personal e inédito y ha sido elaborado bajo el tema **“Estudio de las fuentes de material pétreo de la mina de Mulaló, Salcedo y la Maná; provincia de Cotopaxi y su utilidad en la construcción de obras viales”**.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, y puede continuar con el trámite pertinente.

---

***Ing. M.Sc Lorena Pérez***

***Tutor de Tesis***

## AUTORÍA

Yo, Liliana Carolina Torres Pico, CI. 180427777-8 egresada de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, certifico por medio de la presente que el Trabajo de Graduación elaborado bajo el Tema **“Estudio de las fuentes de material pétreo de la mina de Mulaló, Salcedo y la Maná; provincia de Cotopaxi y su utilidad en la construcción de obras viales”**, es de mi completa autoría y responsabilidad.

---

***Egda. Liliana Carolina Torres Pico.***

***Autor***

## DEDICATORIA

*Este logro tan importante en mi vida quiero dedicarlo al ser supremo que día tras día está presente cuidándome y guiándome con su infinita bondad para así cumplir con este primer escalafón en mi carrera.*

*A mi madre NANCY quien fue la que me impulso a empezar mi carrera profesional.*

*A mi abuelita ESMILDA que con su amor, sus consejos y sobre todo su apoyo en cada instante me brindo seguridad y optimismo para continuar, y se que hoy me está bendiciendo desde el cielo; a mi padre que con su apoyo me impulso a seguir a delante.*

*A mis HERMANOS que con sus palabras tiernas siempre me hicieron sentir respaldada.*

*A mis FAMILIARES que me dieron su respaldo cuando lo necesite.*

*A mis AMIGOS que por mucho tiempo se convirtieron en más que una familia con quienes compartimos momentos buenos y malos.*

*De manera muy especial a VICTOR por los consejos, ánimos y palabras de aliento para poder continuar y así culminar mi carrera, te amo.*

*Finalmente dedico y agradezco a todos quienes estuvieron junto a mí en diferentes momentos de mi vida, mientras adquiría los conocimientos para alcanzar esta noble y hermosa profesión.*

*Lisi.*

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a Dios quien ha sido mi principal fortaleza, para alcanzar uno a uno los objetivos que en la carrera se ha presentado, y así poder alcanzar este logro.*

*A la Universidad Técnica de Ambato, de sobremanera a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, a sus docentes y a todo su personal administrativo quienes fueron imprescindibles para lograr terminar con éxito esta investigación que va a ser fundamental para desarrollarme como profesional.*

*Y de manera especial a la Señora Ingeniera Master Lorena Pérez tutora de mi tesis por guiarme y satisfacer las inquietudes surgidas de la investigación.*

*A mis amigos que fueron parte trascendental de este ciclo académico y cada una de las personas que desinteresadamente me apoyaron.*

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

### Capítulo I EL PROBLEMA

1.1 TEMA .....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.2.1 Contextualización.....	1
1.2.2 Análisis Crítico .....	2
1.2.3 Prognosis .....	2
1.2.4 Formulación Del Problema.....	3
1.2.5 Interrogantes (Subproblemas).....	3
1.2.6 Delimitación del Objeto de Investigación .....	3
1.2.6.1 Delimitación de Contenido .....	3
1.2.6.2 Delimitación Espacial.....	3
1.2.6.3 Delimitación Temporal .....	4
1.3 JUSTIFICACION .....	4
1.4 OBJETIVOS .....	5
1.4.1 General .....	5
1.4.2 Específicos.....	5

### Capítulo II MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS .....	6
2.2 FUNDAMENTACION FILOSOFICA .....	7
2.3 FUNDAMENTACION LEGAL .....	7
2.4 CATEGORIAS FUNDAMENTALES .....	8
2.4.1 Supra Ordinación de las Variables.....	8

2.4.2 DEFINICIONES.....	8
2.4.2.1 Mina.....	8
2.4.2.2 Propiedades físicas y mecánicas de los pétreos .....	8
2.4.2.2.1 Agregados pétreos.....	8
2.4.2.3 Análisis granulométrico agregado grueso y agregado fino .....	9
2.4.2.4 Curva Granulométrica.....	9
2.4.2.5 Módulo de finura del agregado fino .....	10
2.4.2.6 Tamaño nominal Máximo del agregado grueso .....	10
2.4.2.7 Resistencia al desgaste del agregado grueso .....	11
2.4.2.8 Peso unitario suelo .....	11
2.4.2.9 Peso unitario compactado .....	11
2.4.2.10 Peso específico y capacidad de absorcion .....	12
2.4.2.11 Contenido de humedad .....	12
2.4.2.12 Tipos de agregados .....	12
2.4.2.12.1 Agregados naturales .....	12
2.4.2.12.2 Agregados de trituración.....	12
2.4.2.12.3 Agregados artificiales .....	13
2.4.2.12.4 Agregados marginales .....	13
2.4.2.13 Propiedades individuales .....	13
2.4.2.14 Naturaleza petrológica de los agregados pétreos .....	13
2.4.2.14.1 Agregados calizos .....	13
2.4.2.14.2 Agregados Silíceos .....	14
2.4.2.14.3 Agregados Ígneos y Metamórficos .....	14
2.4.2.15 Características exigidas a un agregados pétreo .....	14
2.4.2.15.1 Dureza .....	15

2.4.2.15.2 Coherencia.....	15
2.4.2.15.3 Compacidad.....	15
2.4.2.16 Ensayo de materiales.....	15
2.4.2.17 Mecánica de suelos.....	15
2.4.2.18 Suelos.....	16
2.4.2.19 Clasificación de suelos.....	16
2.4.2.19.1 La grava.....	16
2.4.2.19.2 La arena.....	16
2.4.2.19.3 El limo.....	16
2.4.2.19.4 La arcilla.....	16
2.4.2.20 Pavimento rígido.....	16
2.4.2.20.1 Suelo de fundación.....	17
2.4.2.20.2 Capa de sub-base.....	17
2.4.2.20.3 Capa base.....	19
2.4.2.20.4 Capa de rodadura.....	23
2.5 HIPÓTESIS.....	24
2.6 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS.....	24
2.6.1 Variable Independiente.....	24
2.6.2 Variable Dependiente.....	24

### **Capítulo III METODOLOGÍA**

3.1 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	25
3.2 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	25
3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	27
3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	28



3.4.1 Variable Independiente. ....	28
3.4.2 Variable Dependiente.....	29
3.5 PLAN DE RECOLECCION DE INFORMACION .....	30
3.6 PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN .....	30
3.6.1 Plan de analisis e interpretacion de datos.....	30

## **Capítulo IV ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	32
4.1.1 Pregunta N° 1 .....	33
4.1.2 Pregunta N° 2 .....	34
4.1.3 Pregunta N° 3 .....	35
4.1.4 Pregunta N° 4 .....	36
4.1.5 Pregunta N° 5 .....	37
4.1.6 Pregunta N° 6 .....	38
4.1.7 Pregunta N° 7 .....	39
4.1.8 Pregunta N° 8 .....	40
4.1.9 Pregunta N° 9 .....	41
4.2 INTERPRETACIÓN DE DATOS .....	32
4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS.....	42
4.1 Comprobacion de la hipotesis (Chi cuadrado).....	42
4.3.1.1 Resultados de la encuesta (Obtenidos).....	43
4.3.1.2 Valores esperados (E) .....	43
4.3.2 Valores esperados de la encuesta .....	44
4.3.3 Cálculo del CHI – CUADRADO (X <sup>2</sup> ).....	44

## **Capítulo V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1 CONCLUSIONES.....	46
5.2 RECOMENDACIONES .....	46

## **Capítulo VI PROPUESTA**

6.1 DATOS INFORMATIVOS.....	48
6.1.1 Cantón La Maná.....	48
6.1.1.1 Aspectos generales.....	48
6.1.1.2 Aspectos Socio- Económicos .....	49
6.1.1.3 Aspectos Físicos Y Topográficos .....	50
6.1.1.4 Servicios Públicos .....	52
6.1.2 Cantón Salcedo.....	55
6.1.2.1 Aspectos generales.....	55
6.1.2.2 Aspectos Socio- Económicos .....	57
6.1.2.3 Aspectos Físicos Y Topográficos .....	58
6.1.2.4 Servicios Públicos .....	60
6.1.3 Parroquia Mulaló .....	63
6.1.3.1 Aspectos generales.....	63
6.1.3.2 Aspectos Socio- Económicos .....	64
6.1.3.3 Aspectos Físicos Y Topográficos .....	66
6.1.3.4 Servicios Públicos .....	66
6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.....	67
6.3 JUSTIFICACIÓN .....	67
6.4 OBJETIVOS .....	68

6.4.1 Objetivo General. ....	68
6.4.2 Objetivos Específicos. ....	68
6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD .....	69
6.6 FUNDAMENTACIÓN.....	69
6.6.1 Propiedades físicas y mecánicas de los agregados .....	69
6.6.1.1 Ensayo de Abrasión.....	70
6.6.1.2 Densidad Real y peso específico.....	71
6.6.1.3 Capacidad de Absorción.....	73
6.6.1.4 Contenido de humedad .....	74
6.6.1.5 Densidad aparente suelta y compactada .....	75
6.6.1.6 Granulometría .....	77
6.6.1.7 Límite líquido .....	80
6.6.1.8 Límite plástico .....	83
6.7 METODOLOGÍA.....	86
6.7.1 ENSAYOS DE LOS AGREGADOS .....	86
6.7.1.1 Ensayo de abrasión del agregado grueso(Mulaló) .....	86
6.7.1.2 Ensayo de abrasión del agregado grueso(La Maná).....	87
6.7.1.3 Ensayo de abrasión del agregado grueso(Salcedo).....	88
6.7.1.4 Ensayo de densidad real del agregado fino (Salcedo) .....	89
6.7.1.5 Ensayo de densidad real del agregado fino (La Maná) .....	90
6.7.1.6 Ensayo de densidad real del agregado fino (Mulaló) .....	91
6.7.1.7 Ensayo de densidad real del agregado grueso (Salcedo) .....	92
6.7.1.8 Ensayo de densidad real del agregado grueso (La Maná).....	93
6.7.1.9 Ensayo de densidad real del agregado grueso (Mulaló) .....	94

6.7.1.10 Ensayo de capacidad de absorción del agregado fino (Salcedo) .....	95
6.7.1.11 Ensayo de capacidad de absorción del agregado fino (La Maná) .....	96
6.7.1.12 Ensayo de capacidad de absorción del agregado fino (Mulaló) .....	97
6.7.1.13 Ensayo de capacidad de absorción del agregado grueso (Salcedo) .....	98
6.7.1.14 Ensayo de capacidad de absorción del agregado grueso (La Maná) .....	99
6.7.1.15 Ensayo de capacidad de absorción del agregado grueso (Mulaló) .....	100
6.7.1.16 Ensayo de contenido de humedad del agregado grueso (Mulaló) .....	101
6.7.1.17 Ensayo de contenido de humedad del agregado grueso (Salcedo) .....	102
6.7.1.18 Ensayo de contenido de humedad del agregado grueso (La Maná) .....	103
6.7.1.19 Ensayo de contenido de humedad del agregado fino (Mulaló) .....	104
6.7.1.20 Ensayo de contenido de humedad del agregado fino (La Maná) .....	105
6.7.1.21 Ensayo de contenido de humedad del agregado fino (Salcedo) .....	106
6.7.1.22 Ensayo de Granulometría del agregado grueso(Mulaló) .....	107
6.7.1.23 Ensayo de Granulometría del agregado grueso(La Maná).....	109
6.7.1.24 Ensayo de Granulometría del agregado grueso(Salcedo).....	111
6.7.1.25 Ensayo de Granulometría del agregado fino (Mulaló) .....	113

6.7.1.26	Ensayo de Granulometría del agregado grueso(La Maná).....	115
6.7.1.27	Ensayo de Granulometría del agregado grueso(Salcedo).....	117
6.7.1.28	Ensayo de Densidad aparente suelta (Mulaló).....	119
6.7.1.29	Ensayo de Densidad aparente suelta (Salcedo) .....	120
6.7.1.30	Ensayo de Densidad aparente suelta (La Maná) .....	121
6.7.1.31	Ensayo de Densidad aparente compactada (Mulaló).....	122
6.7.1.32	Ensayo de Densidad aparente compactada (Salcedo).....	123
6.7.1.33	Ensayo de Densidad aparente compactada (La Maná).....	124
6.7.1.34	Ensayo Determinacion granulometrica (La Maná) .....	125
6.7.1.35	Ensayo determinacion granulometrica (Mulaló) .....	126
6.7.1.36	Ensayo determinacion granulometrica (Salcedo) .....	127
6.7.1.37	Ensayo de limite liquido y limite plastico (Mulaló).....	128
6.7.1.38	Ensayo de limite liquido y limite plastico (La Maná) .....	129
6.7.1.39	Ensayo de limite liquido y limite plastico (Salcedo) .....	130
6.7.2	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS.....	131
6.7.2.1	Mina el Progreso de la Maná .....	131
6.7.2.1.1	Agregado Grueso .....	131
6.7.2.1.2	Agregado Fino .....	132
6.7.2.2	Mina el San Joaquín de Mulaló .....	133
6.7.2.2.1	Agregado Grueso .....	133
6.7.2.2.2	Agregado Fino .....	134
6.7.2.3	Mina Salache de Salcedo .....	135
6.7.2.3.1	Agregado Grueso .....	135
6.7.2.3.2	Agregado Fino .....	136
6.7.3	CUADROS COMPARATIVOS.....	137

6.7.3.1	Ensayo de abrasión .....	137
6.7.3.2	Ensayo de densidad real.....	139
6.7.3.2.1	Agregado grueso .....	139
6.7.3.2.2	Agregado fino .....	141
6.7.3.3	Ensayo de capacidad de absorción .....	142
6.7.3.3.1	Agregado grueso.....	142
6.7.3.3.2	Agregado fino .....	143
6.7.3.4	Ensayo de contenido de humedad.....	146
6.7.3.4.1	Agregado grueso.....	146
6.7.3.4.2	Agregado fino .....	147
6.7.3.5	Ensayo de granulometría .....	148
6.7.3.5.1	Agregado grueso.....	148
6.7.3.5.2	Agregado fino .....	151
6.7.3.6	Ensayo de densidad aparente compactada .....	154
6.7.3.6.1	Agregado grueso.....	154
6.7.3.6.2	Agregado fino .....	155
6.7.3.7	Ensayo de densidad aparente suelta .....	156
6.7.3.7.1	Agregado grueso.....	156
6.7.3.7.2	Agregado fino .....	157
6.7.3.8	Determinacion granulometrica .....	158
6.7.3.8.1	Agregado grueso.....	158
6.7.3.8.2	Agregado fino .....	158
6.7.3.9	Limite liquido, limite plastico.....	161
6.8	ADMINISTRACIÓN .....	167
6.9	PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN .....	167

BIBLIOGRAFÍA .....	168
ANEXOS .....	171
Anexo N°1 (Mapa) .....	172
Anexo N°2 (Fotografías) .....	173
Anexo N°3 (Modelo de encuesta) .....	176
Anexo N°4 (Norma INEN) .....	179
Anexo N°5 (Norma MTOP) .....	180

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N°1 Corte transversal carpeta asfáltica.....	17
Gráfico N°2 Resultados de la pregunta 1 .....	27
Gráfico N°3 Resultados de la pregunta 2 .....	28
Gráfico N°4 Resultados de la pregunta 3 .....	29
Gráfico N°5 Resultados de la pregunta 4 .....	30
Gráfico N°6 Resultados de la pregunta 5 .....	31
Gráfico N°7 Resultados de la pregunta 6 .....	32
Gráfico N°8 Resultados de la pregunta 7 .....	33
Gráfico N°9 Resultados de la pregunta 8 .....	34
Gráfico N°10 Resultados de la pregunta 9 .....	35
Gráfico N°11 Granulometría del agregado grueso(Mulaló) .....	108
Gráfico N°12 Granulometría del agregado grueso(La Maná).....	110
Gráfico N°13 Granulometría del agregado grueso(Salcedo).....	112
Gráfico N°14 Granulometría del agregado fino(Mulaló) .....	114
Gráfico N°15 Granulometría del agregado fino(La Maná) .....	116
Gráfico N°16 Granulometría del agregado fino(Salcedo) .....	118
Gráfico N°17 Desgaste por abrasión.....	137
Gráfico N°18 Densidad real del agregado grueso .....	139
Gráfico N°19 Densidad real del agregado fino .....	141
Gráfico N°20 Capacidad del agregado grueso .....	142
Gráfico N°21 Capacidad del agregado fino .....	144
Gráfico N°22 Contenido de humedad del agregado grueso .....	146
Gráfico N°23 Contenido de humedad del agregado fino .....	147



Gráfico N°24 Curva granulométrica del agregado grueso.....	150
Gráfico N°25 Curva granulométrica del agregado fino .....	153
Gráfico N°26 Peso unitario compactado del agregado grueso.....	154
Gráfico N°27 Peso unitario compactado del agregado fino.....	155
Gráfico N°28 Peso unitario suelto del agregado grueso.....	156
Gráfico N°29 Peso unitario suelto del agregado fino.....	157
Gráfico N°30 Porcentaje de grava.....	158
Gráfico N°31 Porcentaje de arena fina.....	159
Gráfico N°32 Porcentaje de limos .....	160
Gráfico N°33 Limite liquido.....	161
Gráfico N°34 Limite plastico .....	162
Gráfico N°35 Indice de plasticidad .....	162

## NDICE DE TABLAS

Tabla N°1 Tamaño de tamices.....	9
Tabla N°2 Requisitos granulométricos para agregados gruesos .....	10
Tabla N°3 Requisitos granulométricos para agregados finos .....	10
Tabla N°4 Resultados de la pregunta N°1 .....	33
Tabla N°5 Resultados de la pregunta N°2 .....	34
Tabla N°6 Resultados de la pregunta N°3 .....	35
Tabla N°7 Resultados de la pregunta N°4 .....	36
Tabla N°8 Resultados de la pregunta N°5 .....	37
Tabla N°9 Resultados de la pregunta N°6 .....	38
Tabla N°10 Resultados de la pregunta N°7 .....	39
Tabla N°11 Resultados de la pregunta N°8 .....	40
Tabla N°12 Resultados de la pregunta N°9 .....	41
Tabla N°13 Valores obtenidos de la encuesta para CHI-CUADRADO .....	43
Tabla N°14 Valores esperados de la encuesta para CHI-CUADRADO .....	44
Tabla N°15 Calculo del CHI-CUADRADO.....	44
Tabla N°16 Tabla de valores de distribución de CHI-CUADRADO.....	45
Tabla N°17 Listado de ensayos .....	70
Tabla N°18 Ensayo de abrasión del agregado grueso (Mulaló).....	86
Tabla N°19 Ensayo de abrasión del agregado grueso (La Maná) .....	87
Tabla N°20 Ensayo de abrasión del agregado grueso (Salcedo) .....	88
Tabla N°21 Ensayo de densidad real del agregado fino(Salcedo).....	89
Tabla N°22 Ensayo de densidad real del agregado fino(La Maná).....	90
Tabla N°23 Ensayo de densidad real del agregado fino(Mulaló) .....	91

Tabla N°24 Ensayo de densidad real del agregado grueso(Salcedo).....	92
Tabla N°25 Ensayo de densidad real del agregado grueso(La Maná).....	93
Tabla N°26 Ensayo de densidad real del agregado grueso(Mulaló) .....	94
Tabla N°27 Ensayo de capacidad de absorción del agregado fino (Salcedo) .....	95
Tabla N°28 Ensayo de capacidad de absorción del agregado fino (La Maná) .....	96
Tabla N°29 Ensayo de capacidad de absorción del agregado fino (Mulaló) .....	97
Tabla N°30 Ensayo de capacidad de absorción del agregado grueso (Salcedo) .....	98
Tabla N°31 Ensayo de capacidad de absorción del agregado grueso (La Maná) .....	99
Tabla N°32 Ensayo de capacidad de absorción del agregado grueso (Mulaló) .....	100
Tabla N°33 Ensayo de contenido de humedad del agregado grueso (Mulaló) .....	101
Tabla N°34 Ensayo de contenido de humedad del agregado grueso (Salcedo) .....	102
Tabla N°35 Ensayo de contenido de humedad del agregado grueso (La Maná) .....	103
Tabla N°36 Ensayo de contenido de humedad del agregado fino (Mulaló) .....	104
Tabla N°37 Ensayo de contenido de humedad del agregado fino (La Maná) .....	105
Tabla N°38 Ensayo de contenido de humedad del agregado fino (Salcedo) .....	106
Tabla N°39 Granulometría del agregado grueso (Mulaló).....	107

Tabla N°40 Granulometría del agregado grueso (La Maná) .....	109
Tabla N°41 Granulometría del agregado grueso (Salcedo) .....	111
Tabla N°42 Granulometría del agregado fino (Mulaló).....	113
Tabla N°43 Granulometría del agregado fino (La Maná) .....	115
Tabla N°44 Granulometría del agregado fino (Salcedo) .....	117
Tabla N°45 Densidad aparente suelta (Mulaló) .....	119
Tabla N°46 Densidad aparente suelta (Salcedo) .....	120
Tabla N°47 Densidad aparente suelta (La Maná) .....	121
Tabla N°48 Densidad aparente compactada (Mulaló) .....	122
Tabla N°49 Densidad aparente compactada (Salcedo) .....	123
Tabla N°50 Densidad aparente compactada (La Maná) .....	124
Tabla N°51 Determinacion granulometrica (La Maná) .....	125
Tabla N°52 Determinacion granulometrica (Mulaló) .....	126
Tabla N°53 Determinacion granulometrica (Salcedo) .....	127
Tabla N°54 Limite liquido, limite plastico (Mulaló).....	128
Tabla N°55 Limite liquido, limite plastico (La Maná) .....	129
Tabla N°56 Limite liquido, limite plastico (Salcedo).....	130
Tabla N°57 Resultados de los ensayos de la mina de La Maná del agregado grueso .....	131
Tabla N°58 Resultados de los ensayos de la mina de La Maná del agregado fino .....	132
Tabla N°59 Resultados de los ensayos de la mina de Mulaló del agregado grueso .....	133
Tabla N°60 Resultados de los ensayos de la mina de Mulaló de agregado fino .....	134

Tabla N°61 Resultados de los ensayos de la mina de Salcedo del agregado grueso .....	135
Tabla N°62 Resultados de los ensayos de la mina de Salcedo del agregado fino .....	136
Tabla N°63 Ensayo de abrasión .....	137
Tabla N°64 Ensayo de densidad real del agregado grueso .....	139
Tabla N°65 Ensayo de densidad real del agregado fino .....	140
Tabla N°66 Ensayo de capacidad de absorción del agregado grueso.....	142
Tabla N°67 Ensayo de capacidad de absorción del agregado fino.....	143
Tabla N°68 Ensayo de contenido de humedad del agregado grueso .....	146
Tabla N°69 Ensayo de contenido de humedad del agregado fino .....	147
Tabla N°70 Ensayo de granulometría del agregado grueso .....	148
Tabla N°71 Ensayo de granulometría del agregado fino.....	151
Tabla N°72 Ensayo de densidad aparente compactada del agregado grueso .....	154
Tabla N°73 Ensayo de densidad aparente compactada del agregado fino .....	155
Tabla N°74 Ensayo de densidad aparente suelta del agregado grueso ..	156
Tabla N°75 Ensayo de densidad aparente suelta del agregado fino .....	157
Tabla N°76 Porcentaje de grava .....	158
Tabla N°77 Porcentaje de arena fina .....	159
Tabla N°78 Porcentaje de limos.....	159
Tabla N°78.1 Cuadrom comparativo limos.....	161
Tabla N°79 Limites de Atterberg .....	161

## ÍNDICE DE MAPAS

Mapa N°1 Cantón La Maná .....	49
Mapa N°2 Cantón Salcedo .....	57
Mapa N°3 Parroquia Mulaló .....	64
Mapa N°4 Áreas mineras de la Provinciade Cotopaxi.....	172

## **RESUMEN EJECUTIVO**

Con este proyecto se va a conocer las propiedades de los agregados de las minas de San Joaquín de Mulaló, Salache de Salcedo y El Progreso de la Maná pertenecientes a la provincia de Cotopaxi y a determinar si son apropiados para utilizarlos en obras viales. La información para conocer la factibilidad del estudio se la obtuvo con la aplicación de una encuesta para determinar la calidad de los agregados y su utilización en obras viales aplicada a los profesionales de la construcción, con los resultados obtenidos hicieron que este proyecto se realice.

El estudio, los ensayos y su análisis se elaboró en base a la Norma Técnica Ecuatoriana-INEN 856:2010, Norma Técnica Ecuatoriana-INEN 696:2011, Norma Técnica Ecuatoriana-INEN 858:2010, Norma Técnica Ecuatoriana-INEN 857:2010, Norma Técnica Ecuatoriana-INEN 860:2011.

## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA**

#### **1.1 TEMA**

Estudio de las fuentes de material pétreo de la mina de Mulaló, Salcedo y la Maná; provincia de Cotopaxi y su utilidad en la construcción de obras viales.

#### **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

##### **1.2.1 Contextualización**

En el Ecuador la minería ha sido un ente de progreso y desarrollo debido a que el país es minero, en diferentes sectores se puede observar la explotación de minas subterráneas y a cielo abierto. Las más explotadas son las minas de oro, plata, cobre, plomo y zinc, estos metales se pueden hallar en el Austro junto con otro tipo de materiales para la construcción en la que se pueden encontrar calizas, arenosas.

La producción de minerales y metales también se evidenciaría en la región oriental con reservas de oro, plata, cobre, zinc y con altas expectativas la extracción de materiales de la construcción. Seguidamente se localiza la región de la sierra, en el que se puede encontrar lo que es cuencas de reservas de materiales aptos para la construcción.

La extracción de materiales pétreos de las minas localizadas en la provincia de Cotopaxi se identifica por tener una amplia diversidad de materiales con propiedades mecánicas diferentes, razón por la cual, aplicar las mismas consideraciones a todos los materiales, sin tomar en cuenta el lugar de origen no es adecuado, la utilización de los agregados de las minas localizadas en la Provincia de Cotopaxi, para construir obras viales es necesario realizar un estudio detenido de las propiedades de los materiales obtenidos en las minas anteriormente nombradas.



Los agregados deben ser aptos para resistir la acción de la temperatura, la humedad, los ciclos naturales de humedecimiento-secado y otros agentes climáticos, sin que se invalide el diseño. La meteorización debida a estos ciclos puede afectar la durabilidad de ciertos agregados que poseen minerales con altos coeficientes de expansión-retracción. En presencia de estos ciclos los minerales se expanden cuando se humedecen y luego se contraen cuando se desecan, con lo cual se fisuran y se desintegran muy rápidamente provocando el deterioro prematuro del pavimento.

El control de calidad de estos materiales se vuelve fundamental para obras civiles. Por ello las propiedades de los agregados deben cumplir con las especificaciones técnicas. La importancia de conocer las propiedades de los agregados pétreos de estas minas, radica en que permite determinar la idoneidad de los materiales para la construcción de las estructuras viales, lo que permitirá brindar mayor seguridad y ahorro a cada proyecto ingenieril.

### **1.2.2 Análisis Crítico**

El presente trabajo tiene como finalidad tener un conocimiento sobre las características físicas y mecánicas de los agregados existentes en las minas de la provincia de Cotopaxi para que los productos extraídos sean utilizados de manera correcta en la construcción de pavimentos rígidos.

Es imprescindible que el sector de las construcciones ingenieriles tengan un precedente de los materiales existentes en la provincia para la ejecución de obras, lo cual muestra la necesidad de realizar los estudios de las propiedades físicas y mecánicas de los materiales los cuales deben cumplir con todas las especificaciones técnicas señaladas en las normas vigentes para la construcción de estas estructuras.

Al tener un precedente de los materiales de las minas para el sector constructivo va a poderse optimizar tiempo y dinero, puesto que el estudio serviría como referente para escoger los materiales no solo para estructuras de pavimentos sino que también pueden utilizarse para hormigones, drenajes muros, etc.

De allí la importancia de la investigación, que se realiza con el objeto de descubrir problemas y sugerir posibles soluciones para que se optimicen recursos y tiempo.

### **1.2.3 Prognosis**

Si esta investigación no se realiza no se determinaría las propiedades físicas y mecánicas de los materiales pétreos de las minas de la provincia de Cotopaxi y no tendríamos la certeza si los materiales cumplen con las especificaciones necesarias para establecer la estructura de las obras viales que están conformados por capas granulares y que cumplen con las normas y parámetros establecidos.

### **1.2.4 Formulación del problema**

¿En la construcción de obras viales, cuál es la utilidad de los agregados de las minas localizadas en Mulaló, Salcedo y la Maná de la provincia de Cotopaxi?

### **1.2.5 Interrogantes (Sub-problemas)**

¿Cuál es la calidad de los agregados?

¿Cuáles son las propiedades de los agregados pétreos?

¿Cuál es el volumen del material de las minas?

¿Cómo se utilizan los agregados?

¿Se utilizan los agregados para pavimentos?

### **1.2.6 Delimitación del Objeto de Investigación**

#### **1.2.6.1 Delimitación de Contenido**

La investigación corresponde a la Ingeniería Civil; al área de Vías y a los aspectos de: mecánica de suelos, ensayo de materiales y pavimentos.

#### **1.2.6.2 Delimitación Espacial**

El proyecto se realizará en el cantón Salcedo y cantón Latacunga sector Mulaló, provincia de Cotopaxi que se encuentra a una altitud de 3,984 msnm y altitud máxima de 5897 msnm, y una superficie de 6569 km<sup>2</sup>; está limitada al norte con la provincia de Pichincha; al sur con la provincia Tungurahua y Bolívar; al este con la provincia de Napo; y al oeste con la provincia de Pichincha y Los Ríos. La parroquia Mulaló se encuentra a una altitud media de 3849 msnm, y una superficie de 1377 km<sup>2</sup>; está limitada al norte con Provincia de Pichincha; al sur con el cantón Salcedo; al este con la provincia Napo; y al oeste con los cantones: Sigchos, Pujilí y Saquisilí. El cantón La Maná está localizado las estribaciones de la cordillera occidental de Los Andes se asienta sobre una terraza aluvial antigua del río San Pablo ( Ubicación geográfica WGS 84: Latitud S0° 56' 27" Longitud W 79° 13' 25", altura 220 msnm). Tiene varios pisos climáticos que varía de subtropical a tropical (altura variable de 200 y 1150 msnm).

#### **1.2.6.3 Delimitación Temporal**

El desarrollo de la presente investigación está prevista dentro del período que comprende los meses de Noviembre 2013 a Mayo 2014, desde que empieza el desarrollo del proyecto hasta la terminación total de trabajo investigativo.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

El presente estudio de los agregados pétreos de las minas tiene como finalidad mejorar la calidad de las obras viales que realizan para los alrededores de la provincia de Cotopaxi y así poder incrementar la explotación de las minas.

Con la realización del estudio de los agregados de las minas de Mulaló, Salcedo y la Maná se pretende mejorar los resultados al realizar obras viales; tomando en cuenta que aún no existe algún estudio previo que nos brinde una alternativa para mejorar la utilización de los materiales pétreos de la zona; además, se debe tomar en consideración que al momento de generar este impulso se logrará acelerar el desarrollo interno y externo de la provincia de Cotopaxi.

La necesidad de conocer las propiedades de los agregados pétreos para la utilización para pavimentos rígidos es por alcanzar una economía estable para

el desarrollo de su sector y provincia, ayuda a forjar nuevas plazas de trabajo ya que dicho progreso se verá reflejado en la extracción de materiales pétreos en mayor cantidad y pavimentos de alta calidad.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 General**

Estudiar las fuentes de material pétreo de las minas localizadas en Mulaló, Salcedo y la Maná de la provincia de Cotopaxi y su utilidad en la construcción de obras viales.

### **1.4.2 Específicos**

Establecer las características de las minas.

Determinar el tipo de explotación.

Determinar las propiedades físicas de los materiales pétreos.

Determinar las propiedades mecánicas de los materiales pétreos.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.**

La Investigación se apoya en el trabajo de la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

La investigación realizada por la Srta. Daniela Tamayo con el tema “Los agregados de las minas ubicadas junto a la vía Puyo – Madre Tierra provincia de Pastaza y su incidencia en la resistencia del hormigón”; concluye que la recolección de información desde cómo inició la explotación de los materiales de la Mina y cómo se lo ha ido desarrollando a lo largo del tiempo. Para la calificación del material y elaboración del hormigón se procedió a la ejecución de varias pruebas mecánicas para conocer el tipo de propiedades que estos diferentes agregados las poseen y al mismo tiempo la verificación con las normas INEN siendo de esta manera aceptables para la aportación en el Hormigón.

La investigación realizada por los Sres. Arequipa Rolando, Coba Alejandro, Garzón Fernando, Vargas Ángel, con el tema “Módulo estático de elasticidad del hormigón en base a su resistencia a la compresión simple  $f'c = 21$  mpa y 30 mpa. elaborado con los agregados de la mina San Joaquín Provincia de Cotopaxi y el cemento Selva Alegre” , concluye que, nuestro medio se caracteriza por tener una amplia diversidad de materiales con propiedades mecánicas diferentes, razón por la cual, aplicar las mismas consideraciones a todos los materiales, sin tomar en cuenta el lugar de origen, no es adecuado, pues las características son diferentes y el módulo de elasticidad de cada hormigón producido con estos distintos materiales, variará de manera considerable, se busca determinar la ecuación del Módulo Estático de Elasticidad del hormigón, en base a su resistencia a la compresión simple, utilizando los agregados de la mina de “San Joaquín” ubicada en la ciudad de

“Latacunga” y el cemento Selva Alegre tipo IP.

La investigación realizada por el M. Sc. Juan Montero Olarte, con el tema “Aspectos petrológicos de los agregados pétreos para pavimentos”, concluye que la calidad y durabilidad de los pavimentos depende en parte del buen uso de los pétreos que hacen parte de su estructura y en el caso colombiano de que la representatividad de los ensayos de calidad, así como las normas y especificaciones se ajusten a la disponibilidad de tales materiales en el medio. El deterioro prematuro del pavimento puede ocurrir por varias razones, una de las cuales tiene que ver con el comportamiento y durabilidad de los agregados pétreos que se usan en sus capas constitutivas. Estos materiales deben cumplir un conjunto de requisitos de calidad física y mecánica; emplearse de manera apropiada; mantenerse estables frente a los agentes climáticos y no reaccionar de manera inconveniente con los componentes del concreto. Aptitudes como la deficiente adhesividad del asfalto con ciertos agregados, causa el deterioro de la capa superior del pavimento y finalmente algunas características de los agregados pétreos como su textura superficial -inherente o adquirida- la forma de las partículas y otros rasgos debidos a su textura, se reflejan en ocasiones en un mal comportamiento de las capas estructurales del pavimento.

## **2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA**

La investigación de este proyecto va a ser predominada por un paradigma neopositivista, puesto que la finalidad de la investigación es dar una explicación, predicción y control sobre una realidad aislada donde ya están planteadas las leyes y son inmutables. Se intervendrá con metodología experimental, los datos y resultados serán definidos rigurosamente y el énfasis del análisis que se realiza será Cualitativo.

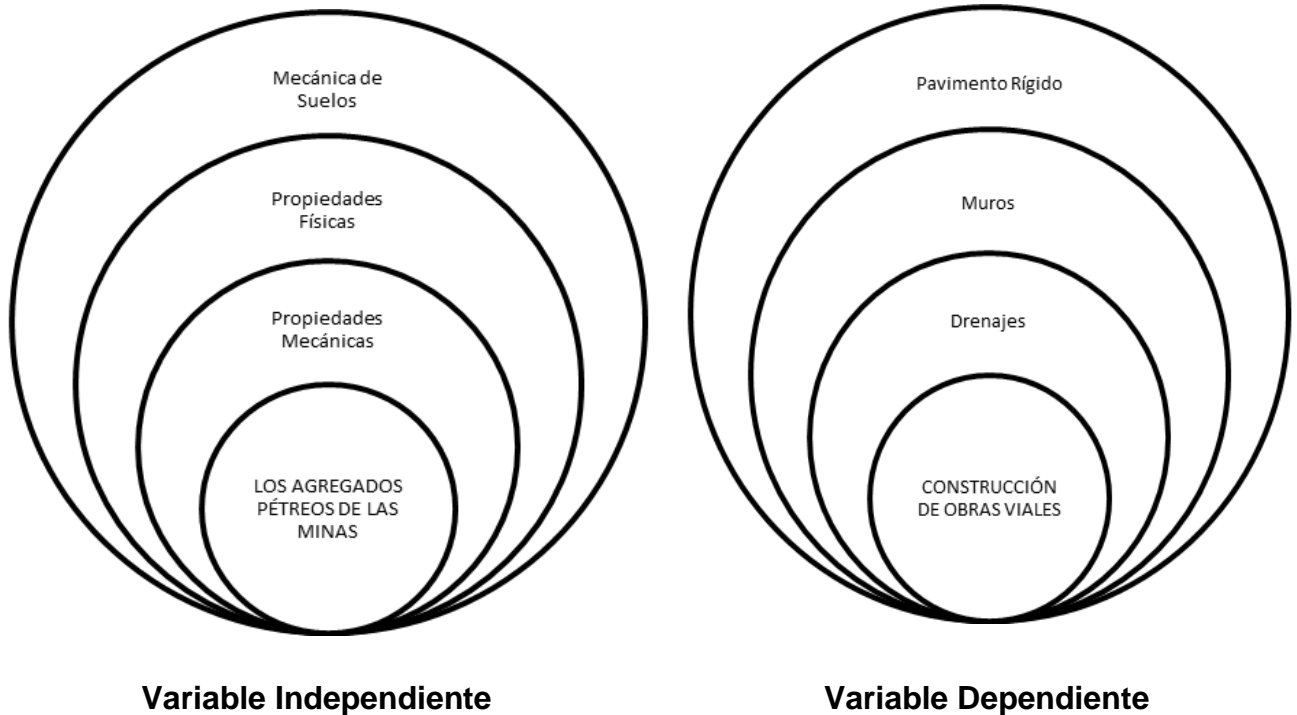
## **2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL**

Los fundamentos legales necesarios para la elaboración de este estudio son los siguientes:

Normas ASTM

## 2.4 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

### 2.4.1 Supra Ordinación de las Variables



### 2.4.2 DEFINICIONES

#### 2.4.2.1 Mina.-

Es el conjunto de labores necesarias para explotar un yacimiento y, en algunos casos, las plantas necesarias para el tratamiento del mineral extraído. Las minas también reciben el nombre de explotaciones mineras, o, simplemente, explotaciones. Los minerales se originan por procesos geológicos tanto internos (tectonismo y vulcanismo) que son extraídos del subterráneo, como externos (sedimentación) son sacados de algunas cuevas o cavernas, etc.

#### 2.4.2.2 Propiedades físicas y mecánicas de los agregados pétreos

**2.4.2.2.1 Agregados pétreos.-** Son materiales granulares sólidos inertes que se emplean en los firmes de las carreteras con o sin adición de elementos

activos y con granulometrías adecuadas; se utilizan para la fabricación de productos artificiales resistentes, mediante su mezcla con materiales aglomerantes de activación hidráulica (cementos, cales, etc.) o con ligantes asfálticos.

### 2.4.2.3 Análisis granulométrico agregado grueso y agregado fino

Por medio de este análisis se procede a separar una muestra en varias fracciones, en la cual cada una se separa de acuerdo a su tamaño por medio del tamizado del material a través de una serie de mallas las cuales se encuentran especificadas en las normas INEN 154 y 696 con sus medidas ya especificadas.

Por medio de este análisis podemos determinar parámetros como el tamaño nominal máximo y el módulo de finura de los agregados.

**Tabla N° 1.- Tamaños de los tamices**

<b>NORMAS INEN</b>	<b>NORMA A.S.T.M</b>
53 mm	2 1/2 y 2 pulg
37.5 mm	1 1/2 pulg
26.5 mm	1 pulg
19 mm	3/4 pulg
13.2 mm	1/2 pulg
9.5 mm	3/8 pulg
4.75 mm	Nº 4
2.36 mm	Nº 8
1.18 mm	Nº 16
0.60 mm	Nº 30
0.30 mm	Nº 50
0.150 mm	Nº 100
0.075 mm	Nº 200

### 2.2.4.4 Curva Granulométrica

La curva granulométrica es una representación gráfica de los resultados obtenidos en un laboratorio cuando se analiza la estructura del suelo desde el punto de vista del tamaño de las partículas que lo forman.



Podemos observar si la muestra cumple con las especificaciones que se indican en las siguientes tablas:

**Tabla N° 2.- Requisitos granulométricos para agregados gruesos**

TAMIZ		LÍMITE (% QUE PASA)	
ASTM C33	APERTURA (mm)	INFERIOR	SUPERIOR
2"	53	100	100
1 1/2 "	37.5	95	100
1"	26.5	-	-
3/4"	19	35	70
1/2"	13.2	-	-
3/8"	9.5	10	30
# 4	4.75	0	5

**Tabla N° 3.- Requisitos granulométricos para agregados finos**

TAMIZ		LÍMITE (% QUE PASA)	
ASTM C33	APERTURA (mm)	INFERIOR	SUPERIOR
3/8"	9.5	100	100
#4	4.75	95	100
#8	2.36	80	100
#16	1.18	50	85
#30	0.6	25	60
#50	0.3	10	30
#100	0.15	2	10

#### **2.4.2.5 Módulo de finura del agregado fino**

Esta característica es exclusiva del agregado fino y lo que representa es la gradación de las partículas del material. Se obtiene calculando los porcentajes retenidos acumulados en los tamices Tyler hasta el #100 y dividido para 100, este material aumenta de acuerdo a las partículas si están más gruesas, y si tenemos partículas pequeñas disminuyen.

En los ensayos se consideran los tamices A.S.T.M: 3/8", #4, #8, #16, #30, #50, #100, o los tamices INEN: 9.5 mm, 4.75 mm, 2.36 mm, 1.18 mm, 0.6 mm, 0.30mm, 0.150 mm.

#### **2.4.2.6 Tamaño nominal máximo del agregado grueso**

Esta propiedad es única para el agregado grueso y se determina por el tamaño del tamiz comercial anterior al tamiz en el que hubo el 15% o más de retenido acumulado.

Para los ensayos se consideran los tamices A.S.T.M.: 2", 2 ½", 1", ¾", ½", 3/8", #4. O los tamices INEN: 53mm, 37.5 mm, 26.5 mm, 19 mm, 13.2mm, 9.5mm, 4.75mm, 2.3mm, 1.18mm, 0.60mm, 0.30mm, 0.075mm.

#### **2.4.2.7 Resistencia al desgaste del agregado grueso**

La resistencia a la abrasión se la define como la capacidad que tiene el agregado para resistir el desgaste que se tiene como producto de la fricción o frotación.

Esto dará una idea como el agregado grueso sufre el desgaste cuando esta con fuerzas exteriores de rozamiento. Si el agregado grueso sufre más del 50% de desgaste una vez realizado el ensayo, este no puede ser utilizado para la elaboración de hormigones.

El valor de la abrasión del árido grueso se determina mediante el uso de la máquina de los Ángeles, como se muestra en la norma INEN.

#### **2.4.2.8 Peso unitario suelto**

Se lo puede definir como la masa que tiene el material por unidad de volumen cuando el material se encuentra en estado natural.

La densidad aparente del agregado depende de la densidad del mineral que se compone el agregado y también la cantidad de huecos, la mayoría de los agregados tiene una densidad entre 2.6gr/cc y 2.7gr/cc.

#### **2.4.2.9 Peso unitario compactado**

El peso unitario compactado se obtiene dividiendo la masa de las partículas del material para su volumen incluido el volumen de vacíos existentes, entre las partículas, y la compactación se lo hace un molde cilíndrico.

El método para determinar el peso unitario suelto y peso unitario compactado se lo encuentra en la norma INEN.

#### **2.4.2.10 Peso específico y capacidad de absorción**

La densidad de la masa tomada en el aire de un volumen dado de material a la temperatura considerada dividida para la muestra tomada en el aire de un volumen igual de agua destilada a la temperatura especificada, la determinación de este valor es necesario para el cálculo de los rendimientos del concreto en porciones de agregados, agua y cemento.

Las normas a utilizarse para la realización de este ensayo son: la norma INEN para el agregado grueso y la norma INEN para el agregado fino.

#### **2.4.2.11 Contenido de humedad**

El contenido de humedad que se lo obtiene se lo expresa en porcentaje y es la relación existente entre la masa del agua contenida en el material en estado natural y la masa del mismo después que ha sido secado al horno. La norma que se utilizará es la INEN 862.

**2.4.2.12 Tipos de agregados pétreos.-** El tipo de agregado pétreo se puede determinar, de acuerdo a la procedencia y a la técnica empleada para su aprovechamiento, se pueden clasificar en los siguientes tipos:

##### **2.4.2.12.1 Agregados naturales**

Son aquellos que se utilizan solamente después de una modificación de su distribución de tamaño para adaptarse a las exigencias según su disposición final.

##### **2.4.2.12.2 Agregados de trituración**

Son aquellos que se obtienen de la trituración de diferentes rocas de cantera ó de las granulometrías de rechazo de los agregados naturales. Se incluyen todos los materiales canterables cuyas propiedades físicas sean adecuadas.

#### **2.4.2.12.3 Agregados artificiales**

Son los subproductos de procesos industriales, como ciertas escorias o materiales procedentes de demoliciones, utilizables y reciclables.

#### **2.4.2.12.4 Agregados marginales**

Los agregados marginales engloban a todos los materiales que no cumplen alguna de las especificaciones vigentes.

Las propiedades de los agregados se pueden conceptuar bajo dos puntos de vista: uno como elementos aislados, o individuales, y otro como conjunto.

#### **2.4.2.13 Propiedades individuales**

Los agregados como elementos aislados tienen propiedades físicas macroscópicas: dimensión, forma, redondez, densidad, propiedades de superficie, porosidad, permeabilidad, dureza superficial, módulo elástico, conductividad térmica, dilatación, etc.

#### **2.4.2.14 Naturaleza petrológica de los agregados pétreos**

Desde un punto de vista práctico, los agregados se pueden clasificar en tres grandes grupos:

##### **2.4.2.14.1 Agregados Calizos**

La roca caliza es muy común, abundante y económica en los procesos de trituración, se emplea generalmente en todas las capas de los firmes, exceptuándose en algunas ocasiones como agregado grueso en las capas de rodadura, debido a la facilidad que tiene de pulimentarse en condiciones de servicio, su carácter es básico, presenta por lo regular menores problemas de adhesividad, es decir, de afinidad con los ligantes asfálticos. En mezclas asfálticas se utiliza para mejorar esta característica cuando se emplean además otro tipo de agregados, más duros pero también más ácidos (silíceos, pórfidos, entre otros).

#### **2.4.2.14.2 Agregados Silíceos**

Los agregados silíceos procedentes de trituración de gravas naturales es otro material de amplia utilización en las todas las capas de los firmes. Se extraen de yacimientos, granulares, en los que las partículas de mayor tamaño se separan por cribado y a partir de ellas por machaqueos sucesivos, se obtienen fracciones de menor tamaño, con una angulosidad tanto mayor cuantas más caras de fractura presenten. Pueden no aportar una suficiente adhesividad con los ligantes asfálticos, sin embargo, si el material obtenido tiene un elevado contenido de sílice y de caras de fractura, sus características mecánicas y su rozamiento interno proporcionan un esqueleto mineral bueno para utilizarlo incluso en mezclas asfálticas sometidas a la acción directa del tráfico.

#### **2.4.2.14.3 Agregados Ígneos y Metamórficos**

Son materiales que por sus características resultan muy adecuados para utilizarlos como agregado grueso en las capas de rodadura. Pueden incluirse en este grupo los basaltos, gabros, pórfidos, granitos, cuarcitas, etc. Sus cualidades para resistir al pulimento los hacen idóneos para garantizar la textura superficial necesaria en un período de tiempo, incluso con tráficos muy intensos. En este grupo tan amplio, los agregados de naturaleza más ácida pueden presentar una deficiente adhesividad con los ligantes asfálticos, pero en la mayoría de los casos el problema se puede resolver con activantes que son sustancias que tienen la misión específica de mejorar la adhesividad con los ligantes, o también el problema se resuelve empleando emulsiones adecuadas y en el caso de mezclas asfálticas, con el empleo de finos de naturaleza básica y un polvo mineral adecuado.

#### **2.4.2.15 Características exigidas a un agregado pétreo**

- ✓ Durabilidad
- ✓ Resistencia
- ✓ Forma de la partícula
- ✓ Textura superficial adecuada
- ✓ Baja porosidad (baja absorción)
- ✓ Su afinidad con el agua

**2.4.2.15.1 Dureza:** Resistencia que ofrece un mineral a ser rayado. Representada por la escala de Mohs, para los minerales constituyentes de las rocas.

**2.4.2.15.2 Coherencia:** Resistencia a la disgregación mecánica de los granos y agregados minerales factores de los cuales depende: dureza de los minerales, hábito de cristalización, tipo de unión inter cristalina, del cementante de las rocas sedimentarias, planos de debilidad.

**2.4.2.15.3 Compacidad:** Presencia de huecos en las rocas. Influyen tanto la porosidad como la presencia de micro fisuras.

**d) Tenacidad:** Resistencia de una roca a fragmentarse mediante impacto. Depende tanto del tipo, forma y tamaño de los minerales como de la existencia de superficies de mínima cohesión.

#### **2.4.2.16 Ensayo de materiales.-**

Se denomina ensayo de materiales a toda prueba cuyo fin es determinar las propiedades mecánicas de un material, los ensayos de materiales pueden ser de dos tipos, ensayos destructivos y ensayos no destructivos. Estos últimos permiten realizar la inspección sin perjudicar el posterior empleo del producto, por lo que permiten inspeccionar la totalidad de la producción si fuera necesario.

#### **2.4.2.17 Mecánica de suelos.-**

La mecánica de suelos es la aplicación de las leyes de la física y las ciencias naturales a los problemas que involucran las cargas impuestas a la capa superficial de la corteza terrestre.

Todas las obras de ingeniería civil se apoyan sobre el suelo de una u otra forma, y muchas de ellas, además, utilizan la tierra como elemento de construcción para terraplenes, diques y rellenos en general; por lo que, en consecuencia, su estabilidad y comportamiento funcional y estético estarán determinados, entre otros factores, por el desempeño del material de asiento situado dentro de las profundidades de influencia de los esfuerzos que se generan, o por el del suelo utilizado para conformar los rellenos.

#### **2.4.2.18 Suelos**

Se denomina suelo a la parte no consolidada y superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, que tiende a desarrollarse en la superficie de las rocas emergidas por la influencia de la intemperie y de los seres vivos (meteorización). Los suelos son sistemas complejos donde ocurren una vasta gama de procesos químicos, físicos y biológicos que se ven reflejados en la gran variedad de suelos existentes en la tierra. A grandes rasgos los suelos están compuestos de minerales y material orgánico como materia sólida y agua y aire en distintas proporciones en los poros. De una manera más esquemática se puede decir que la pedósfera, el conjunto de todos los suelos, abarca partes de la litósfera, biósfera, atmósfera e hidrósfera.

#### **2.4.2.19 Clasificación de suelos**

**2.4.2.19.1 La grava.-** Está formada por grandes granos minerales con diámetros mayores de  $\frac{1}{4}$  de pulgada. Las piezas grandes se llaman piedras, cuando son mayores a 10 pulgadas se llaman morrillos.

**2.4.2.19.2 La arena.-** Se componen de partículas minerales que varían aproximadamente desde  $\frac{1}{4}$  de pulgada a 0.002 pulgadas en diámetros.

**2.4.2.19.3 El limo.-** Consiste en partículas minerales naturales, más pequeñas de 0.02 pulgadas de diámetro, las cuales carecen de plasticidad y tienen poca o ninguna resistencia en seco.

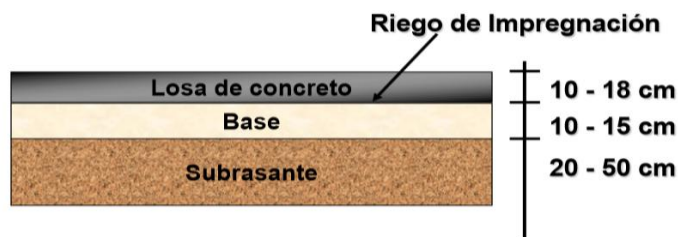
**2.4.2.19.4 La arcilla.-** Contienen partículas de tamaño coloidal que producen su plasticidad. La plasticidad y resistencia en seco están afectadas por la forma y la composición mineral de las partículas.

#### **2.4.2.20 Pavimento rígido.**

La estructura de un pavimento está conformada básicamente por el terreno de fundación o sub rasante, la capa de sub-base, la capa de base y la capa de rodadura. Condiciones para el funcionamiento son: anchura, trazado vertical y

horizontal, resistencia a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, una resistencia a los esfuerzos destructivos del tránsito, del agua. Se deberán colocar los materiales de mayor capacidad de carga en las capas superiores, siendo de menor calidad los que se colocan en las terracerías que se encuentran en la naturaleza.

Gráfico N° 1.



#### 2.4.2.20.1 Suelo de fundación (Sub-rasante)

Es el aquel sirve de base para la estructura del pavimento, posterior de haber terminado el movimiento de tierras y compactado.

#### 2.4.2.20.2 Capa de sub-base

Es la capa de material especial que se coloca sobre la sub rasante con el fin de eliminar los cambios de volumen. Esto hace que se reduzca el costo de la vía, al poder transformar un cierto espesor de la capa de base a un espesor equivalente de material de sub-base (no siempre se emplea en el pavimento). Impide que el agua de las terracerías ascienda por capilaridad. Deberá transmitir en forma adecuada los esfuerzos a las terracerías.

Descripción.- Este trabajo consistirá en la construcción de capas de sub-base compuestas por agregados obtenidos por proceso de trituración o de cribado, y deberá cumplir los requerimientos especificados en la Sección 816.

“816-1. Generalidades.

Objetivos.- La presente especificación tiene por objeto determinar los requisitos que deben cumplir los agregados que se emplean en la construcción de capas de sub-base de material granular, sea que se obtengan por trituración, cribado o provengan de depósitos naturales de arena o grava, o sean una mezcla de los dos materiales.



Los agregados empleados en la construcción de Capas de Sub-base deberán graduarse uniformemente de grueso a fino y cumplirán las exigencias de granulometría que se indican en la Tabla 403-1.1 se estas especificaciones, de conformidad a la Clase señalada en los Documentos contractuales, lo cual será comprobado mediante ensayos granulométricos, siguiendo lo establecido en la Norma INEN 696 y 697 (AASHTO T-11 y T-27).

Los agregados gruesos no presentarán un porcentaje de desgaste mayor a 50 en el ensayo de abrasión, Normas INEN 860 y 861 (AASHTO T-96), con 500 vueltas de la máquina de Los Ángeles.”

La porción del agregado que pase el tamiz N° 40, incluyendo el relleno mineral, deberá carecer de plasticidad o tener un límite líquido menor de 25 y un índice de plasticidad menor de 6, al ensayarse de acuerdo a los métodos establecidos en las Normas INEN 691 y 692 (AASHTO T-89 y T-90).

De no ser factible esto, se procederá como se indica en el numeral 814-2.02.

La capa de sub-base se colocará sobre la subrasante previamente preparada y aprobada, de conformidad con las alineaciones, pendientes y sección transversal señaladas en los planos.

Materiales.- Las sub-bases de agregados se clasifican como se indica a continuación, de acuerdo con los materiales a emplearse. La clase de sub-base que deba utilizarse en la obra estará especificada en los documentos contractuales. De todos modos, los agregados que se empleen deberán tener un coeficiente de desgaste máximo de 50%, de acuerdo con el ensayo de abrasión de los Ángeles y la porción que pase el tamiz N° 40 deberá tener un índice de plasticidad menor que 6 y un límite líquido máximo de 25. La capacidad de soporte corresponderá a un CBR igual o mayor del 30%.

- Clase 1: Son sub-bases construidas con agregados obtenidos por trituración de roca o gravas, de acuerdo con los requerimientos establecidos en la Sección 816, y graduados uniformemente dentro de los límites indicados para la granulometría Clase 1, en la Tabla 403-1.1. Por lo menos el 30 % del agregado preparado deberá obtenerse por proceso de trituración.

- Clase 2: Son sub-bases construidas con agregados obtenidos mediante trituración o cribado en yacimientos de piedras fragmentadas naturalmente o de

gravas, de acuerdo con los requerimientos establecidos en la Sección 816, y graduados uniformemente dentro de los límites indicados para la granulometría Clase 2, en la Tabla 403-1.1.

- Clase 3: Son sub-bases construidas con agregados naturales y procesados que cumplan los requisitos establecidos en la Sección 816, y que se hallen graduados uniformemente dentro de los límites indicados para la granulometría Clase 3, en la Tabla 403-1.1.

Cuando en los documentos contractuales se estipulen sub-bases

Clases 1 o 2 al menos el 30% de los agregados preparados deberán ser triturados.

**Tabla 403-1.1**

<b>TAMIZ</b>	<b>Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada</b>		
	<b>CLASE 1</b>	<b>CLASE 2</b>	<b>CLASE 3</b>
3" (76.2 mm.)	--	--	100
2" (50.4 mm.)	--	100	--
1 1/2 (38,1 mm.)	100	70 - 100	--
Nº 4 (4.75 mm.)	30 - 70	30 - 70	30 - 70
Nº 40 (0.425 mm.)	10 - 35	15 - 40	--
Nº 200 (0.075 mm.)	0 - 15	0 - 20	0 - 20

#### **2.4.2.20.3 Capa de base**

Es la capa que recibe la mayor parte de los esfuerzos producidos por los vehículos. La carpeta es colocada sobre de ella porque la capacidad de carga del material friccionante es baja en la superficie por falta de confinamiento. Esta capa absorbe los esfuerzos producidos por las cargas de los vehículos, y en forma proporcional transmite estos esfuerzos a la capa de sub-base y al terreno de fundación.

El valor cementante en una base es indispensable para proporcionar una sustentación adecuada a las carpetas asfálticas delgadas.

En caso contrario, cuando las bases se construyen con materiales inertes y se comienza a transitar por la carretera, los vehículos provocan deformaciones transversales.

**Materiales.-** Las bases de agregados podrán ser de las clases indicadas a continuación, de acuerdo con el tipo de materiales por emplearse.

La clase y tipo de base que deba utilizarse en la obra estará especificada en los documentos contractuales. En todo caso, el límite líquido de la fracción que pase el tamiz N° 40 deberá ser menor de 25 y el índice de plasticidad menor de 6. El porcentaje de desgaste por abrasión de los agregados será menor del 40% y el valor de soporte de CBR deberá ser igual o mayor al 80%.

Los agregados serán elementos limpios, sólidos y resistentes, exentos de polvo, suciedad, arcilla u otras materias extrañas.

- Clase 1: Son bases constituidas por agregados gruesos y finos, triturados en un 100% de acuerdo con lo establecido en la subsección 814-2.

“Cuando se haya especificado el empleo de este tipo de agregados, los materiales se obtendrá por trituración de grava o roca, para producir fragmentos limpios, resistentes y durables, que no presenten partículas alargadas o planas en exceso. Estarán exentos de material vegetal, grumos de arcilla u otro material objetable.

La piedra o la grava se triturarán con un equipo tal que permita la graduación de los elementos de moltura, de tal modo que se obtengan los tamaños especificados.

Cuando se requiera, para lograr las exigencias de graduación o eliminar un exceso de material fino, la piedra o grava deberá ser cribada antes de triturarla.”, y graduados uniformemente dentro de los límites granulométricos indicados para los Tipos A y B en la Tabla 404-1.1.

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada	
	Tipo A	Tipo B
2" (50.8 mm.)	100	--
1 1/2" (38,1mm.)	70 - 100	100
1" (25.4 mm.)	55 - 85	70 - 100
3/4"(19.0 mm.)	50 - 80	60 - 90
3/8"(9.5 mm.)	35 - 60	45 - 75
Nº 4 (4.76 mm.)	25 - 50	30 - 60
Nº 10 (2.00 mm.)	20 - 40	20 - 50
Nº 40 (0.425 mm.)	10 - 25	10 - 25
Nº 200 (0.075 mm.)	2 - 12	2 - 12

- Clase 2: Son bases constituidas por fragmentos de roca o grava trituradas, cuya fracción de agregado grueso será triturada al menos el 50% en peso, y que cumplirán los requisitos establecidos en la subsección 814-4.

**“814-4. Agregados para Base Clase 2 y 3.-** Los agregados para Capas de Base Clase 2 y 3 cumplirán con los requisitos establecidos en las subsecciones 814-2,

“Cuando se haya especificado el empleo de este tipo de agregados, los materiales se obtendrá por trituración de grava o roca, para producir fragmentos limpios, resistentes y durables, que no presenten partículas alargadas o planas en exceso. Estarán exentos de material vegetal, grumos de arcilla u otro material objetable.

La piedra o la grava se triturarán con un equipo tal que permita la graduación de los elementos de moltura, de tal modo que se obtengan los tamaños especificados.

Cuando se requiera, para lograr las exigencias de graduación o eliminar un exceso de material fino, la piedra o grava deberá ser cribada antes de triturarla.” y 814-3, “Cuando se haya especificado el empleo de este tipo de agregados, los materiales se obtendrán por trituración o cribado de grava natural, para obtener fragmentos limpios, resistentes y durables, que no presenten partículas alargadas o planas en exceso. Estarán exentos de material vegetal, grumos de arcilla u otro material objetable.”, para la porción triturada y cribada, respectivamente, y se mezclarán en la proporción indicada

en las Especificaciones Particulares de la obra, antes de su empleo. Su granulometría será la indicada en las Tablas 404-1.2 y 404-1.3 respectivamente.”

**Tabla 404-1.2.**

<b>TAMIZ</b>	<b>Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada</b>
1" (25.4 mm.)	100
3/4"(19.0 mm.)	70 - 100
3/8"(9.5 mm.)	50 - 80
Nº 4 (4.76 mm.)	35 - 65
Nº 10 (2.00 mm.)	25 - 50
Nº 40 (0.425 mm.)	15 - 30
Nº 200 (0.075 mm.)	3 - 15

**Tabla 404-1.3**

<b>TAMIZ</b>	<b>Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada</b>
3/4"(19.0 mm.)	100
Nº 4 (4.76 mm.)	45 - 80
Nº 10 (2.00 mm.)	30 - 60
Nº 40 (0.425 mm.)	20 - 35
Nº 200 (0.075 mm.)	3 - 15

Estas bases deberán hallarse graduadas uniformemente dentro de los límites Granulométricos indicados en la Tabla 404-1.2.

El proceso de trituración que emplee el Contratista será tal que se obtengan los tamaños especificados directamente de la planta de trituración. Sin embargo, si hace falta relleno mineral para cumplir las exigencias de graduación podrá completarse con material procedente de una trituración adicional, o con arena fina, que serán mezclados preferentemente en planta.

- Clase 3: Son bases constituidas por fragmentos de roca o grava trituradas, cuya fracción de agregado grueso será triturada al menos el 25% en peso, y que cumplirán los requisitos establecidos en la subsección 814-4.

Estas bases deberán hallarse graduadas uniformemente dentro de los límites granulométricos indicados en la Tabla 404-1.3.

Si hace falta relleno mineral para cumplir las exigencias de graduación, se podrá completar con material procedente de trituración adicional, o con arena fina, que podrán ser mezclados en planta o en el camino.

- Clase 4: Son bases constituidas por agregados obtenidos por trituración o cribado de piedras fragmentadas naturalmente o de gravas, de conformidad con lo establecido en la subsección 814-3 y graduadas uniformemente dentro de los límites granulométricos indicados en la Tabla 404-1.4.

**Tabla 404-1.4.**

<b>TAMIZ</b>	<b>Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada</b>
2" (50.8 mm.)	100
1" (25.4 mm.)	60 - 90
Nº 4 (4.76 mm.)	20 - 50
Nº 200 (0.075 mm.)	0 - 15

#### **2.4.2.20.4 Capa de rodadura**

Esta capa tiene la finalidad de proteger a la base impermeabilizándola, para evitar las filtraciones del agua de lluvia, evita el desgaste de la base debido al tráfico de vehículos y el espesor está en función del C.B.R y del tráfico promedio diario de la vía. Está conformado superficialmente por losas de concreto apoyadas sobre una estructura granular calculada de acuerdo a la capacidad de soporte del terreno, que en algunos casos se denomina sub-base, y al volumen del tránsito, para garantizar su rigidez. Se le llama rígido porque al ser sometido a las cargas del tránsito deben ser prácticamente nulas las deformaciones que ocurran.

## **2.5 HIPÓTESIS**

¿El estudio de las fuentes de materiales pétreos de las minas de Mulaló, Salcedo y la Maná de la provincia de Cotopaxi permitirá la utilización en la construcción de obras viales?

## **2.6 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS**

### **2.6.1 Variable Independiente**

El estudio de las fuentes de materiales pétreos de las minas de Mulaló, Salcedo y la Maná de la provincia de Cotopaxi.

### **2.6.2 Variable Dependiente**

Permitirá la utilización en la construcción de obras viales.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **Investigación de Campo**

De acuerdo al tema de estudio, la investigación de campo a realizar es:

Averiguar el tamaño de las minas de Salcedo, Mulaló y la Maná.

Obtener los datos de los materiales de cada mina.

Determinar la clase de suelo del sector.

##### **Investigación Bibliográfica**

El análisis determinará el volumen de la obra mediante cartografías y utilización de Google Earth para determinar las áreas de yacimientos mineros.

##### **Investigación Experimental**

Una modalidad experimental, porque con los estudios que se realizaron se planteará las posibles soluciones para controlar el problema y de ésta manera mejorar la situación. Para ésto se realizará los siguientes ensayos: análisis granulométrico, peso unitario suelto, peso unitario compactado, peso específico, capacidad de absorción, resistencia al desgaste.

#### **3.2 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN**

##### **Nivel Exploratorio.-**

El estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los materiales pétreos de las minas de Mulaló, Salcedo y la Maná de la provincia de Cotopaxi; y la variable dependiente, que es; construcción de obras viales.



**Nivel Descriptivo.-**

El nivel descriptivo, permite predicciones rudimentarias, busca especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis.

**Asociación de variables.-**

El nivel de investigación de asociación de variables, realiza un análisis de correlación, permite evaluar las variaciones de comportamiento de una variable en función de otra, medir la gravedad de relación entre variables.

**Nivel Explicativo.-**

Describe las causas de un hecho, para el caso, los orígenes de la estructura de una obra vial y los agregados de las minas de Mulaló, Salcedo y la Maná y resumirlos en los factores predominantes.

### 3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

#### 3.3.1 Población o Universo (N)

El universo lo conforma los profesionales de la provincia de Cotopaxi que son quienes tienen relación directa con la utilización de los materiales son:

N=75 prof.

e = 5%

#### 3.3.2 Muestra

La muestra se calcula con la siguiente ecuación:

$$n = \frac{N}{E^2(N - 1) + 1}$$

**Ec. (1)**

$$n = \frac{75}{0.05^2(75 - 1) + 1}$$

$$n = 64$$

Dónde:

n=Tamaño de la muestra de la población.

E= Error de muestreo (5%).

N=Población

o

Universo.

### 3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.4.1 Variable Independiente: Las propiedades físicas y mecánicas de los agregados pétreos de las minas de Mulaló, Salcedo y la Maná de la provincia de Cotopaxi.

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍTEM	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Las propiedades se definen como las características físicas y mecánicas de los materiales pétreos de las minas.	Propiedades físicas.	Densidad	¿Cuáles son las propiedades físicas?	Hojas de campo Laboratorio.
	Propiedades mecánicas.	Granulometría Desgaste Abrasión Peso específico Capacidad de absorción.	¿Cuáles son las propiedades mecánicas?	Hojas de campo Laboratorio.

3.4.2 Variable Dependiente: La construcción de obras viales.

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIÓN	INDICADORES	ITEM	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Preparar significa clasificar los agregados que sirven para elaborar hormigón para la construcción de carreteras y componentes viales como cunetas, alcantarillas, etc. que cumplan con las normas.	Hormigón para cunetas.	Granulometría	¿Cuál es la dosificación correcta?	Investigación Exploratoria
	Hormigón para muros.	Desgaste Abrasión Peso específico Capacidad de absorción.	¿Cuál es la Resistencia y la dosificación correcta?	Investigación Exploratoria
	Hormigón para pavimentos.		¿Cuál será la resistencia adecuada?	Investigación Exploratoria

### **3.5 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.**

Las técnicas de investigación utilizada para desarrollar el presente proyecto es la Investigación de Campo, de laboratorio, directa, participante, estructurada, dirigida a recoger y organizar la información, mediante los siguientes instrumentos:

### **3.6 PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN**

Revisión crítica de la información recogida.

Tabulación de cuadros según variable de la hipótesis.

Se obtendrá la relación porcentual con respecto al total, con el resultado numérico y el porcentaje se estructura al cuadro de resultados que sirve de base para graficar.

Se representarán los resultados mediante gráficos estadísticos.

Se analizarán e interpretarán los resultados relacionados con las diferentes partes de la investigación especialmente con los objetivos y la hipótesis.

Junto a cada gráfico se analizará e interpretará en función de los objetivos de la hipótesis y de la propuesta que se va a incluir.

Se analizarán los resultados estadísticos destacando tendencias o relaciones fundamentales de acuerdo a los objetivos y la hipótesis.

Se establecerán conclusiones y recomendaciones.

#### **3.6.1 Plan de análisis e interpretación de datos**

Para el procesamiento y análisis se seguirá el siguiente plan de recolección de información:

- ✓ En el presente proyecto se realizará una crítica de la información a través de la observación y encuesta, las mismas que permitirán corregir datos contradictorios e incompletos.
- ✓ Se aplicarán técnicas adecuadas para la tabulación de los cuadros según las variables de la hipótesis.
- ✓ Se obtendrá la relación en porcentaje con respecto al total, con este resultado y el porcentaje se realiza el cuadro de resultados que sirve de base para la graficación.
- ✓ Graficar estadísticamente los resultados.
- ✓ Evaluar, analizar e interpretar los resultados de acuerdo a los objetivos y la hipótesis.

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

#### **4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

Para determinar la ejecución del presente proyecto, se requiere en primera instancia la recolección de información en el campo.

Para el efecto, se realiza una encuesta a los profesionales de la construcción en la provincia de Cotopaxi que utilizan los materiales de las minas de Salcedo, Mulaló y la Maná.

A continuación se adjunta la tabulación de los resultados de las encuestas, en las que se indican las respuestas obtenidas.

#### **4.2 INTERPRETACIÓN DE DATOS**

Según los resultados obtenidos a partir de los criterios de los profesionales de la construcción en la provincia de Cotopaxi que utilizan los materiales de las minas de Salcedo, Mulaló y la Maná, se concluye que es necesaria la ejecución del presente proyecto para tener conocimiento más amplio a cerca de los agregados en estudio.

#### 4.1.1 PREGUNTA N° 1

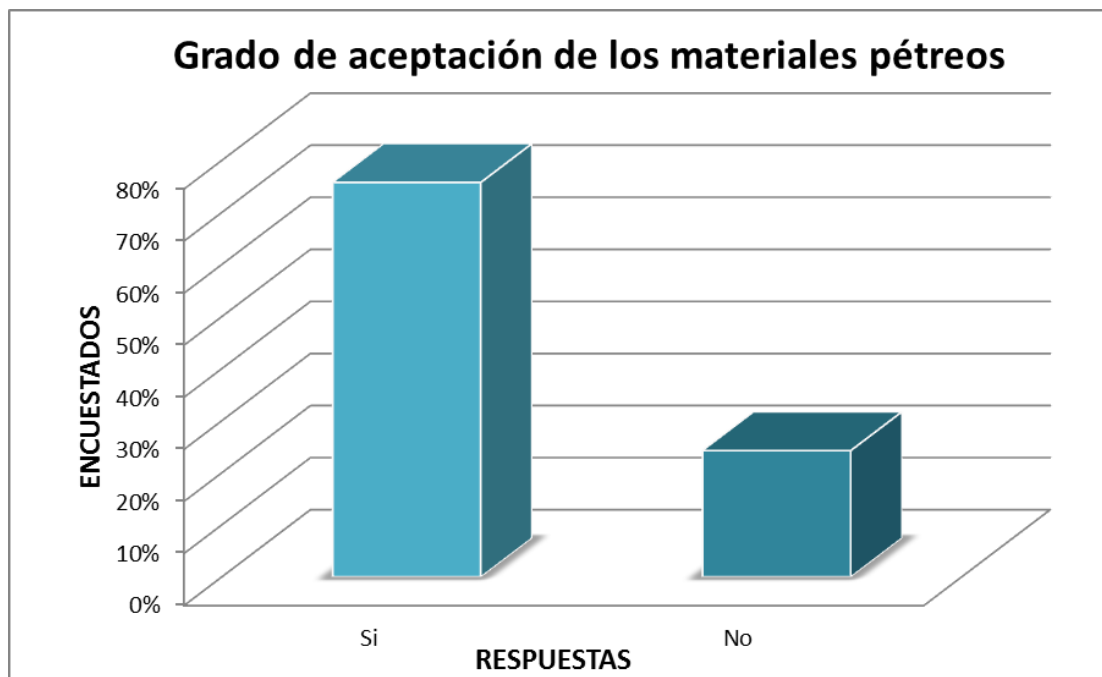
¿CREE USTED QUE ES APROPIADO UTILIZAR LOS MATERIALES PÉTREOS DE LAS MINAS DE SALCEDO, MULALÓ Y LA MANÁ?

Tabla N° 4

Si	50	76%
No	16	24%
TOTAL	66	100%

Fuente: Encuesta. Autora: Egda. Lilibian Torres P.

Gráfico N° 2



Fuente: Encuesta. Autora: Egda. Lilibian Torres P.

Los resultados de la pregunta "1" determinan que el 76% de la muestra cree que es apropiado utilizar los materiales pétreos de las minas de Salcedo, Mulaló y la Maná y un 24% opina que no es apropiado.



#### 4.1.2 PREGUNTA N° 2

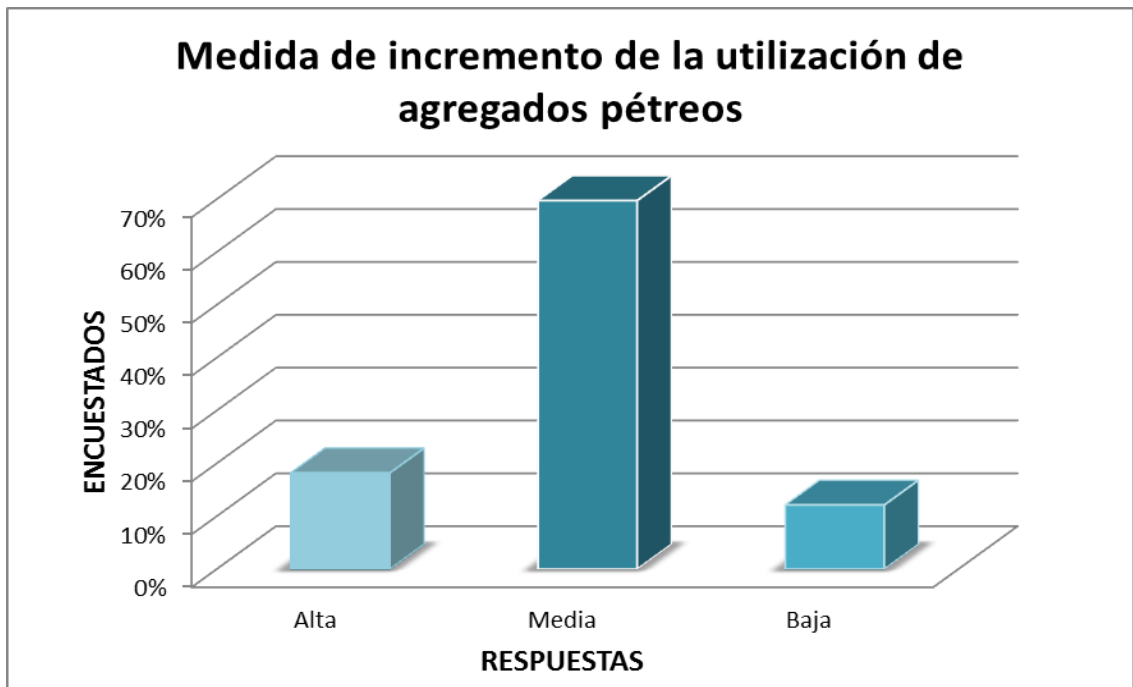
¿EN QUÉ MEDIDA SE INCREMENTARÍA LA UTILIZACIÓN DE LOS AGREGADOS PÉTREOS DE SALCEDO, MULALÓ Y LA MANÁ CON ESTE ESTUDIO?

Tabla N° 5

Alta	12	18%
Media	46	70%
Baja	8	12%
TOTAL	66	100%

Fuente: Encuesta. Autora: Egda. Liliana Torres P.

Gráfico N° 3



Fuente: Encuesta. Autora: Egda. Liliana Torres P.

Los resultados de la pregunta "2" refieren que el 18% de la muestra corresponde a un alto incremento en la utilización de los agregados pétreos de las minas de Salcedo, Mulaló y la Maná, el 70% un incremento medio y el 12% con un bajo incremento de utilización de los materiales.

### 4.1.3 PREGUNTA N° 3

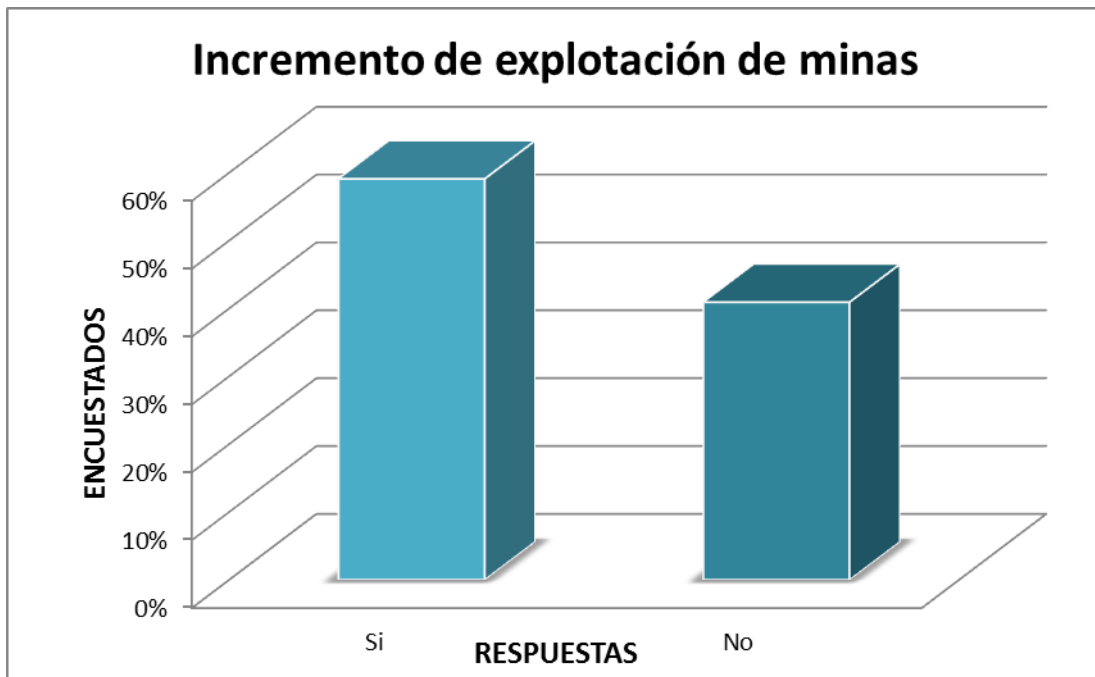
¿CREE USTED QUE ESTE ESTUDIO PERMITIRÁ EL INCREMENTO DE LA EXPLOTACIÓN DE MINAS DE SALCEDO, MULALÓ Y LA MANÁ?

Tabla N° 6

Si	39	59%
No	27	41%
TOTAL	66	100%

Fuente: Encuesta. Autora: Egda. Lilibiana Torres P.

Gráfico N° 4



Fuente: Encuesta. Autora: Egda. Lilibiana Torres P.

Los resultados de la pregunta "3" indican que el 59% de los encuestados concluye que incrementará la explotación de las minas de Salcedo, Mulaló y la Maná y el 41% juzga que no lo incrementará.

#### 4.1.4 PREGUNTA N° 4

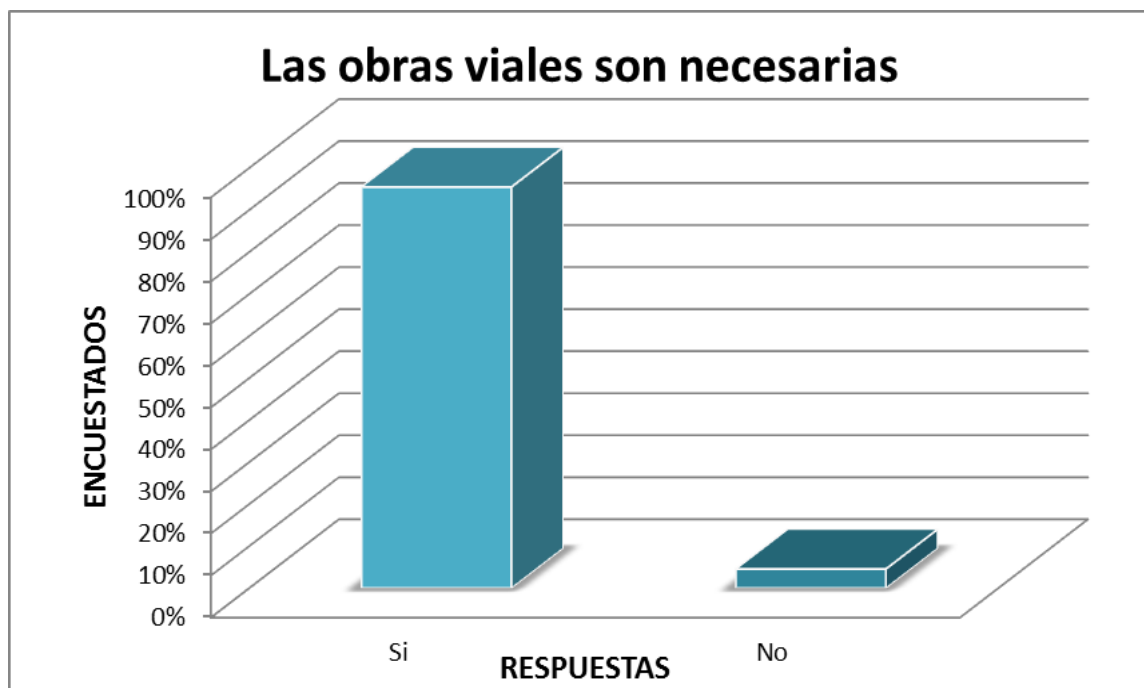
¿CREE USTED QUE LAS OBRAS VIALES SON NECESARIAS?

Tabla N° 7

Si	63	95%
No	3	5%
TOTAL	66	100%

Fuente: Encuesta. Autora: Egda. Lilibana Torres P.

Gráfico N° 5



Fuente: Encuesta. Autora: Egda. Lilibana Torres P.

Los resultados de la pregunta "4" establecen que el 95% de la muestra las obras viales son necesarias y un 5% considera que no lo son.

#### 4.1.5 PREGUNTA N° 5

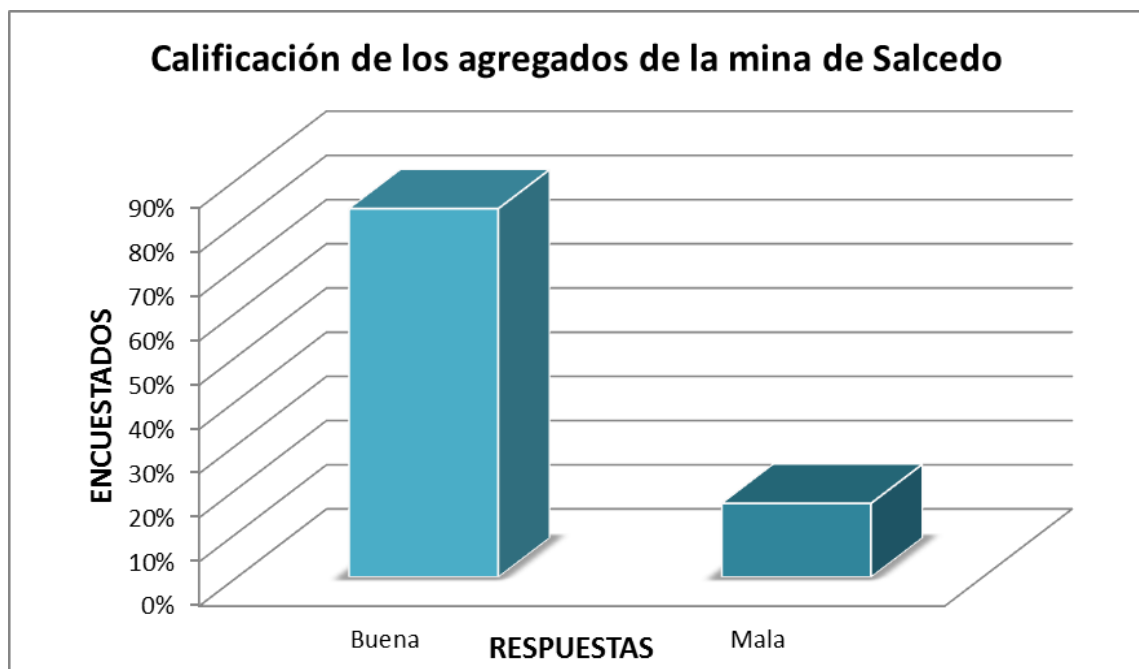
¿CÓMO CALIFICA USTED A LOS AGREGADOS DE LA MINA DE SALCEDO?

Tabla N° 8

Buena	55	83%
Mala	11	17%
TOTAL	66	100%

Fuente: Encuesta. Autora: Egda. Lilibiana Torres P.

Gráfico N° 6



Fuente: Encuesta. Autora: Egda. Lilibiana Torres P.

Los resultados de la pregunta "5" evidencian que el 83% de la muestra creen que los agregados de la mina de Salcedo son de buena calidad y el 17 % estima que no lo son.

#### 4.1.6 PREGUNTA N° 6

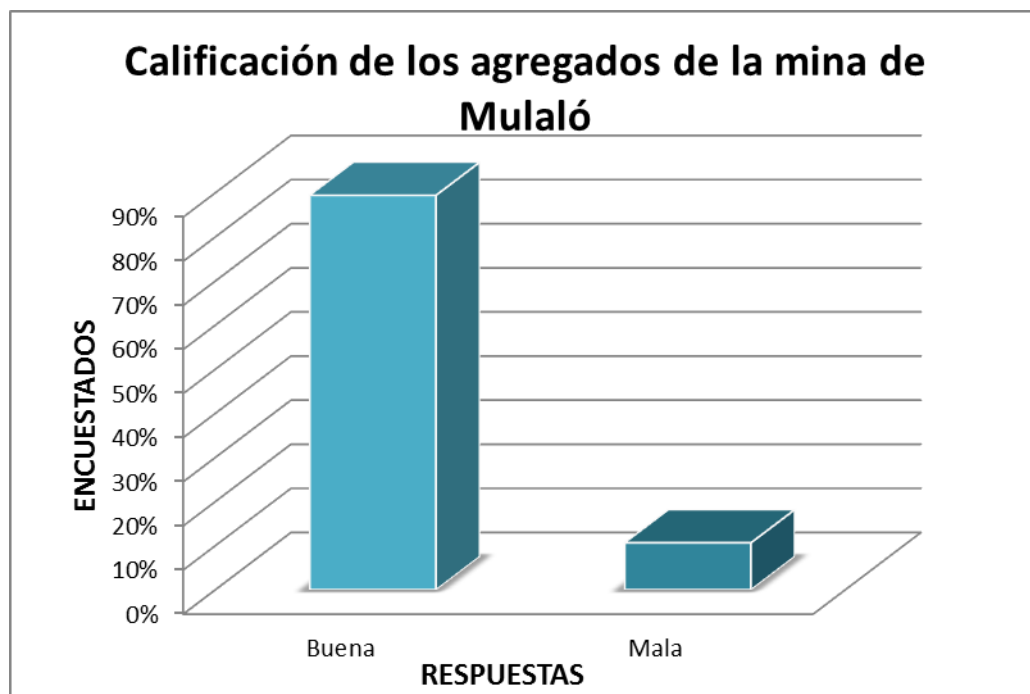
¿CÓMO CALIFICA USTED A LOS AGREGADOS DE LA MINA DE MULALÓ?

Tabla N° 9

Buena	59	89%
Mala	7	11%
TOTAL	66	100%

Fuente: Encuesta. Autora: Egda. Lilibiana Torres P.

Gráfico N° 7



Fuente: Encuesta. Autora: Egda. Lilibiana Torres P.

Los resultados de la pregunta "6" precisan que el 89% de profesionales encuestados definen que los agregados de la mina de Mulaló son de buena calidad y un 11 % cree que no lo son.

#### 4.1.7 PREGUNTA N° 7

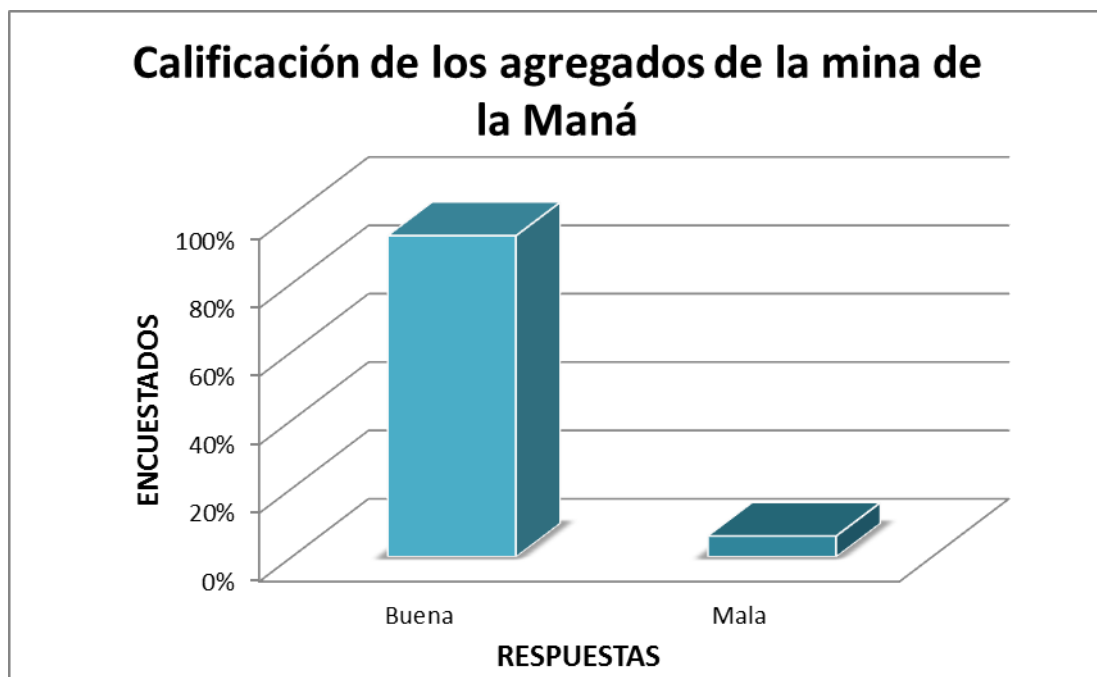
¿CÓMO CALIFICA USTED A LOS AGREGADOS DE LA MINA DE LA MANÁ?

Tabla N° 10

Buena	62	94%
Mala	4	6%
TOTAL	66	100%

Fuente: Encuesta. Autora: Egda. Liliana Torres P.

Gráfico N° 8



Fuente: Encuesta. Autora: Egda. Liliana Torres P.

Los resultados de la pregunta "7" manifiestan que el 94% de la muestra encuestada admite que los agregados de las mina de la Maná son de buena calidad y un 6 % deduce que no lo son.

#### 4.1.8 PREGUNTA N° 8

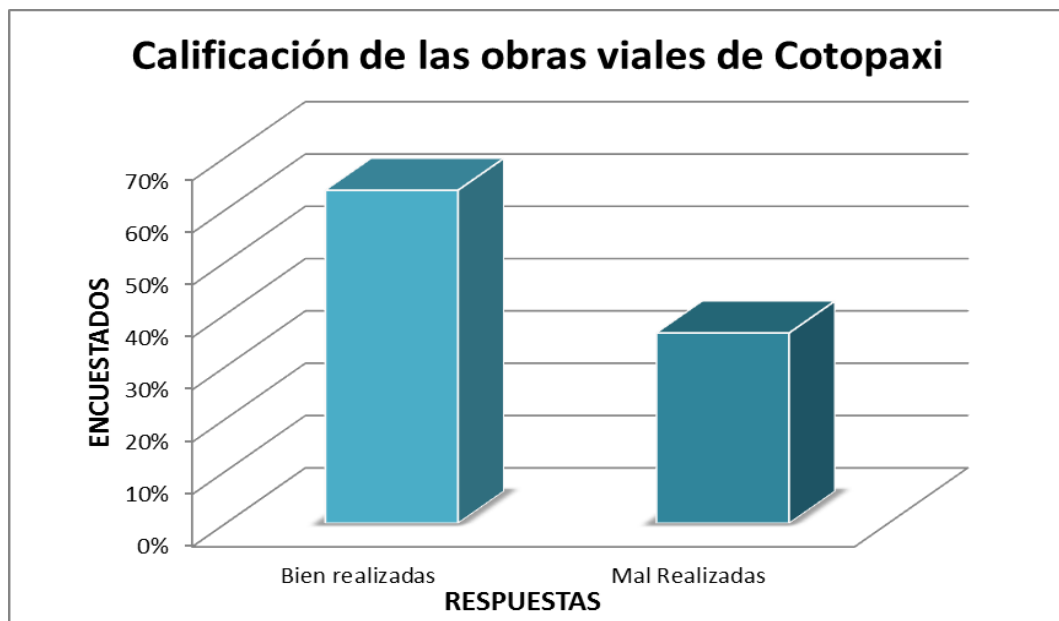
¿CÓMO CALIFICA USTED LAS OBRAS VIALES EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI UNA VEZ QUE TERMINARON TOTALMENTE DE SER CONSTRUIDAS?

Tabla N° 11

Bien realizadas	42	64%
Mal Realizadas	24	36%
TOTAL	66	100%

Fuente: Encuesta. Autora: Egda. Liliana Torres P.

Gráfico N° 9



Fuente: Encuesta. Autora: Egda. Liliana Torres P.

Los resultados de la pregunta "8" disponen que el 64% de los profesionales encuestados consideran que las obras viales de la Provincia de Cotopaxi una vez terminadas de construir están bien realizadas y el 36% piensan que están mal realizadas.

#### 4.1.9 PREGUNTA N° 9

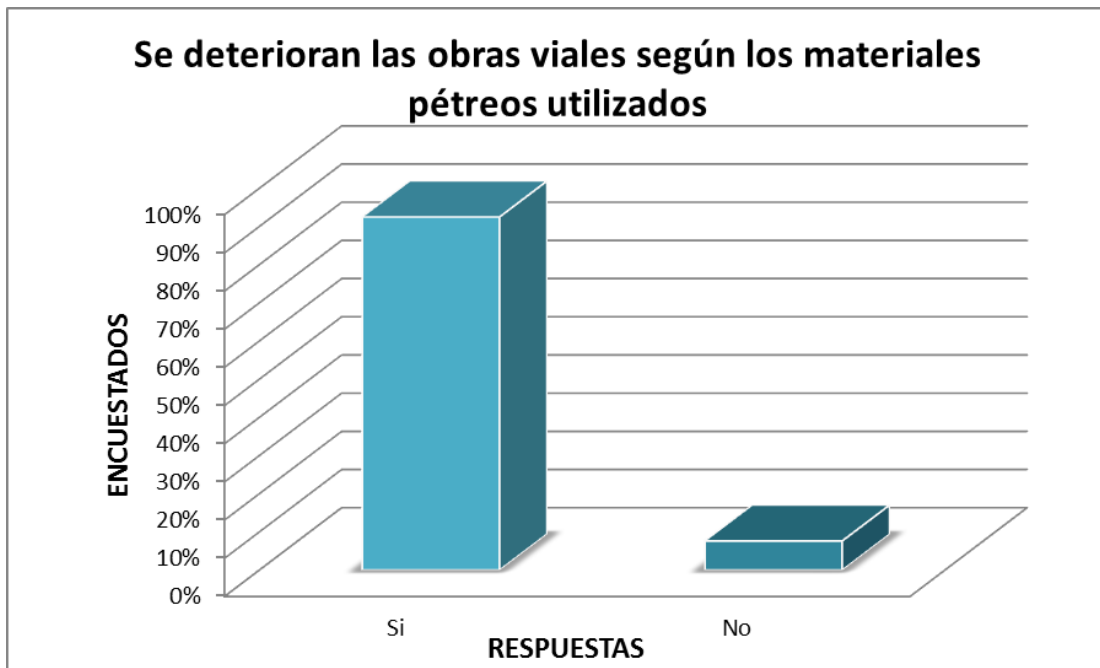
¿CREE USTED QUE LAS OBRAS VIALES SE DETERIORAN DEPENDIENDO DE LOS MATERIALES PÉTREOS QUE SE UTILICEN?

Tabla N° 12

Si	61	92%
No	5	8%
TOTAL	66	100%

Fuente: Encuesta. Autora: Egda.Liliana Torres P.

Gráfico N° 10



Fuente: Encuesta. Autora: Egda. Liliana Torres P.

Los resultados de la pregunta "9" dan a conocer que el 92% de la muestra considera que las obras viales se deterioran dependiendo de los materiales pétreos utilizados y un 8% no cree que dependa de los materiales.



### **4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS.**

Una vez realizado el análisis de los resultados de la encuesta, se procede a comprobar la hipótesis para el desarrollo correcto del proyecto.

La validez de la hipótesis planteada se demuestra con los datos obtenidos a través de las encuestas.

A continuación se presenta una tabla de la comprobación de la hipótesis utilizando el método del CHI CUADRADO ( $X^2$ ).

#### **4.3.1 COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS (CHI-CUADRADO).**

##### **HIPÓTESIS:**

El estudio de las fuentes de materiales pétreos de las minas de Mulaló, Salcedo y la Maná de la provincia de Cotopaxi permitirán la utilización en la construcción de obras viales.

##### **HIPÓTESIS NULA ( $H_0$ ).**

El estudio de las fuentes de materiales pétreos de las minas de Mulaló, Salcedo y la Maná de la provincia de Cotopaxi NO PERMITIRÁ la utilización en la construcción de obras viales.

##### **HIPÓTESIS ALTERNATIVA ( $H_1$ ).**

El estudio de las fuentes de materiales pétreos de las minas de Mulaló, Salcedo y la Maná de la provincia de Cotopaxi PERMITIRÁ la utilización en la construcción de obras viales.

#### 4.3.1.1 Resultados de la encuesta (Obtenidos).

Tabla N° 13

PREGUNTAS N° FILAS	OBTENIDOS (O)		$\Sigma$
	RESPUESTAS		
	SI	NO	
1	50.00	16.00	<b>66.00</b>
2	63.00	3.00	<b>66.00</b>
3	39.00	27.00	<b>66.00</b>
4	42.00	24.00	<b>66.00</b>
5	61.00	5.00	<b>66.00</b>
$\Sigma$	<b>255.00</b>	<b>75.00</b>	<b>330.00</b>

Fuente: Encuesta. Autora: Egda. Liliana Torres P.

#### 4.3.1.2 Valores esperados (E)

$$E1=E3=E5=E7=E9=\frac{66,00*255,00}{330,00} = 51,00$$

**Ec. (2)**

$$E2=E4=E6=E8=E10=\frac{66,00*75,00}{330,00} = 15,00$$

### 4.3.2 Valores esperados de la encuesta (E)

Tabla N° 14

PREGUNTAS N° FILAS	ESPERADOS ( E ) RESPUESTAS (%)	
	SI	NO
1	51	15
2	51	15
3	51	15
4	51	15
5	51	15

Fuente: Encuesta. Autora: Egda. Liliana Torres P.

### 4.3.3 Cálculo del CHI-CUADRADO (X<sup>2</sup>)

$$X^2 = \sum \frac{(O-E)^2}{E} \quad \text{Ec. (3)}$$

Tabla N° 15

	O	E	(O-E) <sup>2</sup>	(O-E) <sup>2</sup> / E
1	50.00	51	1.00	0.020
2	16.00	15	1.00	0.067
3	63.00	51	144.00	2.824
4	3.00	15	144.00	9.600
5	39.00	51	144.00	2.824
6	27.00	15	144.00	9.600
7	42.00	51	81.00	1.588
8	24.00	15	81.00	5.400
9	61.00	51	100.00	1.961
10	5.00	15	100.00	6.667
			X <sup>2</sup>	40.549

Fuente: Encuesta. Autora: Egda. Liliana Torres P.

$$\text{Grados de Libertad} = \text{Gl} = (r - 1)(c - 1)$$

**Ec. (4)**

Donde:

$$\text{Filas (r)} = 5$$

$$\text{Columnas (c)} = 2$$

$$\text{Gl} = (5-1)(2-1) = 4$$

$$\alpha = 0,05$$

Según la TABLA 3-Distribución Chi Cuadrado  $X^2$  teórico o crítico con 2 grados de libertad al nivel 0,05 es de:

$$X^2 = 9,488$$

**Conclusión:**

Como nuestro valor estadístico está en la región de rechazo (a la derecha del valor crítico) rechazamos  $H_0$  por lo cual aceptamos la Hipótesis alternativa  $H_1$ .

**Respuesta:**

El estudio de las fuentes de materiales pétreos de las minas de Mulaló, Salcedo y la Maná de la provincia de Cotopaxi PERMITIRÁ la utilización en la construcción de obras viales.

**Tabla N° 16**

**TABLA DE VALORES DE DISTRIBUCIÓN DE CHI-CUADRADO  $X^2$**

0.04	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	
									g.d.l
4.218	3.841	2.706	2.072	1.642	1.323	1.074	0.873	0.708	1
6.438	5.991	4.605	3.794	3.219	2.773	2.408	2.100	1.883	2
8.311	7.815	6.251	5.317	4.642	4.108	3.665	3.283	2.946	3
10.026	9.488	7.779	6.745	5.989	5.385	4.878	4.438	4.045	4
11.644	11.070	9.236	8.115	7.289	6.616	6.064	5.573	5.132	5

**Fuente:** Probabilidad y estadística. **Autor:** Facultad regional de Mendoza.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

- ✓ Partiendo de los resultados obtenidos en la encuesta se determinó que los agregados de las minas de Mulaló, Salcedo y la Maná son apropiados para utilizarlos en obras viales.
- ✓ El estudio de los agregados de las minas de Cotopaxi puede incrementar la utilización de los materiales pétreos de manera moderada.
- ✓ La difusión de este proyecto logrará que la explotación de las minas se incremente.
- ✓ No existe un registro documentado a cerca de los materiales de las minas de Salcedo, Mulaló y la Maná.
- ✓ De la encuesta realizada se concluye que a pesar que el 94 % opinan y coinciden que los agregados de la mina de la Maná son de excelente calidad y condiciones pero por la distancia al lugar de construcción no son mayormente utilizados.
- ✓ Del mismo modo el 92% de la muestra cree que las obras viales se deterioran dependiendo de los materiales pétreos utilizados.
- ✓ El 64% de la muestra cree que las obras viales de la provincia de Cotopaxi una vez terminadas de construir están bien realizadas.

#### **5.2 RECOMENDACIONES**

- ✓ Crear un registro documentado a cerca de los materiales de las minas de Salcedo, Mulaló y la Maná que permita conocer las propiedades físicas y condiciones geotécnicas de los materiales pétreos.

- ✓ Difundir este estudio para incrementar la explotación de las minas de Salcedo, Mulaló y la Maná.
- ✓ Recomendar que los agregados de la mina de la Maná como son de excelente calidad, puedan ser utilizados en la zona centro de la provincia.
- ✓ Realizar los ensayos respectivos para evitar el deterioro de los materiales pétreos para garantizar las obras viales de la provincia.

## **CAPÍTULO VI PROPUESTA**

### **6.1 DATOS INFORMATIVOS**

#### **6.1.1 Cantón la Maná**

##### **6.1.1.1 Aspectos Generales.-**

##### **Localización Geográfica**

El cantón La Maná está localizado en las estribaciones de la cordillera occidental de Los Andes, en la provincia de Cotopaxi. Morfológicamente se ubica sobre una llanura de pie de cordillera compuesta de depósitos aluviales cubiertas de cenizas y arenas volcánicas de origen desconocido. La cabecera cantonal se asienta sobre una terraza aluvial antigua del río San Pablo. Está situada a unos 150 km de Latacunga, capital de la provincia.

Ubicación geográfica WGS 84: Latitud S0° 56' 27" Longitud W 79° 13' 25", altura 220 msnm. Tiene varios pisos climáticos que varía de subtropical a tropical altura variable de 200 y 1150 msnm [1].

##### **a) Área de Influencia**

La Maná se desarrolla en una extensión de 66.258 hectáreas, es el sexto cantón de la provincia de Cotopaxi en el área urbana del cantón se encuentra concentrada un 53,79% de la población, la población total del cantón es de 42.216 habitantes [2].

---

[1]: [http://es.wikipedia.org/wiki/Cant%C3%B3n\\_La\\_Man%C3%A1](http://es.wikipedia.org/wiki/Cant%C3%B3n_La_Man%C3%A1).

[2]: Datos según INEC- 2010.

## b) Límites

- ✓ Norte: Con la parroquia Alluriquín, cantón Santo Domingo.
- ✓ Sur: El río Calope es el accidente geográfico que la separa de la parroquia Moraspungo, cantón Pangua.
- ✓ Este: La parroquia La Esperanza del cantón Pujilí y Sigchos.
- ✓ Oeste: El cantón Valencia y Quinsaloma de la provincia de Los Ríos.  
[1].

Mapa N° 1



Fuente: [wikipedia.org/wiki/Cant%C3%B3n\\_La\\_Man%C3%A1](http://wikipedia.org/wiki/Cant%C3%B3n_La_Man%C3%A1).

### 6.1.1.2 Aspectos Socio-Económicos

#### a) Principales Actividades Económicas

Es una zona agrícola exportadora de banano, tabaco fino, cacao, café, abacá, yuca (mandioca) y plátano verde.

---

[1]: [http://es.wikipedia.org/wiki/Cant%C3%B3n\\_La\\_Man%C3%A1](http://es.wikipedia.org/wiki/Cant%C3%B3n_La_Man%C3%A1).



Es considerada la cuarta zona exportadora de banano. La vegetación está comprendida mayoritariamente por la tropical y la subtropical hacia los pisos más altos formando un tipo mixto con predominio de las formaciones vegetales típicas del bosque húmedo tropical y la subtropical con las formaciones vegetales de la región sub-andina.

Los cultivos son de carácter subtropical, especialmente de caña de azúcar, café y cítricos. [1].

## **b) Educación**

En la ciudad de La Maná existen los siguientes establecimientos educacionales:

Escuela Luis Andino Gallegos

Instituto Superior La Maná

Colegio Técnico Rafael Vascones Gómez

Y según los datos recabados el analfabetismo en mujeres se presenta en 13,2%, mientras que en varones: 10,8%. [2].

### **6.1.1.3 Aspectos Físicos y Topográficos**

#### **a) Clima**

La ubicación geográfica favorece un clima tropical con las siguientes características:

La temperatura media anual es de 23° Centígrados, observando que los meses con mayor temperatura son marzo y abril con 28° a 30° y la temperatura más baja se registra en el mes de julio y es de 24°C. [1].

---

[1]: [http://es.wikipedia.org/wiki/Cant%C3%B3n\\_La\\_Man%C3%A1](http://es.wikipedia.org/wiki/Cant%C3%B3n_La_Man%C3%A1).

[2]: Datos según INEC- 2010.

La época lluviosa empieza en el mes de diciembre hasta el mes de julio, dependiendo de la influencia del fenómeno de El Niño que hace que se adelante o se prolongue la estación lluviosa, pero generalmente esta estación tiene un período de siete meses y los restantes es seca con leves precipitaciones. Los registros más altos se dan en los meses de enero, febrero y marzo, con 549,5 y 512 mm, y las más bajas se registran en el mes de julio con 19 y 23 mm de precipitación.

El valor más alto de humedad es en el mes de enero con el 95%, que coincide con la mayor precipitación, en los restantes meses de época lluviosa hasta julio la humedad relativa se mantiene más o menos constante con fluctuaciones entre el 88 y 90% y, en época seca a partir del mes de julio hasta noviembre, la humedad relativa no tiene un comportamiento uniforme, existen variaciones significativas que oscilan desde el 82% en el mes de noviembre hasta el 91% en el mes de julio. [1].

## **b) Hidrografía**

El cantón se halla cruzado por una extensa red de ríos, quebradas y esteros, relacionados con la cuenca del Quevedo y del Guayas.

Entre los más importantes tenemos: río Guadual, río Quindigua, importante por su caudal permanente y peligroso en el invierno, río Hugshatambo, río Guasaganda, río Manguilita. El río San Pablo, que nace en el sector alto de la provincia de Cotopaxi, es la más larga y caudalosa de esta red, con una longitud de 20 kilómetros en el territorio del cantón. Hacia el suroeste se encuentra el río Chipe, los esteros El Moral, Chilingo y el río Calope, importante por su longitud y caudal, sirve como límite natural con el cantón Pangua.[1].

---

[1]: [http://es.wikipedia.org/wiki/Cant%C3%B3n\\_La\\_Man%C3%A1](http://es.wikipedia.org/wiki/Cant%C3%B3n_La_Man%C3%A1).

### **c) Topografía**

El cantón La Maná se ubica sobre una llanura de pie de cordillera. La cabecera cantonal se asienta sobre una terraza aluvial antigua del río San Pablo, a una altura de 220 msnm, con una altura variable de 200 y 1150 msnm.<sup>[1]</sup>.

#### **6.1.1.4 Servicios Públicos**

##### **a) Servicios básicos**

En la ciudad de La Maná existen las siguientes dependencias públicas:

Un significativo porcentaje de la población carece de alcantarillado, apenas lo poseen el 12% de viviendas. El 73,91% de las familias disponen de algún sistema de cisterna sanitaria.

Otros indicadores de cobertura de los servicios básicos son: Agua entubada dentro de la vivienda: 35%. Energía eléctrica 86,3%. Servicio telefónico 19,18%. Servicio de recolección de basuras: 54,8 % de las viviendas.

En síntesis, el déficit de servicios residenciales básicos alcanza al 91,87% de viviendas.<sup>[2]</sup>.

##### **b) Hoteles.**

En la Maná, la infraestructura turística está en crecimiento el cantón cuenta con los siguientes hoteles:

- ✓ Hotel Cristal
- ✓ Hotel Internacional 2

---

[1]: [http://es.wikipedia.org/wiki/Cant%C3%B3n\\_La\\_Man%C3%A1](http://es.wikipedia.org/wiki/Cant%C3%B3n_La_Man%C3%A1).

[2]: Datos según INEC- 2010.

- ✓ Hotel Las pirámides
- ✓ Hotel Carlos Patricio
- ✓ Hotel La Herradura
- ✓ Hotel Montgomery
- ✓ Hotel Maná

Entre otras ofertas hoteleras que están en crecimiento en el cantón La Maná. [1].

### **c) Establecimientos de Salud**

Existe en la ciudad un Sub-centro de Salud del MSP, ubicado en la Av. 19 de Mayo y Medardo Ángel Silva. En el resto del cantón hay cinco Sub-centros de Salud. [2].

### **d) Red Vial**

El sistema vial está conformado por carreteras transitables en tiempo seco, caminos de verano, senderos y caminos de herradura. [1].

### **e) Principales Accesos**

Se puede acceder a la población de La Maná usando dos vías principales:

Partiendo desde Quito se puede optar por tomar la vía Aloag – Sto. Domingo, Quevedo – La Maná; otra vía que se puede tomar es mediante la Panamericana Sur hasta la ciudad de Latacunga, dirigiéndose a Pujilí, atravesando Zumbahua, La Esperanza, La Maná.

---

[1]: [http://es.wikipedia.org/wiki/Cant%C3%B3n\\_La\\_Man%C3%A1](http://es.wikipedia.org/wiki/Cant%C3%B3n_La_Man%C3%A1).

[2]: Datos según INEC- 2010.

Se puede acceder también desde Guayaquil, dirigiéndose hacia Quevedo y llegando a La Maná. [1].

#### **f) Transporte.**

Cuenta con las siguientes líneas de bus:

##### **Transportes La Maná.**

Fue fundada el 16 de Agosto de 1978, domiciliada en el Cantón La Maná, provincia de Cotopaxi, siendo su prioridad dar un buen servicio y comodidad a los usuarios. [1].

Cubriendo Rutas:

- ✓ La Maná - El Empalme – Quito.
- ✓ La Maná - Santo Domingo – Quito.
- ✓ La Maná - Quevedo-Babahoyo-Guayaquil.
- ✓ La Maná - Quevedo - y Viceversa.
- ✓ La Maná - Latacunga – Ambato.
- ✓ Ambato - Latacunga - La Maná.
- ✓ La Maná - Guayaquil - El Corazón.
- ✓ Guayaquil - Babahoyo - Quevedo - La Maná.

##### **Transportes Macuchi.**

Fundada el 15 de Enero de 1964 según el acuerdo ministerial No. 839, se encuentra ubicada en el cantón La Maná. [1].

Rutas.

Pucayacu-La Maná.

La Maná-Pucayacu.

La Maná-Quito.

---

[1]: [http://es.wikipedia.org/wiki/Cant%C3%B3n\\_La\\_Man%C3%A1](http://es.wikipedia.org/wiki/Cant%C3%B3n_La_Man%C3%A1).

## **San Vicente La Maná.**

Fundada el 11 de Julio de 1980 mediante Acuerdo Ministerial No. 001192 se encuentra ubicado en la provincia de Cotopaxi cantón La Maná.

Está conformada por 25 socios cada uno con sus respectivas unidades aptas para el servicio dentro y fuera del cantón.

Cuenta con los estacionamientos: Terminal Terrestre, calle Manabí, 19 de Mayo y Los Álamos (las dos últimas con sus respectivos turnos).

El objetivo de los socios es dar un excelente servicio a la comunidad y más que todo el engrandecimiento y buen nombre de su cooperativa. [1].

## **Río San Pablo.**

Fue fundada el 27 de Mayo de 1997, mediante acuerdo Ministerial N° 0650, domiciliada en el cantón La Maná, provincia de Cotopaxi sirviendo interprovincialmente a todos los sectores aledaños, principalmente al turismo nacional e Internacional, como también a los diferentes recintos. [1].

## **Transportes Ecológicos.**

Los triciclos ecológicos son los medios de transporte más populares dentro del perímetro urbano del Cantón; en la actualidad existen aproximadamente unos 400 triciclos asociados en dos cooperativas: La ciudad de la Maná y la 19 de Mayo. [1].

### **6.1.2 Cantón Salcedo.**

#### **6.1.2.1 Aspectos Generales.-**

##### **a) Localización Geográfica.**

El cantón Salcedo está localizado en el corazón del país al sur oriente de la

---

[1]: [http://es.wikipedia.org/wiki/Cant%C3%B3n\\_La\\_Man%C3%A1](http://es.wikipedia.org/wiki/Cant%C3%B3n_La_Man%C3%A1).

provincia de Cotopaxi, tiene la forma más o menos rectangular que se extiende desde la cima de la Cordillera Central hasta la cima de la Cordillera Occidental de los Andes. Cabecera cantonal: San Miguel de Salcedo tiene una superficie de 255 Km.

Ubicación geográfica WGS 84: Latitud 1°03'00" Longitud W 78°35'00", altura máxima 4545 msnm., altura media 3513msnm. y altura mínima 2480msnm. [3].

#### **b) Área de Influencia.**

Salcedo se desarrolla en una extensión de 533 Km<sup>2</sup>, es un cantón de la provincia de Cotopaxi cuenta con 51.656 habitantes. En área rural del cantón, se encuentra concentrado el 80,7% de su población. La población femenina alcanza el 53%, mientras que la masculina el 47%. [2].

#### **c) Límites.**

- ✓ **Al norte:** los cantones de Pujilí y Latacunga, con su parroquia Belisario Quevedo (provincia de Cotopaxi).
- ✓ **Al sur:** los cantones de Ambato y Píllaro (provincia del Tungurahua).
- ✓ **Al este:** la Cordillera Central de los Andes (provincia de Napo).
- ✓ **Al oeste:** el cantón Pujilí con su parroquia de Angamarca (provincia de Cotopaxi).

---

[2]: Datos según INEC- 2010.

[3]: [http://es.wikipedia.org/wiki/Salcedo\\_%28Ecuador%29](http://es.wikipedia.org/wiki/Salcedo_%28Ecuador%29).

**Mapa N° 2**



Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Salcedo\\_%28Ecuador%29](http://es.wikipedia.org/wiki/Salcedo_%28Ecuador%29)

### **6.1.2.2- Aspectos Socio-Económicos.**

#### **a) Principales Actividades Económicas.**

Salcedo tiene una variedad de vegetación sirve para el comercio interno y externo con otros cantones y provincias. La principal ocupación de los habitantes es la agricultura. Los cultivos que se practican en mayor escala son: patata, maíz, trigo, cebada, arveja, fréjol, haba, lenteja, quinua, hortalizas y frutas. En los valles encontramos grandes extensiones de pastizales. Sus tierras son aptas para el cultivo de plantas medicinales y ornamentales, especialmente claveles, geranios y rosas; hay una considerable cantidad de eucaliptos, capulíes y cipreses, en los terrenos secos encontramos los cactus y cabuyas. [3].

#### **b) Educación.**

El analfabetismo en mujeres se presenta en 21,02%, mientras que en varones en 9,98%. [2].

---

[2]: Datos según INEC- 2010.

[3]: [http://es.wikipedia.org/wiki/Salcedo\\_%28Ecuador%29](http://es.wikipedia.org/wiki/Salcedo_%28Ecuador%29).



### 6.1.2.3.- Aspectos Físicos y Topográficos.

#### a) Clima.

Podemos clasificar en dos zonas Templada y Fría.

Zona templada: es notable en la parte baja y plana, tiene un clima delicioso que oscila entre los 13 a 20 grados.

Zona Fría: a partir de los 3.000 metros de altura en el páramo, se presenta el clima frío con vientos helados propios de estas regiones.

En todo el cantón hay una temporada un tanto fría y ventosa entre los meses de Junio. [3].

#### b) Hidrografía.

El territorio del cantón se encuentra bañado por diferentes cuencas y micro cuencas, las mismas que facilitan el desarrollo del mismo y ayudan a la producción agrícola de la zona, existen vertientes tanto de la cordillera central como occidental, que mantienen en la zonas altas, paramos ricos en el preciado líquido, lamentablemente en las últimas décadas se han empezado a degradar principalmente los páramos de la zona Occidental por el cultivo de especies exóticas principalmente el pino, causando el decrecimiento de la correntía de agua en la zona y los consecuentes efectos.

Estas micro-cuencas y cuencas están formadas por un conjunto de afluentes que son:

**Río Cutuchi:** Nace en los deshielos del Cotopaxi, es el principal río que atraviesa el cantón de norte a sur.

**Río Nagsiche:** Ubicado al lado occidental del cantón, su origen es en la parte más alta de la cordillera Occidental y sirve de límite entre la parróquia

---

[3]: [http://es.wikipedia.org/wiki/Salcedo\\_%28Ecuador%29](http://es.wikipedia.org/wiki/Salcedo_%28Ecuador%29).

Susubamba y el cantón Pujilí: sus fuentes son el Zamora, Sunfo y el Atocha.

**Río Yanayacu:** Nace en las vertientes que se encuentran en la parte más alta de la Cordillera Central con el nombre de Quillopacha en el sector del Parque Nacional los Llanganates, ubicado al lado sur oriental del cantón; sirve de límite entre los cantones de Salcedo y Píllaro. [3].

### **c) Topografía.**

La fisonomía que presenta el cantón es típica de la zona andina, con presencia de pequeñas elevaciones, donde predominan los páramos, picachos y en la parte central los valles, llanuras y mesetas.

De esta manera se han identificado los accidentes topográficos más sobresalientes del cantón que son los siguientes:

#### ✓ Valles.

La cabecera cantonal está situada en un pintoresco valle que se extiende desde su límite cantonal con Latacunga avanzando hacia el sur, hasta su límite con la parroquia de Panzaleo.

El Valle de Yanayacu, su extensión aproximada es de 5 Km. De largo que va de Oriente a Occidente por unos 1500 metros de ancho.

El Valle de Nagsiche es menor que el anterior en su extensión, se encuentra ubicado en la parte sur-oeste de la cabecera cantonal.

#### ✓ Llanuras y Mesetas.

Al norte Rumipamba.

Al sur Tigualó, Antonio José Hoguín, Pucarumi y parte de la parroquia Mulalillo.

---

[3]: [http://es.wikipedia.org/wiki/Salcedo\\_%28Ecuador%29](http://es.wikipedia.org/wiki/Salcedo_%28Ecuador%29).

Al este Anchiliví, Santa Ana, San Isidro, Bellavista.

Al oeste todo el territorio comprendido entre las comunas de Pilaló y San José de Barbapamba.

✓ Colinas y Páramos.

Al noreste de los páramos de Churuloma, Chanchaló, Ilumpucho y Palama.

Al Oriente los páramos de Cumbijín, el Galpón, Pucará y todo el sector de la Laguna de los Anteojos.

Al sur las pequeñas elevaciones: el Calvario, Lampata, Yambopungo, Chiriquingue Loma, terminando en la Loma de Jacho y Laguinato.

Por el sector accidental se encuentran: elevaciones de poca altura como: Jachaguango, Zona del Canal, Alpamálag y Unalagua, luego los páramos de San Diego, Guagra- Corral, Millín, Zanja-Pungo, Simpala, Chirinche Alto, Potrero-Filo, Cochapungo, Rumiquichua, Atocha, Yanahurco.

✓ Picachos.

En la cordillera Central se hallan: Guapán, Cumbijín Urco, Paso del Cóndor, Santo Cristo, Verde Filo, entre otros.

En la Cordillera Occidental: Josefo, Quispicacha, Estribo Grande, Cuchicorral, Tororrumi, Curuquinque, Yanarrimi.

No existen elevaciones que hayan alcanzado la categoría de nevado. [3].

#### **6.1.2.4.- Servicios Públicos.**

##### **a) Servicios básicos.**

---

[3]: [http://es.wikipedia.org/wiki/Salcedo\\_%28Ecuador%29](http://es.wikipedia.org/wiki/Salcedo_%28Ecuador%29).

Significativo porcentaje de la población carece de alcantarillado. Apenas posee el 25% de viviendas, mientras que el 69,85% dispone de algún sistema de eliminación de excretas.

Otros indicadores de cobertura de los servicios básicos son:

- ✓ Agua entubada por red pública dentro de la vivienda: 30%.
- ✓ Energía eléctrica 90,83%.
- ✓ Servicio telefónico 19,02%.
- ✓ Servicio de recolección de basura: 17,76% de las viviendas.

En síntesis, el déficit de servicios residenciales básicos alcanza al 83,08% de viviendas. [3].

## **b) Hoteles.**

En la Maná, la infraestructura turística está en crecimiento el cantón cuenta con los siguientes hoteles:

- ✓ McKinley Grand Hotel.
- ✓ Best Western Plus North Cantón Inn & Suites.
- ✓ Quality Inn Hall of Fame.
- ✓ Red Roof Inn Cantón.
- ✓ La Quinta Inn & Suites Cantón, OH.
- ✓ Ramada Hall of Fame Cantón.
- ✓ Comfort Inn Cantón - Hall of Fame Hotel.
- ✓ The Bertram Inn at Glenmoor.
- ✓ Hampton Inn & Suites cantón
- ✓ Fairfield Inn Cantón.

---

[3]: [http://es.wikipedia.org/wiki/Salcedo\\_%28Ecuador%29](http://es.wikipedia.org/wiki/Salcedo_%28Ecuador%29)

- ✓ Residence Inn Cantón.
- ✓ Holiday Inn Cantón-Belden Village.
- ✓ Motel 6 Cantón.
- ✓ Microtel Inn and Suites North Cantón. [3].

### **c) Establecimientos de Salud.**

En el cantón Salcedo los servicios de salud se encuentran organizados y asignados en centros, sub-centros y puestos de salud ubicados en las parroquias y/o comunidades. Entre médicos, paramédicos y personal administrativo de todas las unidades de salud distribuidas en todas las parroquias se encuentran 150 personas que prestan servicios. [3].

### **d) Red Vial.**

Salcedo por su ubicación geográfica posee accesos estratégicos, tanto por el norte como por el sur pues es atravesado por la vía Panamericana, que es la arteria principal de comunicación a nivel sierra.

Al Norte la Panamericana Norte E35 que conduce a Latacunga, Quito y Aloag. Al sur la Panamericana Sur E35 que conduce a Ambato, Baños y Riobamba. [3].

### **e) Transporte.**

Para tener acceso a Salcedo existen gran número de empresas y cooperativas de transporte que prestan servicio.

Cooperativas y Compañías de transporte.

Transporte Ruta Salcedense.

---

[3]: [http://es.wikipedia.org/wiki/Salcedo\\_%28Ecuador%29](http://es.wikipedia.org/wiki/Salcedo_%28Ecuador%29).

Taxis Salcedo Tena.

Taxis Guillermo Pacheco.

Salcedo.

San Miguel Primavera.

Trans Mull.

Furgonetas estudiantil.

Camionetas 19 de septiembre.

Entre otras Coopertivas que transitan por el cantón. [3].

### **6.1.3 Parroquia Mulaló.**

#### **6.1.3.1 Aspectos Generales.-**

##### **a) Localización Geográfica.**

La parroquia Mulaló es una de las 10 parroquias rurales del cantón Latacunga. Se ubica a 19 km al norte de la ciudad de Latacunga. [4].

##### **b) Área de Influencia.**

Su territorio comprende 436 km<sup>2</sup> es una parroquia del cantón Latacunga de la provincia de Cotopaxi cuenta con 8095 habitantes. [2].

---

[2]: Datos según INEC- 2010.

[3]: [http://es.wikipedia.org/wiki/Salcedo\\_%28Ecuador%29](http://es.wikipedia.org/wiki/Salcedo_%28Ecuador%29).

[4]: [http://www.mulalo.gob.ec/index.php?option=com\\_content&view](http://www.mulalo.gob.ec/index.php?option=com_content&view).

### c) Límites.

- ✓ **Al norte:** con el cantón Mejía.
- ✓ **Al sur:** con las parroquias Joseguango Bajo y Aláquez.
- ✓ **Al este:** con la provincia de Napo.
- ✓ **Al oeste:** con las parroquias de Pastocalle, Tanicuchí y Guaytacama. [4].

Mpa N° 3



Fuente: [http://www.mulalo.gob.ec/index.php?option=com\\_content&view](http://www.mulalo.gob.ec/index.php?option=com_content&view).

### 6.1.3.2- Aspectos Socio-Económicos.

#### a) Principales Actividades Económicas.

Al sector agropecuario es al que se dedica la mayor parte de la población sea ésta de forma extensiva en la parte que no dispone de riego e intensiva en

---

[4]: [http://www.mulalo.gob.ec/index.php?option=com\\_content&view](http://www.mulalo.gob.ec/index.php?option=com_content&view).

las zonas con riego artificial, aquí están los cultivos de flores y brócoli bajo invernadero y al aire libre que son los de mayor generación de empleo, la pequeña industria láctea tiene su espacio reconocido con su principal producto el queso fresco que permite tener un mercado local para los productores de leche y fuentes de trabajo, la minería principalmente en la parte norte de la parroquia con la explotación de piedra pómez (chasqui) y material pétreo (piedra, arena, ripio ) del sedimento de las erupciones del volcán Cotopaxi. El turismo está muy poco explotado, Mulaló por su ubicación geográfica posee grandes atractivos naturales adecuados para el eco turismo como el Cerro de Callo, La Piedra Cilintosa y Santa Bárbara en las faldas del majestuoso Cotopaxi que es nuestro mejor exponente y vigilante eterno de nuestro pueblo. [4].

#### **b) Educación.**

El analfabetismo en la parroquia se presenta en 12,5% en toda su población.

#### **Instituciones Educativas.**

- ✓ Juan Pío Montúfar-Juan de Dios Morales en Mulaló Centro
- ✓ Luis Alberto Gallo en el Caspi
- ✓ General Leónidas Plaza Gutiérrez en San Agustín de Callo
- ✓ Cuenca en San Ramón
- ✓ Centro Agrícola de Latacunga en Mancheno
- ✓ Club de Leones de Virginia en Chinchil de Villamarín
- ✓ Juan León Mera en Joseguango Alto
- ✓ Doce de Febrero en Langualó Grande
- ✓ Unidad educativa particular en la Plantación Sierra Flor de Mancheno
- ✓ Colegio Nacional Mulaló en el Barrio Centro
- ✓ Colegio a distancia Monseñor Leonidas Proaño en Joseguango Alto

---

[4]: [http://www.mulalo.gob.ec/index.php?option=com\\_content&view](http://www.mulalo.gob.ec/index.php?option=com_content&view).



- ✓ Colegio a Distancia Jatari Unancha en San Agustín de Callo
- ✓ Centro Artesanal José María Gordillo Municipal en el Barrio Centro. [2].

### **6.1.3.3.- Aspectos Físicos Y Topográficos.**

#### **a) Clima.**

Por su altitud oscila entre los 10 y 17 grados centígrados tomando en cuenta que la cabecera parroquial está a 3000 msnm. Hasta las estribaciones del Cotopaxi donde la temperatura se aproxima a cero. [4].

#### **b) Topografía.**

La zona tiene vegetación de pajonal, suelos jóvenes, localizados en profundos depósitos minerales no consolidados, y áreas de dunas de arena. [4].

### **6.1.3.4.- Servicios Públicos.**

#### **a) Establecimientos de Salud.**

Los servicios de salud se encuentran organizados y distribuidos en centros, sub-centros y puestos de salud ubicados en las comunidades. [4].

#### **b) Red Vial**

La red vial consta principalmente de la Panamericana y la línea del ferrocarril Quito-Riobamba, carreteras pavimentadas de dos o más vías, carreteras sin pavimentar de dos o más vías, caminos de verano, caminos de herradura y senderos. [4].

#### **c) Transporte.**

Para tener acceso a Mulaló principalmente circula la línea de bus Trans Mul, que presta servicio de transporte. [4].

---

[2]: Datos según INEC- 2010.

[4]: [http://www.mulalo.gob.ec/index.php?option=com\\_content&view](http://www.mulalo.gob.ec/index.php?option=com_content&view).

## **6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.**

Actualmente existen muchos estudios de agregados, los mismos toman en cuenta las siguientes variables: propiedades mecánicas de los agregados como son abrasión, densidad real y peso específico, capacidad de absorción, contenido de humedad, densidad aparente suelta y compactada, granulometría, y cuál es su utilización en la construcción de obras viales y que a su vez sea económicamente rentable.

Las propiedades de los agregados es un tema que se menciona en todas las obras viales pero que ninguno profundiza. Por lo que la falta de información es causante de errores al momento de escoger un agregado para la construcción. [4].

## **6.3 JUSTIFICACIÓN.**

El proyecto es de gran importancia, ya que el estudio de los agregados es de gran utilidad debido a la trascendencia que ésta posee en la elaboración de hormigones para la construcción de obras viales.

Es necesario conocer con qué tipo de agregados se trabaja en la provincia de Cotopaxi, se hace un análisis de las minas para conocer si el Agregado Grueso y Agregado Fino cumplen o no con las propiedades mecánicas requeridas para la construcción de obras viales.

El concreto de uso común, o convencional, se produce mediante la mezcla de tres componentes esenciales, cemento, agua y agregados, a los cuales eventualmente se incorpora un cuarto componente que genéricamente se designa como aditivo.

---

[4]: [http://www.mulalo.gob.ec/index.php?option=com\\_content&view](http://www.mulalo.gob.ec/index.php?option=com_content&view).

Una característica importante del concreto es su peso unitario, porque es índice de propiedades que a su vez influyen decisivamente en el empleo que se le da. Como es evidente, dicha característica del concreto depende principalmente del peso específico de los agregados que lo integran.

Consecuentemente, la calidad de los agregados que se utilizan en la preparación de hormigones para obras viales es trascendental aunque hay que tomar en cuenta la afinidad de la matriz cementante con los agregados y su capacidad para trabajar en conjunto. [4].

## **6.4 OBJETIVOS.**

### **6.4.1 Objetivo general.**

Analizar las propiedades mecánicas de los agregados pétreos de las minas de Salcedo, Mulaló y la Maná de la provincia de Cotopaxi.

### **6.4.2 Objetivos específicos.**

- ✓ Realizar ensayos con el fin de obtener las características mecánicas del agregado fino de cada una de las minas.
- ✓ Realizar ensayos para obtener las características mecánicas del agregado grueso de cada una de las minas.
- ✓ Comparar los resultados obtenidos de los ensayos de las tres Minas en estudio.
- ✓ Determinar que material es óptimo para la realización de obras viales.
- ✓ Proponer el uso de los agregados en función de las propiedades físicas y mecánicas que presentan los agregados en estudio.

---

[4]: [http://www.mulalo.gob.ec/index.php?option=com\\_content&view](http://www.mulalo.gob.ec/index.php?option=com_content&view).

## **6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.**

El estudio que se realiza a los agregados es con el fin de obtener resultados de los diferentes ensayos. Las normas técnicas que se aplican en los agregados, que regulan la calidad de los materiales.

Por lo que es necesario encontrarse seguros de las propiedades que cada uno de los agregados, de esta manera tener la certeza de que están utilizando material que se encuentra dentro de las especificaciones técnicas y que aportarán para obtener como resultado una mezcla con todas las normas necesarias, requeridas.

La propuesta es aceptable en base a las siguientes consideraciones:

- ✓ La importancia que tiene los agregados y su utilización en obras viales.

No existe un registro de los agregados pétreos de las minas en estudio que muestre la verdadera importancia de estos materiales en la construcción de obras viales. [4].

## **6.6 FUNDAMENTACIÓN.**

### **6.6.1 PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS.**

Las propiedades del hormigón utilizadas en la construcción de obras viales dependen en gran medida de la calidad es por esto que se hace indispensable realizar un estudio los mismos.

A continuación se presenta el listado de ensayos que se van a realizar a los agregados de las tres minas en estudio.

---

[4]: [http://www.mulalo.gob.ec/index.php?option=com\\_content&view](http://www.mulalo.gob.ec/index.php?option=com_content&view).

**Tabla N° 17**

<b>ENSAYO</b>	<b>NORMA</b>	<b>A. GRUESO</b>	<b>A. FINO</b>
Abrasión	C-131 (NTE INEN 0861:83)	X	
Densidad real y Peso	ASTM C-127 y C-128	X	X
Capacidad de Absorción	ASTM C – 70 (NTE - INEN 0856 y 0857)	X	X
Contenido de Humedad	A.S.T.M. C-566 (NTE- INEN 0862:83)	X	X
Densidad Aparente Suelta y Compactada	A.S.T.M. C-29 (NTE INEN 0858:83)	X	X
Granulometría	ASTM C -136, C-33, C-125	X	X
Límite Líquido	ASTM 423-668		X
Límite plástico	D424-59		X

**Autora:** Egda. Liliana Torres P.

### **6.6.1.1 Ensayos de Abrasión**

En los agregados gruesos una de las propiedades físicas más importantes en el diseño de mezclas es la resistencia a la abrasión o desgaste del agregado grueso. Este ensayo da a conocer del agregado grueso el porcentaje de desgaste que éste sufrirá en condiciones de roce continuo de las partículas con esferas de acero. Esto nos indica la durabilidad y la resistencia y si es el adecuado para la fabricación del hormigón.

La resistencia a la abrasión, desgaste, o dureza de un agregado, es una propiedad que depende principalmente de las características de la roca madre. Para determinar la dureza se utiliza un método indirecto más conocido como el de la Máquina de los Ángeles.

Ensayo de abrasión del agregado grueso ASTM C-131 (NTE INEN 0861:83)

### **Elaboración del ensayo:**

Se toma una cantidad determinada del agregado seco y se coloca junto con la carga abrasiva (carga de bolas de acero cada una de ellas debe pesar entre 390 y 445 gramos) dentro del cilindro (Máquina de los Ángeles), se hace girar éste con una velocidad entre 30 y 33 rpm, girando hasta completar 500 vueltas teniendo en cuenta que la velocidad angular es constante.

Después del número prescrito de revoluciones, descargar el material de la máquina y retirar las esferas. Hacer una separación preliminar del material, tamizándolo por la malla No. 4. El material que pasó la malla No. 4, tamizarlo por la malla No. 12. El material que se retuvo en la malla No. 4, mezclarlo con el que retuvo la No. 12. El material que retuvo la malla No. 12, lavarlo para quitarle los finos adheridos a las partículas. Una vez lavado el material, colocarlo en el horno durante 24 horas hasta secarse a peso constante, a una temperatura de 105° C a 110° C, y se pesa.

Se expresa la diferencia entre el peso original y el peso final de la muestra de prueba como un porcentaje del peso original. Se reporta este valor como el porcentaje de pérdida por abrasión. [5].

$$\text{Pérdida máxima} = \frac{\text{P.inicial} - \text{P.final}}{\text{P. inicial}} * 100 \quad \text{Ec. (5)}$$

#### **6.6.1.2 Densidad Real y Peso Específico.**

La densidad es una propiedad física que está dada por la relación entre peso y volumen de una masa determinada, dicha propiedad es importante tanto para los agregados gruesos como para los finos.

Generalmente estas partículas de agregado tienen poros saturables como no saturables, dependerá de la permeabilidad interna para encontrarse; secos,

[5]: MEDINA, Santiago "Manual de Ensayo de Materiales II".

parcialmente saturados o totalmente saturados.

Hay tres tipos de densidades que se determinan en la relación entre la masa y el volumen del material.

Densidad Real.- Se define como la relación entre la masa en el aire de un volumen dado de agregado, incluyendo los poros no saturables y la masa de un volumen igual de agua destilada libre de gas a una temperatura establecida.

Densidad Aparente.- Definida como la relación entre la masa en el aire de un volumen dado de agregado, incluyendo los poros saturables y no saturables, pero sin incluir los vacíos entre las partículas y la masa de un volumen igual de agua destilada libre de gas a una temperatura establecida.

Densidad Aparente (SSS).- La relación entre la masa en el aire de un volumen dado de agregado, incluyendo la masa del agua dentro de los poros saturables, después de la inmersión en agua durante 24 horas para que no incluya vacíos entre las partículas, comparando con la masa de un volumen igual de agua destilada libre de gas a una temperatura establecida.

### **Elaboración del ensayo:**

Ensayo de densidad real y peso específico del agregado grueso NTC-176(ASTM C-127)

Preparación de la muestra. Se toma una cantidad determinada del agregado y se sumergen durante 24 horas en agua para llenar los poros del material. El material retenido se seca superficialmente para quitar el exceso de agua por encima del de saturación. Siendo ésta la masa saturada superficialmente seca.

Se determina luego la masa del material suspendido y sumergido en agua, finalmente el material se lleva a un secado en horno a  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta peso constante.

**Elaboración del ensayo:**

Ensayo de densidad real y peso específico del agregado fino NTC-237(ASTM C-128)

Preparación de la muestra. Se toma el agregado y se sumerge durante 24 horas en agua para llenar los poros del material. Luego se somete a un secado lento al aire para eliminar el exceso de agua por encima del de saturación.

A medida que la muestra va perdiendo humedad se debe evaluar periódicamente el momento en que está en condiciones de saturada superficialmente seca.

El método consiste en verificar si al llenar el molde tronco cónico y compactar con 25 golpes distribuidos en tres capas con el pisón indicado la muestra conserva su forma, se derrumba totalmente o solo se derrumba la parte superior.

Si la muestra conserva la forma todavía está húmeda, si se derrumba totalmente está seca y si se derrumba solo la parte superior está en la condición de saturación requerida.

Una vez que se logra esta condición de masa saturada superficialmente seca se llevan al frasco volumétrico para medir el volumen de agua desalojado. Se completa el frasco con agua hasta la marca y se pesa. La muestra se extrae del frasco y se lleva a un secado en horno a temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta masa constante. [5].

**6.6.1.3 Capacidad de Absorción.**

Todas las partículas de los agregados tienen porosidades capilares superficiales; estas porosidades capilares atraen al agua que se encuentra

---

[5]: MEDINA, Santiago "Manual de Ensayo de Materiales II".



en el medio y las partículas que llamamos “secas al aire”, en realidad tienen sus poros capilares con agua, en armonía con la humedad ambiental y es variable.

Para realizar la corrección de agua dentro del diseño de mezclas, es necesario conocer el porcentaje de absorción del agregado y el contenido de agua en obra.

Estos valores se acostumbra calcularlos en base al material secado en hornos que es una constante del material.

#### **Elaboración del ensayo:**

Ensayo de capacidad de absorción del agregado grueso y fino. A.S.T.M. C – 70 (NTE - INEN 0856 y 0857)

La capacidad de absorción de los agregados es obtenida mediante un proceso que consiste, primero, en encontrar la cantidad de agua que captan las partículas de los agregados, colocando los agregados en agua durante 24 horas para proceder a secar llegando al estado saturado con superficie seca o estado (SSS); luego el granulado debe ser colocado en un horno, durante 24 horas, con una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ . El resultado queda expresado como un porcentaje de peso de la muestra seca. [5].

#### **6.6.1.4 Contenido de Humedad.**

Los agregados, son materiales constitutivos del hormigón, se los encuentran en estado natural. Dependiendo de la zona o lugar de emplazamiento del material; su grado de humedad en la masa del agregado, variará según las condiciones climáticas.

---

[5]: MEDINA, Santiago "Manual de Ensayo de Materiales II".

## **Elaboración del ensayo**

Ensayo de contenido de humedad de los agregados grueso y fino. A.S.T.M. C- 566 (NTE INEN 0862:83)

El método consiste en pesar las muestras en estado natural y luego en estado seco; de esta forma, determinamos un porcentaje de humedad total. Este grado de humedad será directamente proporcional a la porosidad, se podrá deducir los siguientes estados:

a) Totalmente seco: Se logra mediante un secado al horno a 110°C hasta que los agregados tengan un peso constante, luego de un período de 24 horas.

b) Parcialmente seco: Se lo encuentra en estado natural (exposición al aire libre).

c) Saturado y superficialmente seco (SSS): Es un estado límite de humedad en los agregados, consiste en saturar los poros con agua pero la superficie debe encontrarse seca. El mencionado, estado solo se logra en laboratorio, con fines de investigación.

d) Sobresaturado: Los agregados están llenos de agua, además, existe agua libre en la superficie.

La humedad libre, es la capa superficial de agua que rodea al agregado, igual a la diferencia entre humedad total y absorción del agregado; la humedad total se define como, la cantidad total que posee un agregado. Cuando la humedad libre es positiva, el agregado está aportando agua a la mezcla; si es negativa, el agregado está quitando agua a la mezcla. [5].

### **6.6.1.5 Densidad aparente suelta y compactada.**

La densidad de un agregado, es el peso del agregado que se requiere para llenar un recipiente con un volumen determinado.

---

[5]: MEDINA, Santiago "Manual de Ensayo de Materiales II".

El volumen al que se hace referencia, es ocupado por los agregados y los vacíos entre las partículas de agregado.

Entonces, se dice que es, la relación entre el número de partículas en un volumen dado, la Densidad aparente suelta será de menor proporción a la Densidad

Compactada, debido a que el número de partículas sueltas dentro de un determinado volumen tiene mayor relación de vacíos, provocando un peso menor, en la masa que ocupará el volumen del recipiente.

Mientras que para la Densidad Compactada del mismo material, el peso será mayor, ya que al momento de su compactación, se reduce considerablemente la relación de vacíos que existe en el mismo volumen y por lo tanto su densidad aumentará. Conocer este tipo de densidades nos ayuda para los cálculos del diseño de mezclas.

### **Elaboración del ensayo**

Ensayo de densidad aparente suelta y compactada de los agregados grueso y fino. A.S.T.M. C-29 (NTE INEN 0858:83).

Densidad suelta.- Llene el recipiente con el agregado del que se va a realizar el ensayo ya se fino o grueso únicamente con la pala desde una altura que no exceda las 2 pulg. (50 mm) sobre la parte superior del recipiente. Evite al máximo la segregación de las partículas de la muestra. Nivele la superficie de los áridos con los dedos o con una regla de manera que las proyecciones de las piezas grandes de los áridos gruesos rellenen equilibradamente los espacios más grandes que aparecen bajo la superficie del recipiente.

Determine la masa del recipiente con su contenido y la masa del recipiente solo, e informe los valores aproximados a la 0,1 lb (0,05 kg) más cercana.

Densidad compactada.- Llene un tercio del recipiente y nivele la superficie con los dedos. Apisone la capa de áridos con 25 golpes de pisón distribuidos en forma pareja sobre la superficie.

Llene el segundo tercio del recipiente y nuevamente nivele y apisone de la manera indicada. Finalmente, llene el recipiente hasta rebalsar y apisone de la manera señalada. Nivele la superficie de los áridos con los dedos o con una regla de manera que las partículas más grandes de los áridos gruesos rellenen equilibradamente los espacios más grandes que aparezcan en la superficie. Al apisonar la primera capa, no se debe apisonar o golpear violentamente el fondo del recipiente. Al apisonar la segunda y tercera capa, hágalo vigorosamente, pero sin que el pisón atraviese la capa previa de áridos. Determine la masa del recipiente con su contenido, y la masa del recipiente solo, e informe los valores aproximados a la 0,1 lb (0,05 kg) más cercana.

Densidad de la mezcla compactada.- También se determina el peso unitario de la mezcla de los agregados, para lo cual se irá mezclando proporcionalmente los agregados grueso y fino (90% de grueso y 10% de fino). Esta operación se la realiza hasta cuando el peso de la muestra baje, esto significa que el peso de la muestra será menor. Luego de realizada la mezcla se siguen los pasos de la densidad compactada. [5].

#### **6.6.1.6 Granulometría.**

La granulometría adecuada para un hormigón consiste en una combinación adecuada de tamaño de las partículas, debiendo cumplir con el postulado de que el agregado debe ocupar el mayor volumen posible dentro del hormigón.

Los vacíos que se forman dentro de la masa de hormigón debido a la variedad de tamaños de los agregados, interviene en la docilidad de la mezcla; ya que, para obtener un hormigón de buena calidad, debemos tener una variedad de tamaños en los diferentes agregados de la mezcla, ya que, si no cumplen con ciertas consideraciones granulométricas, los espacios vacíos deberán llenarse con pasta haciendo un hormigón costoso.

---

[5]: MEDINA, Santiago "Manual de Ensayo de Materiales II".

El Ing. Norteamericano D. A. Abrams fue uno de los primeros en investigar la granulometría de los agregados y propuso un procedimiento para determinar la distribución de partículas que produce resultados satisfactorios.

El procedimiento propuesto consiste en separar, mediante tamices, los diferentes tamaños de las partículas y luego reagruparlos en determinados porcentajes. Este procedimiento ha sido adoptado casi mundialmente, aunque con algunas variantes.

Las normas ASTM que hicieron suyo este procedimiento, recomiendan el uso de tamices de aberturas cuadradas.

### **Elaboración del ensayo**

Ensayo de granulometría de los agregados fino y grueso. ASTM C -136,

ASTM C-33, ASTM C – 125 (INEN 872).

El procedimiento consiste en colocar los tamices (Tablas N°1) en serie, uno sobre otro, poner el material calibrado sobre el tamiz mayor y realizar las operaciones de agitado, luego se pesa el retenido en cada tamiz, se calcula el porcentaje que pasa y se compara con curvas granulométricas establecidas. [5].

---

[5]: MEDINA, Santiago "Manual de Ensayo de Materiales II".

**Tabla N° 1.- Tamaños de los tamíces**

<b>NORMAS INEN</b>	<b>NORMA A.S.T.M</b>
53 mm	2 1/2 y 2 pulg
37.5 mm	1 1/2 pulg
26.5 mm	1 pulg
19 mm	3/4 pulg
13.2 mm	1/2 pulg
9.5 mm	3/8 pulg
4.75 mm	N° 4
2.36 mm	N° 8
1.18 mm	N° 16
0.60 mm	N° 30
0.30 mm	N° 50
0.150 mm	N° 100
0.075 mm	N° 200

La Curva Granulométrica representa en el eje de las ordenadas el porcentaje acumulado que pasa el tamiz y en el eje de las abscisas las aberturas del tamiz en escala logarítmica.

De las curvas granulométricas se obtiene dos criterios fundamentales que son básicos para el diseño de mezclas, estos son, el tamaño nominal máximo para el agregado grueso y el módulo de finura para el agregado fino.

**Tabla N° 2.- Requisitos granulométricos para agregados gruesos**

<b>TAMIZ</b>		<b>LÍMITE (% QUE PASA)</b>	
<b>ASTM C33</b>	<b>APERTURA (mm)</b>	<b>INFERIOR</b>	<b>SUPERIOR</b>
2"	53	100	100
1 1/2 "	37.5	95	100
1"	26.5	-	-
3/4"	19	35	70
1/2"	13.2	-	-
3/8"	9.5	10	30
# 4	4.75	0	5

Tamaño máximo: Es la primera malla por la que pasa todo el agregado grueso pero se retiene el 5% o menos, en la malla siguiente.

**Tabla N° 3.- Requisitos granulométricos para agregados finos**

TAMIZ		LÍMITE (% QUE PASA)	
ASTM C33	APERTURA (mm)	INFERIOR	SUPERIOR
3/8"	9.5	100	100
#4	4.75	95	100
#8	2.36	80	100
#16	1.18	50	85
#30	0.6	25	60
#50	0.3	10	30
#100	0.15	2	10

Módulo de Fineza (Agregado Fino): Es la suma de los porcentajes acumulados retenidos en las mallas N°. 4, 8, 16, 30, 50 y 100 y posteriormente dividido entre 100.

El Módulo de fineza típico varía entre 2.3 y 3.1, representando el valor más alto una granulometría gruesa. [5].

#### **6.6.1.7 Límite Líquido**

El límite líquido está definido, como el contenido de humedad con el cual una masa de suelo colocada en un recipiente en forma de cuchara (aparato de Casagrande), se separa con una herramienta patrón (ranurador), se deja caer desde una altura de 1 cm. y sufre el cierre de esa ranura en 1 cm. después de 25 golpes de la cuchara contra una base de caucho dura o similar.

Casagrande (1932), determinó que el límite líquido es una medida de resistencia al corte del suelo a un determinado contenido de humedad y que cada golpe necesario para cerrar el surco, corresponde a un esfuerzo cortante cercano a 1 gr/cm<sup>2</sup>.

La muestra de ensayo debe ser igual o mayor que 100 gr. y pasar completamente por el tamiz de 0,5 mm. (Malla N°40 ASTM).

### Equipo necesario

Aparato de límite líquido (máquina de Casagrande), el que consiste en una taza (cuchara) de bronce con una masa de  $200 \pm 20$  gr., montada en un dispositivo de apoyo fijado a una base de caucho, madera o plástico duro (figura 1.9).

Casagrande, mango de calibre de 1 cm. para verificar altura de caída de la cuchara (figura 1.10.).

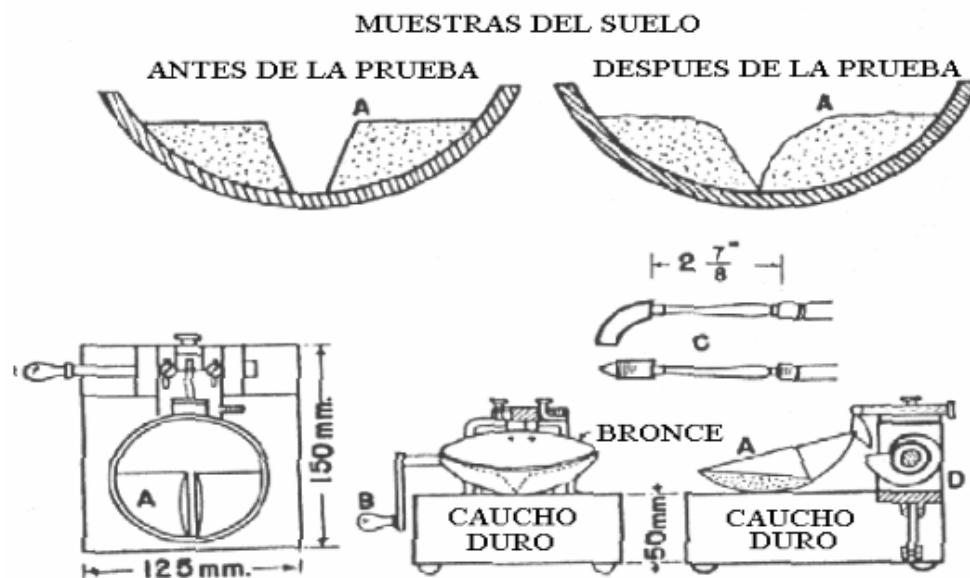
Plato de evaporación de porcelana de 120 mm. de diámetro.

Espátula hoja flexible de 20 mm. de ancho y 70 mm. de largo.

Horno de secado con circulación de aire y temperatura regulable capaz de mantenerse en  $110^{\circ} \pm 5^{\circ}$  C.

Balanza de precisión de 0,01 gr.

Herramientas y accesorios. Placas de vidrio, agua destilada, recipientes herméticos, malla N° 40 ASTM y probeta de 25 ml de capacidad.





**Procedimiento:**

Se pone la muestra en el plato de evaporación agregándole suficiente cantidad de agua destilada, mezclando con la espátula hasta lograr una pasta homogénea. Esta muestra debe curarse durante el tiempo que sea necesario para lograr una adecuada distribución de la humedad.

Se coloca el aparato de límite líquido sobre una base firme (verificando que esté limpia y seca) y se deposita en la taza unos 50 a 70 grs. del material preparado previamente, para luego alisar la superficie con la espátula, de modo que la altura obtenida en el centro sea de 10 mm. y la masa ocupe un volumen de 16 cm<sup>3</sup> aproximadamente. Una vez enrasado, se pasa el acanalador para dividir la pasta en dos partes, a través de un surco de 63 mm. de longitud. Si se presentan desprendimientos de la pasta en el fondo de la taza, se debe retirar todo el material y reiniciar el procedimiento.

Cuando se tiene el surco, se gira la manivela del aparato con una frecuencia de 2 golpes por segundo, contando el número de golpes necesarios para que la ranura cierre en 10 mm. de longitud en el fondo de ella (secuencia en la figura 1.11.). Finalmente, se toman aproximadamente 10 grs. del material que se junta en fondo del surco para determinar la humedad.

**Observaciones.**

Variables que pueden afectar el resultado de la prueba del límite líquido, son por ejemplo: utilizar una porción mayor de suelo a ensayar en la cuchara, no cumplir con la frecuencia de golpes especificada (2 golpes por segundo), el tiempo en realizar la prueba y la humedad del laboratorio.

También podrá afectar el tipo de herramienta empleada para hacer la ranura. La desarrollada por Casagrande, tiene la ventaja de permitir un mejor control de la profundidad de la pasta de suelos en la cuchara, en cambio la de ASTM es mejor para suelos con bajo límite líquido, en los cuales es generalmente difícil hacer la ranura, como sucede con materiales arenosos y limosos.

Para éstos suelos, sería incluso necesario formar parcialmente la ranura con la ayuda de la espátula, después de lo cual la ranura puede ser retocada con cualquiera de los ranuradores patrón.

La altura de caída de la cuchara debe ser verificada antes de comenzar un ensayo, utilizando el mango de calibre de 10 mm. adosado al ranurador. En caso de no tener la altura especificada (1 cm.), se aflojan los tornillos de fijación y se mueve el de ajuste hasta obtener la altura requerida.

El tiempo de curado varía según el tipo de suelo. En suelos de alta plasticidad se requerirá de por lo menos 24 horas, en cambio en suelos de baja plasticidad, este plazo puede ser mucho menor e incluso en ciertos casos puede eliminarse.

En suelos arcillosos el acanalador será pasado una vez, en cambio para limos se requerirán 2 a 3 pasadas, limpiando cada vez el acanalador.

#### **6.6.1.7 Límite Plástico**

El límite plástico se ha definido arbitrariamente como el contenido de humedad del suelo al cual un cilindro de éste, se rompe o resquebraja al amasado presentando un diámetro de aproximadamente 3 mm.

Esta prueba es bastante subjetiva, es decir, depende del operador, el cual debe ayudarse con un alambre u otro material de 3 mm. de diámetro para hacer la comparación y establecer el momento en que el suelo se resquebraja y presenta el diámetro especificado.

La muestra necesaria para realizar este ensayo deberá tener un peso aproximado de 20 grs. y pasar completamente por el tamiz de 0,5 mm. (malla N° 40 ASTM).

#### **Equipo necesario.**

- Plato de evaporación de porcelana de 120 mm. de diámetro.
- Espátula hoja flexible 20 mm. de ancho y 70 mm. de largo.
- Placa de vidrio esmerilado o mármol como superficie de amasado.

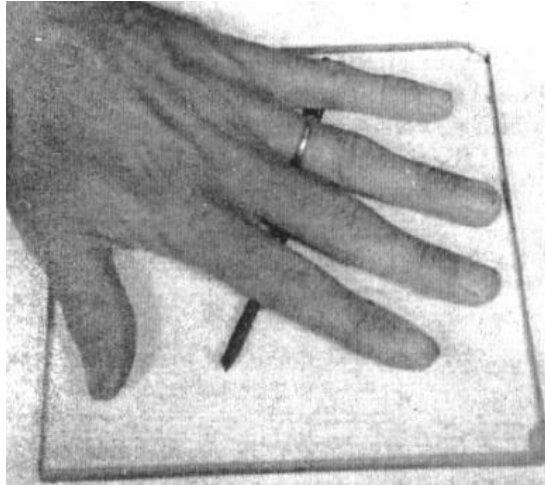
- Horno de secado con circulación de aire y temperatura regulable capaz de mantenerse en  $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$ .
- Patrón de comparación, puede usarse un alambre ó plástico de 3 mm. de diámetro.
- Balanza de precisión de 0,01 gr.
- Probeta de 25 ml. de capacidad.
- Herramientas y accesorios. Malla N° 40 ASTM, agua destilada y recipientes herméticos.

**Procedimiento.** La muestra de ensayo se prepara de manera idéntica a la descrita en el límite líquido, o bien puede usarse la misma muestra que se usó en ese ensayo, en la etapa en que la pasta de suelo se vuelva lo suficientemente plástica para moldearla como una esfera.

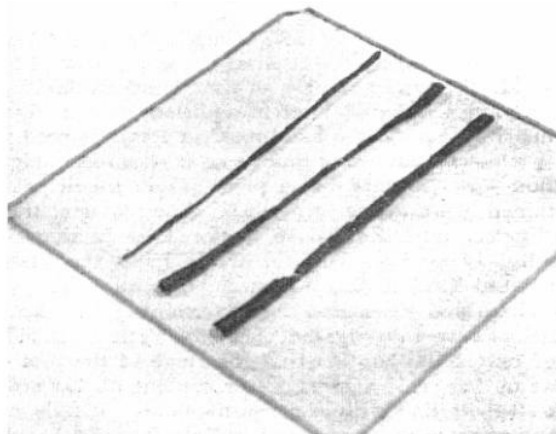
Se toma una porción de suelo de aproximadamente 1 cm, se amasa entre las manos (figura 1.14.) y se hace rodar con la palma de la mano o la base del pulgar, por sobre la superficie de amasado, formando un cilindro. Cuando se alcance un diámetro aproximado a 3 mm. se dobla y amasa nuevamente, para volver a formar el cilindro, lo que se repite hasta que el cilindro se disgregue al llegar al diámetro de 3 mm. en trozos de tamaño de 0,5 a 1 cm. de largo y no pueda ser reamasado ni reconstituido (figura 1.15.).

El contenido de humedad que tiene el suelo en ese momento representa el límite plástico, el cual se determina colocando las fracciones de suelo en un recipiente, secándolas al horno. Se deben hacer tres determinaciones que no difieran entre sí en más de 2%, en caso contrario deberá repetirse el ensayo.

Forma de amasar la muestra de suelo.



Resultado del amasado.



---

[5]: MEDINA, Santiago "Manual de Ensayo de Materiales II".

## 6.7 METODOLOGÍA.

### 6.7.1 ENSAYO DE LOS AGREGADOS.

#### 6.7.1.1 Ensayos de Abrasión del Agregado Grueso.

Tabla N°18

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL			
ESTUDIO DE LAS FUENTES DE MATERIAL PÉTREO DE LA MINA DE MULALÓ, SALCEDO Y LA MANÁ; PROVINCIA DE COTOPAXI Y SU UTILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES.			
<b>MUESTRAS</b> <b>TOMADAS DE:</b> MINA SAN JOAQUÍN DE MULALÓ. <b>ENSAYADO POR:</b> Egda. Liliana Torres. <b>FECHA:</b> 14 de Abril de 2014.			
ENSAYO DE ABRASIÓN DEL AGREGADO GRUESO			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRA 1	MUESTRA 2
Peso inicial de la muestra	gr.	5000.00	5000.00
Peso final de la muestra después del ensayo (Retiene tamiz N° 12)	gr.	2987.50	3001.80
Peso final de la muestra después del ensayo (Pasa tamiz N° 12)	gr.	2012.50	1998.20
Porcentaje de desgaste	%	40.25	39.96
Promedio de desgaste	%	40.11	

**Autora:** Egda. Liliana Torres P.

### 6.7.1.2 Ensayos de Abrasión del Agregado Grueso.

Tabla N° 19

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL			
ESTUDIO DE LAS FUENTES DE MATERIAL PÉTREO DE LA MINA DE MULALÓ, SALCEDO Y LA MANÁ; PROVINCIA DE COTOPAXI Y SU UTILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES.			
<b>MUESTRAS</b>			
<b>TOMADAS DE:</b>		MINA EL PROGRESO DE LA MANÁ.	
<b>ENSAYADO POR:</b>		Egda. Liliana Torres.	
<b>FECHA:</b>		14 de Abril de 2014.	
ENSAYO DE ABRASIÓN DEL AGREGADO GRUESO			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRA 1	MUESTRA 2
Peso inicial de la muestra	gr.	5000.00	5000.00
Peso final de la muestra después del ensayo (Retiene tamiz N° 12)	gr.	3245.60	3201.20
Peso final de la muestra después del ensayo (Pasa tamiz N° 12)	gr.	1754.40	1798.80
Porcentaje de desgaste	%	35.09	35.98
Promedio de desgaste	%	35.53	

**Autora:** Egda. Liliana Torres P.

### 6.7.1.3 Ensayos de Abrasión del Agregado Grueso.

Tabla N° 20

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL			
ESTUDIO DE LAS FUENTES DE MATERIAL PÉTREO DE LA MINA DE MULALÓ, SALCEDO Y LA MANÁ; PROVINCIA DE COTOPAXI Y SU UTILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES.			
<b>MUESTRAS</b>			
<b>TOMADAS DE:</b>		MINA SALACHE DE SALCEDO.	
<b>ENSAYADO POR:</b>		Egda. Liliana Torres.	
<b>FECHA:</b>		14 de Abril de 2014.	
ENSAYO DE ABRASIÓN DEL AGREGADO GRUESO			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRA 1	MUESTRA 2
Peso inicial de la muestra	gr.	5000.00	5000.00
Peso final de la muestra después del ensayo (Retiene tamiz N° 12)	gr.	3006.50	2932.80
Peso final de la muestra después del ensayo (Pasa tamiz N° 12)	gr.	1993.50	2067.20
Porcentaje de desgaste	%	39.87	41.34
Promedio de desgaste	%	40.61	

**Autora:** Egda. Liliana Torres P.

#### 6.7.1.4 Ensayos de la densidad real del Agregado Fino.

Tabla N° 21

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL		
ESTUDIO DE LAS FUENTES DE MATERIAL PÉTREO DE LA MINA DE MULALÓ, SALCEDO Y LA MANÁ; PROVINCIA DE COTOPAXI Y SU UTILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES.		
<b>MUESTRAS</b>		
<b>TOMADAS DE:</b>	MINA SALACHE DE SALCEDO.	
<b>ENSAYADO POR:</b>	Egda. Liliana Torres.	
<b>FECHA:</b>	14 de Abril de 2014.	
DENSIDAD REAL DEL AGREGADO FINO		
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRA 1
M1 = Masa del Picnómetro.	gr.	168.60
M2 = Masa del Picnómetro + Muestra SSS.	gr.	377.60
M3 = Masa del Picnómetro + Muestra SSS + Agua.	gr.	795.90
M4 = Masa Agua Añadida = M3 - M2	gr.	418.30
M5 = Masa del Picnómetro + 500 cm <sup>3</sup> de Agua	gr.	658.40
M6 = Masa 500 cm <sup>3</sup> de Agua = M5 - M1	gr.	489.80
Da = Densidad del agua = M6 / 500 cm <sup>3</sup>	gr/cm <sup>3</sup> .	0.98
M7 = Masa del Agua Desalojada por la Muestra = M6 - M4	gr	71.50
MSSS = Masa de Agregado = M2 - M1	cm <sup>3</sup> .	321.20
VSSS = Volumen del agua desalojada = M7 / DA	----	72.99
DRA = Densidad SSS del Agregado fino = MSSS/VSSS	gr/cm <sup>3</sup> .	4.40

**Autora:** Egda. Liliana Torres P.



### 6.7.1.5 Ensayos de la densidad real del Agregado Fino.

Tabla N° 22

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL		
ESTUDIO DE LAS FUENTES DE MATERIAL PÉTREO DE LA MINA DE MULALÓ, SALCEDO Y LA MANÁ; PROVINCIA DE COTOPAXI Y SU UTILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES.		
<b>MUESTRAS</b> <b>TOMADAS DE:</b> MINA EL PROGRESO DE LA MANÁ. <b>ENSAYADO POR:</b> Egda. Liliana Torres. <b>FECHA:</b> 14 de Abril de 2014.		
DENSIDAD REAL DEL AGREGADO FINO		
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRA 1
M1 = Masa del Picnómetro.	gr.	167.90
M2 = Masa del Picnómetro + Muestra SSS.	gr.	378.40
M3 = Masa del Picnómetro + Muestra SSS + Agua.	gr.	792.60
M4 = Masa Agua Añadida = M3 - M2	gr.	414.20
M5 = Masa del Picnómetro + 500 cm <sup>3</sup> de Agua	gr.	656.40
M6 = Masa 500 cm <sup>3</sup> de Agua = M5 - M1	gr.	488.50
Da = Densidad del agua = M6 / 500 cm <sup>3</sup>	gr/cm <sup>3</sup> .	0.98
M7 = Masa del Agua Desalojada por la Muestra = M6 - M4	gr	74.30
MSSS = Masa de Agregado = M2 - M1	cm <sup>3</sup> .	320.60
VSSS = Volumen del agua desalojada = M7 / DA	----	76.05
DRA = Densidad SSS del Agregado fino = MSSS/VSSS	gr/cm <sup>3</sup> .	4.22

**Autora:** Egda. Liliana Torres P.

### 6.7.1.6 Ensayos de la densidad real del Agregado Fino.

Tabla N°23

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL		
ESTUDIO DE LAS FUENTES DE MATERIAL PÉTREO DE LA MINA DE MULALÓ, SALCEDO Y LA MANÁ; PROVINCIA DE COTOPAXI Y SU UTILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES.		
<b>MUESTRAS TOMADAS DE:</b> MINA SAN JOAQUÍN DE MULALÓ. <b>ENSAYADO POR:</b> Egda. Liliana Torres. <b>FECHA:</b> 14 de Abril de 2014.		
DENSIDAD REAL DEL AGREGADO FINO		
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRA 1
M1 = Masa del Picnómetro.	gr.	164.80
M2 = Masa del Picnómetro + Muestra SSS.	gr.	369.70
M3 = Masa del Picnómetro + Muestra SSS + Agua.	gr.	789.30
M4 = Masa Agua Añadida = M3 - M2	gr.	419.60
M5 = Masa del Picnómetro + 500 cm <sup>3</sup> de Agua	gr.	651.70
M6 = Masa 500 cm <sup>3</sup> de Agua = M5 - M1	gr.	486.90
Da = Densidad del agua = M6 / 500 cm <sup>3</sup>	gr/cm <sup>3</sup> .	0.97
M7 = Masa del Agua Desalojada por la Muestra = M6 - M4	gr	67.30
MSSS = Masa de Agregado = M2 - M1	cm <sup>3</sup> .	322.10
VSSS = Volumen del agua desalojada = M7 / DA	----	69.11
DRA = Densidad SSS del Agregado fino = MSSS/VSSS	gr/cm <sup>3</sup> .	4.66

**Autora:** Egda. Liliana Torres P.

### 6.7.1.7 Ensayos de la densidad real del Agregado Grueso.

Tabla N°24

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO		
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL		
ESTUDIO DE LAS FUENTES DE MATERIAL PÉTREO DE LA MINA DE MULALÓ, SALCEDO Y LA MANÁ; PROVINCIA DE COTOPAXI Y SU UTILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES.		
<b>MUESTRAS</b> <b>TOMADAS DE:</b> MINA SALACHE DE SALCEDO. <b>ENSAYADO POR:</b> Egda. Liliana Torres. <b>FECHA:</b> 14 de Abril de 2014.		
DENSIDAD REAL DEL AGREGADO GRUESO		
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRA 1
M1 = Masa de la canastilla al aire.	gr.	1801.06
M2 = Masa de la canastilla en el agua.	gr.	1509.70
M3 = Masa de la canastilla + Muestra SSS en el aire.	gr.	13451.06
M4 = Masa de la canastilla + Muestra SSS en el agua.	gr.	9002.60
Da = Densidad del agua.	gr/cm <sup>3</sup> .	1.00
M5 = Masa de la Muestra SSS en el aire.	gr.	11650.00
M6 = Masa de la Muestra SSS en el agua.	gr.	7492.90
VR = Volumen Real de la Muestra.	cm <sup>3</sup> .	4157.10
DRR = Densidad en estado SSS del Agregado Grueso = $M5 / VR$	gr/cm <sup>3</sup> .	2.80

**Autora:** Egda. Liliana Torres P.

### 6.7.1.8 Ensayos de la densidad real del Agregado Grueso.

Tabla N°25

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL		
ESTUDIO DE LAS FUENTES DE MATERIAL PÉTREO DE LA MINA DE MULALÓ, SALCEDO Y LA MANÁ; PROVINCIA DE COTOPAXI Y SU UTILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES.		
<b>MUESTRAS TOMADAS DE:</b> MINA EL PROGRESO DE LA MANÁ. <b>ENSAYADO POR:</b> Egda. Liliana Torres. <b>FECHA:</b> 14 de Abril de 2014.		
DENSIDAD REAL DEL AGREGADO GRUESO		
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRA 1
M1 = Masa de la canastilla al aire.	gr.	1812.54
M2 = Masa de la canastilla en el agua.	gr.	1516.72
M3 = Masa de la canastilla + Muestra SSS en el aire.	gr.	13566.75
M4 = Masa de la canastilla + Muestra SSS en el agua.	gr.	9054.75
Da = Densidad del agua.	gr/cm <sup>3</sup> .	1.00
M5 = Masa de la Muestra SSS en el aire.	gr.	11754.21
M6 = Masa de la Muestra SSS en el agua.	gr.	7538.03
VR = Volumen Real de la Muestra.	cm <sup>3</sup> .	4216.18
DRR = Densidad en estado SSS del Agregado Grueso = M5 / VR	gr/cm <sup>3</sup> .	2.79

**Autora:** Egda. Liliana Torres P.

### 6.7.1.9 Ensayos de la densidad real del Agregado Grueso.

Tabla N°26

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL		
ESTUDIO DE LAS FUENTES DE MATERIAL PÉTREO DE LA MINA DE MULALÓ, SALCEDO Y LA MANÁ; PROVINCIA DE COTOPAXI Y SU UTILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES.		
<b>MUESTRAS TOMADAS DE:</b> MINA SAN JOAQUÍN DE MULALÓ. <b>ENSAYADO POR:</b> Egda. Liliana Torres. <b>FECHA:</b> 14 de Abril de 2014.		
DENSIDAD REAL DEL AGREGADO GRUESO		
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRA 1
M1 = Masa de la canastilla al aire.	gr.	1798.96
M2 = Masa de la canastilla en el agua.	gr.	1472.64
M3 = Masa de la canastilla + Muestra SSS en el aire.	gr.	13678.23
M4 = Masa de la canastilla + Muestra SSS en el agua.	gr.	9102.36
Da = Densidad del agua.	gr/cm <sup>3</sup> .	1.00
M5 = Masa de la Muestra SSS en el aire.	gr.	11879.27
M6 = Masa de la Muestra SSS en el agua.	gr.	7629.72
VR = Volumen Real de la Muestra.	cm <sup>3</sup> .	4249.55
DRR = Densidad en estado SSS del Agregado Grueso = M5 / VR	gr/cm <sup>3</sup> .	2.80

**Autora:** Egda. Liliana Torres P.

### 6.7.1.10 Ensayos de la capacidad de absorción del Agregado Fino.

Tabla N° 27

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL			
ESTUDIO DE LAS FUENTES DE MATERIAL PÉTREO DE LAS MINA DE MULALÓ, SALCEDO Y LA MANÁ; PROVINCIA DE COTOPAXI Y SU UTILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES.			
<b>MUESTRAS TOMADAS DE:</b> MINA SALACHE DE SALCEDO. <b>ENSAYADO POR:</b> Egda. Liliana Torres. <b>FECHA:</b> 14 de Abril de 2014.			
CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRA 1	MUESTRA 2
M8 = Masa del recipiente	gr.	32.40	32.95
M9 = Masa del recipiente + Muestra SSS	gr.	72.75	74.95
M10 = Masa de la Muestra SSS = M9 - M8	gr.	40.35	42.00
M11 = Masa del recipiente + Muestra seca	gr.	72.28	74.30
M12 = Masa de la Muestra Seca = M11 - M8	gr.	39.88	41.35
Pab.A = Capacidad de Absorción = $((M9-M11)/M11)*100$	%	0.65	0.87
Promedio	%	0.76	

**Autora:** Egda. Liliana Torres P.

### 6.7.1.11 Ensayos de la capacidad de absorción del Agregado Fino.

Tabla N° 28

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL			
ESTUDIO DE LAS FUENTES DE MATERIAL PÉTREO DE LA MINA DE MULALÓ, SALCEDO Y LA MANÁ; PROVINCIA DE COTOPAXI Y SU UTILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES.			
<b>MUESTRAS TOMADAS DE:</b> MINA EL PROGRESO DE LA MANÁ. <b>ENSAYADO POR:</b> Egda. Liliana Torres. <b>FECHA:</b> 14 de Abril de 2014.			
CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRA 1	MUESTRA 2
M8 = Masa del recipiente	gr.	35.46	34.50
M9 = Masa del recipiente + Muestra SSS	gr.	79.06	80.17
M10 = Masa de la Muestra SSS = M9 - M8	gr.	43.60	45.67
M11 = Masa del recipiente + Muestra seca	gr.	78.37	79.55
M12 = Masa de la Muestra Seca = M11 - M8	gr.	42.91	45.05
Pab.A = Capacidad de Absorción = $((M9-M11)/M11)*100$	%	0.88	0.78
Promedio	%	0.83	

**Autora:** Egda. Liliana Torres P.

### 6.7.1.12 Ensayos de la capacidad de absorción del Agregado Fino.

Tabla N°29

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL			
ESTUDIO DE LAS FUENTES DE MATERIAL PÉTREO DE LA MINA DE MULALÓ, SALCEDO Y LA MANÁ; PROVINCIA DE COTOPAXI Y SU UTILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES.			
<b>MUESTRAS</b> <b>TOMADAS DE:</b> MINA SAN JOAQUIN DE MULALÓ. <b>ENSAYADO POR:</b> Egda. Liliana Torres. <b>FECHA:</b> 14 de Abril de 2014.			
CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRA 1	MUESTRA 2
M8 = Masa del recipiente	gr.	35.16	35.11
M9 = Masa del recipiente + Muestra SSS	gr.	78.76	80.78
M10 = Masa de la Muestra SSS = M9 - M8	gr.	43.60	45.67
M11 = Masa del recipiente + Muestra seca	gr.	78.07	80.16
M12 = Masa de la Muestra Seca = M11 - M8	gr.	42.91	45.05
Pab.A = Capacidad de Absorción $=((M9-M11)/M11)*100$	%	0.88	0.77
Promedio	%	0.83	

**Autora:** Egda. Liliana Torres P.



6.7.1.13 Ensayos de la capacidad de absorción del agregado grueso.

Tabla N°30

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL			
ESTUDIO DE LAS FUENTES DE MATERIAL PÉTREO DE LA MINA DE MULALÓ, SALCEDO Y LA MANÁ; PROVINCIA DE COTOPAXI Y SU UTILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES.			
<b>MUESTRAS TOMADAS DE:</b> MINA SALACHE DE SALCEDO. <b>ENSAYADO POR:</b> Egda. Liliana Torres. <b>FECHA:</b> 14 de Abril de 2014.			
CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRA 1	MUESTRA 2
M7 = Masa del recipiente	gr.	138.65	136.79
M8 = Masa del recipiente + Muestra SSS	gr.	619.65	615.79
M9 = Masa de la Muestra SSS = M9 - M8	gr.	481.00	479.00
M10 = Masa del recipiente + Muestra seca	gr.	597.35	591.29
M11 = Masa de la Muestra Seca = M11 - M8	gr.	458.70	454.50
Pab.A = Capacidad de Absorción = $((M9-M11)/M11)*100$	%	4.86	4.14
Promedio	%	4.50	

**Autora:** Egda. Liliana Torres P.

### 6.7.1.14 Ensayos de la capacidad de absorción del agregado grueso.

Tabla N°31

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL			
ESTUDIO DE LAS FUENTES DE MATERIAL PÉTREO DE LA MINA DE MULALÓ, SALCEDO Y LA MANÁ; PROVINCIA DE COTOPAXI Y SU UTILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES.			
<b>MUESTRAS</b> <b>TOMADAS DE:</b> MINA EL PROGRESO DE LA MANÁ. <b>ENSAYADO POR:</b> Egda. Liliana Torres. <b>FECHA:</b> 14 de Abril de 2014.			
CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRA 1	MUESTRA 2
M7 = Masa del recipiente	gr.	140.32	137.81
M8 = Masa del recipiente + Muestra SSS	gr.	621.32	616.81
M9 = Masa de la Muestra SSS = M9 - M8	gr.	481.00	479.00
M10 = Masa del recipiente + Muestra seca	gr.	604.02	595.61
M11 = Masa de la Muestra Seca = M11 - M8	gr.	463.70	457.80
Pab.A = Capacidad de Absorción = $((M9-M11)/M11)*100$	%	3.73	3.56
Promedio	%	3.65	

**Autora:** Egda. Liliana Torres P.

### 6.7.1.15 Ensayos de la capacidad de absorción del agregado grueso.

Tabla N°32

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL			
ESTUDIO DE LAS FUENTES DE MATERIAL PÉTREO DE LA MINA DE MULALÓ, SALCEDO Y LA MANÁ; PROVINCIA DE COTOPAXI Y SU UTILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES.			
<b>MUESTRAS</b> <b>TOMADAS DE:</b> MINA SAN JOAQUÍN DE MULALÓ. <b>ENSAYADO POR:</b> Egda. Liliana Torres. <b>FECHA:</b> 14 de Abril de 2014.			
CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRA 1	MUESTRA 2
M7 = Masa del recipiente	gr.	139.53	137.97
M8 = Masa del recipiente + Muestra SSS	gr.	620.53	616.97
M9 = Masa de la Muestra SSS = M9 - M8	gr.	481.00	479.00
M10 = Masa del recipiente + Muestra seca	gr.	594.23	592.77
M11 = Masa de la Muestra Seca = M11 - M8	gr.	454.70	454.80
Pab.A = Capacidad de Absorción $=((M9-M11)/M11)*100$	%	5.78	4.08
Promedio	%	4.93	

**Autora:** Egda. Liliana Torres P.

6.7.1.16 Ensayos del contenido de humedad del agregado grueso.

Tabla N°33

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>			
<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
ESTUDIO DE LAS FUENTES DE MATERIAL PÉTREO DE LA MINA DE MULALÓ, SALCEDO Y LA MANÁ; PROVINCIA DE COTOPAXI Y SU UTILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES.			
<b>MUESTRAS</b> <b>TOMADAS DE:</b> MINA SAN JOAQUÍN DE MULALÓ. <b>ENSAYADO POR:</b> Egda. Liliana Torres. <b>FECHA:</b> 14 de Abril de 2014.			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO</b>			
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>MUESTRA 1</b>	<b>MUESTRA 2</b>
Peso del recipiente	gr.	279.60	283.11
Peso del recipiente + Ag. Grueso natural.	gr.	1779.60	1783.11
Peso Ag. Grueso natural.	gr.	1500.00	1500.00
Peso del recipiente+ Ag. Grueso seco.	gr.	1767.20	1772.64
Peso Ag. Grueso seco	gr.	1487.60	1489.53
Contenido de humedad.	%	0.83	0.70
Promedio	%	0.77	

**Autora:** Egda. Liliana Torres P.

6.7.1.17 Ensayos del contenido de humedad del agregado grueso.

Tabla N°34

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>			
<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
ESTUDIO DE LAS FUENTES DE MATERIAL PÉTREO DE LA MINA DE MULALÓ, SALCEDO Y LA MANÁ; PROVINCIA DE COTOPAXI Y SU UTILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES.			
<b>MUESTRAS</b> <b>TOMADAS DE:</b> MINA SALACHE DE SALCEDO. <b>ENSAYADO POR:</b> Egda. Liliana Torres. <b>FECHA:</b> 14 de Abril de 2014.			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO</b>			
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>MUESTRA 1</b>	<b>MUESTRA 2</b>
Peso del recipiente	gr.	285.20	281.50
Peso del recipiente + Ag. Grueso natural.	gr.	1785.20	1781.50
Peso Ag. Grueso natural.	gr.	1500.00	1500.00
Peso del recipiente+ Ag. Grueso seco.	gr.	1773.40	1768.40
Peso Ag. Grueso seco	gr.	1488.20	1486.90
Contenido de humedad.	%	0.79	0.88
Promedio	%	0.84	

**Autora:** Egda. Liliana Torres P

6.7.1.18 Ensayos del contenido de humedad del agregado grueso.

Tabla N°35

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL			
ESTUDIO DE LAS FUENTES DE MATERIAL PÉTREO DE LA MINA DE MULALÓ, SALCEDO Y LA MANÁ; PROVINCIA DE COTOPAXI Y SU UTILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES.			
<b>MUESTRAS</b> <b>TOMADAS DE:</b> MINA EL PROGRESO DE LA MANÁ. <b>ENSAYADO POR:</b> Egda. Liliana Torres. <b>FECHA:</b> 14 de Abril de 2014.			
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRA 1	MUESTRA 2
Peso del recipiente	gr.	279.90	281.70
Peso del recipiente + Ag. Grueso natural.	gr.	1779.90	1781.70
Peso Ag. Grueso natural.	gr.	1500.00	1500.00
Peso del recipiente+ Ag. Grueso seco.	gr.	1770.62	1770.47
Peso Ag. Grueso seco	gr.	1490.72	1488.77
Contenido de humedad.	%	0.62	0.75
Promedio	%	0.69	

**Autora:** Egda. Liliana Torres P.

6.7.1.19 Ensayos del contenido de humedad del agregado fino.

Tabla N°36

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>			
<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
ESTUDIO DE LAS FUENTES DE MATERIAL PÉTREO DE LA MINA DE MULALÓ, SALCEDO Y LA MANÁ; PROVINCIA DE COTOPAXI Y SU UTILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES.			
<b>MUESTRAS TOMADAS DE:</b> MINA SAN JOAQUÍN DE MULALÓ. <b>ENSAYADO POR:</b> Egda. Liliana Torres. <b>FECHA:</b> 14 de Abril de 2014.			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO</b>			
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>MUESTRA 1</b>	<b>MUESTRA 2</b>
Peso del recipiente	gr.	27.90	29.80
Peso del recipiente + Ag. fino natural.	gr.	147.90	149.80
Peso Ag. fino natural.	gr.	120.00	120.00
Peso del recipiente+ Ag. fino seco.	gr.	143.70	116.80
Peso Ag. fino seco	gr.	115.80	146.60
Contenido de humedad.	%	3.63	2.74
Promedio	%	3.18	

**Autora:** Egda. Liliana Torres P.

6.7.1.20 Ensayos del contenido de humedad del agregado fino.

Tabla N°37

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>			
<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
ESTUDIO DE LAS FUENTES DE MATERIAL PÉTREO DE LA MINA DE MULALÓ, SALCEDO Y LA MANÁ; PROVINCIA DE COTOPAXI Y SU UTILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES.			
<b>MUESTRAS</b>			
<b>TOMADAS DE:</b>	MINA EL PROGRESO DE LA MANÁ.		
<b>ENSAYADO POR:</b>	Egda. Liliana Torres.		
<b>FECHA:</b>	14 de Abril de 2014.		
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO</b>			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRA 1	MUESTRA 2
Peso del recipiente	gr.	28.40	27.65
Peso del recipiente + Ag. fino natural.	gr.	148.40	147.65
Peso Ag. fino natural.	gr.	120.00	120.00
Peso del recipiente+ Ag. fino seco.	gr.	144.50	115.90
Peso Ag. fino seco	gr.	116.10	143.55
Contenido de humedad.	%	3.36	3.54
Promedio	%	3.45	

**Autora:** Egda. Liliana Torres P.



**6.7.1.21 Ensayos del contenido de humedad del agregado fino.**

**Tabla N°38**

<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b>			
<b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</b>			
ESTUDIO DE LAS FUENTES DE MATERIAL PÉTREO DE LA MINA DE MULALÓ, SALCEDO Y LA MANÁ; PROVINCIA DE COTOPAXI Y SU UTILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES.			
<b>MUESTRAS TOMADAS</b>			
<b>DE:</b>	MINA SALACHE DE SALCEDO.		
<b>ENSAYADO POR:</b>	Egda. Liliana Torres.		
<b>FECHA:</b>	14 de Abril de 2014.		
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO</b>			
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>MUESTRA 1</b>	<b>MUESTRA 2</b>
Peso del recipiente	gr.	27.40	29.50
Peso del recipiente + Ag. fino natural.	gr.	147.40	149.50
Peso Ag. fino natural.	gr.	120.00	120.00
Peso del recipiente+ Ag. fino seco.	gr.	143.30	117.02
Peso Ag. fino seco	gr.	115.90	146.52
Contenido de humedad.	%	3.54	2.55
Promedio	%	3.04	

**Autora:** Egda. Liliana Torres P.

**6.7.1.22 Granulometría del agregado grueso para obtener tamaño nominal máximo.**

**Tabla N°39**

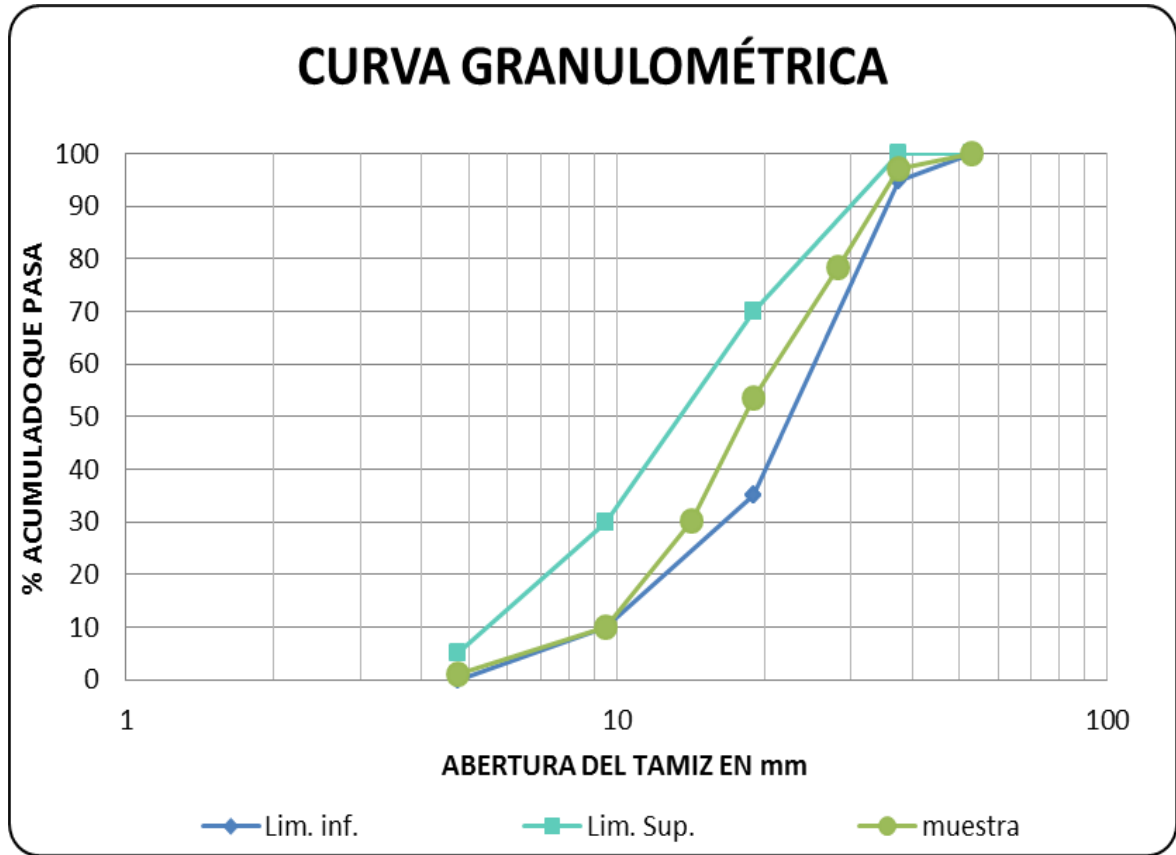
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>					
<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</b>					
<b>ESTUDIO DE LAS FUENTES DE MATERIAL PÉTREO DE LA MINA DE MULALÓ, SALCEDO Y LA MANÁ; PROVINCIA DE COTOPAXI Y SU UTILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES.</b>					
<b>MUESTRAS TOMADAS</b>					
<b>DE:</b>		MINA SAN JOAQUÍN DE MULALÓ.			
<b>ENSAYADO POR:</b>		Egda. Liliana Torres.			
<b>FECHA:</b>		14 de Abril de 2014.			
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO.</b>					
Material que pasa tamiz 2" y es retenido en el # 4					
<b>PESO DE LA MUESTRA:</b>		10000 gr.			
<b>TAMIZ</b>	<b>RETENIDO PARCIAL (gr)</b>	<b>RETENIDO ACUMULADO (gr)</b>	<b>% RETENIDO ACUMULADO</b>	<b>% QUE PASA</b>	<b>LIMITE % QUE PASA</b>
2"	0.00	0.00	0	100	100
1 1/2"	280.00	280.00	3	97	95--100
1"	1874.00	2154.00	22	78	
3/4"	2479.00	4633.00	46	54	35--70
1/2"	2336.00	6969.00	70	30	
3/8"	2029.00	8998.00	90	10	10--30
# 4	898.00	9896.00	99	1	0--5
BANDEJA	96.00	9992.00	100	0	

**Autora:** Egda. Liliana Torres P.

### 6.7.1.22.1 Granulometría del agregado grueso.

TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO	1"
-----------------------	----

Gráfico N°11



**Autora:** Egda. Liliana Torres P.

**6.7.1.23 Granulometría del agregado grueso para obtener tamaño nominal máximo.**

**Tabla N°40**

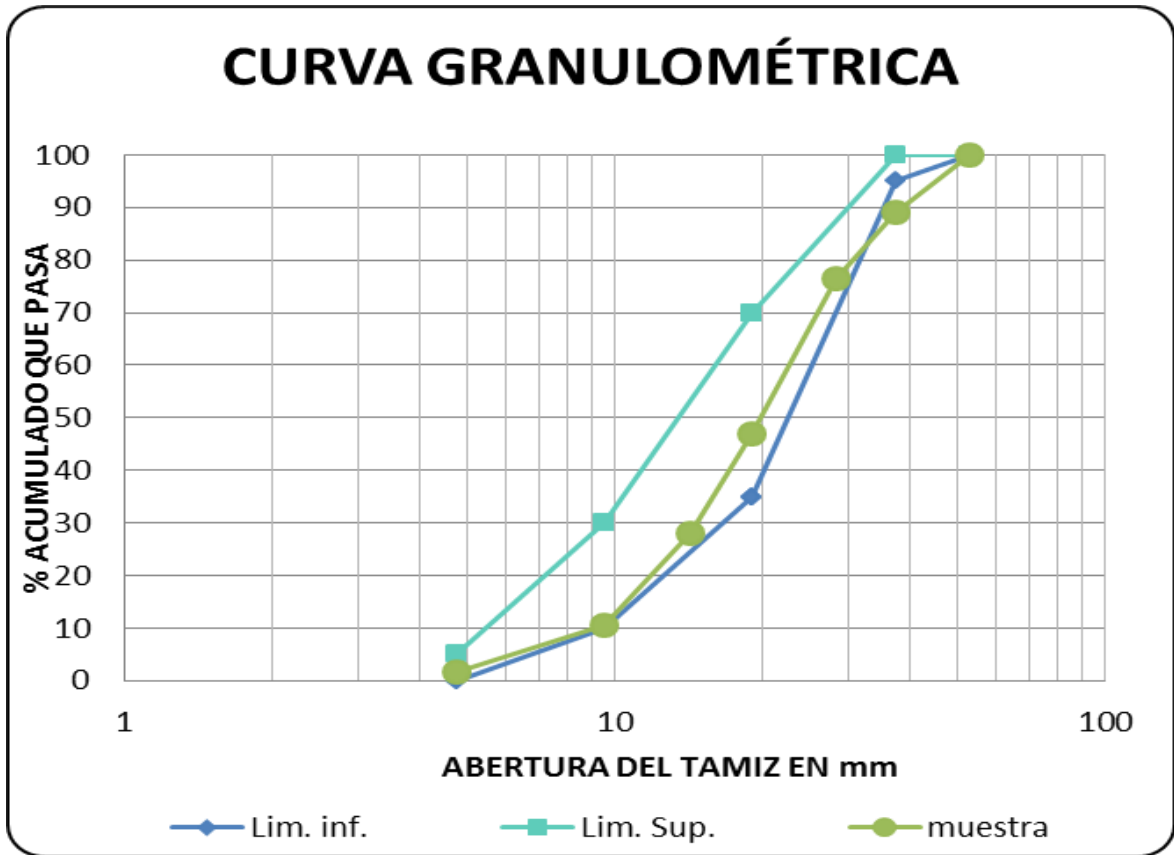
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>					
<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</b>					
ESTUDIO DE LAS FUENTES DE MATERIAL PÉTREO DE LA MINA DE MULALÓ, SALCEDO Y LA MANÁ; PROVINCIA DE COTOPAXI Y SU UTILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES.					
<b>MUESTRAS TOMADAS</b>					
<b>DE:</b> MINA EL PROGRESO DE LA MANÁ.					
<b>ENSAYADO POR:</b> Egda. Liliana Torres.					
<b>FECHA:</b> 14 de Abril de 2014.					
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO.</b>					
Material que pasa tamiz 2" y es retenido en el # 4					
PESO DE LA MUESTRA: 10000 gr.					
<b>TAMIZ</b>	<b>RETENIDO PARCIAL (gr)</b>	<b>RETENIDO ACUMULADO (gr)</b>	<b>% RETENIDO ACUMULADO</b>	<b>% QUE PASA</b>	<b>LIMITE % QUE PASA</b>
2"	0.00	0.00	0	100	100
1 1/2"	1098.00	1098.00	11	89	95--100
1"	1247.00	2345.00	23	77	
3/4"	2968.00	5313.00	53	47	35--70
1/2"	1886.00	7199.00	72	28	
3/8"	1753.00	8952.00	90	10	10--30
# 4	869.00	9821.00	98	2	0--5
BANDEJA	175.00	9996.00	100	0	

**Autora:** Egda. Liliana Torres P.

6.7.1.23.1 Granulometría del agregado grueso.

TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO	1 1/2"
-----------------------	--------

Gráfico N°12



Autora: Egda. Liliana Torres P.

6.7.1.24 Granulometría del agregado grueso para obtener tamaño nominal máximo.

Tabla N°41

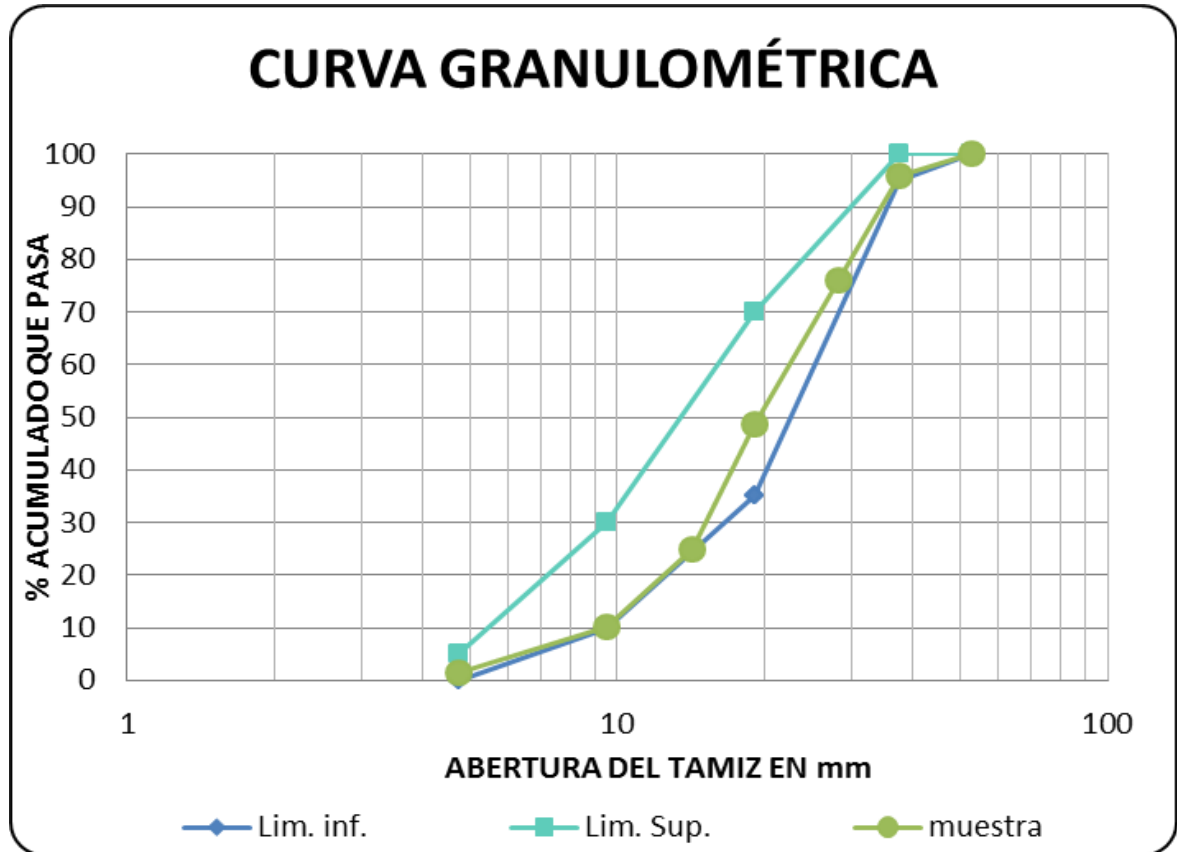
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL					
ESTUDIO DE LAS FUENTES DE MATERIAL PÉTREO DE LA MINA DE MULALÓ, SALCEDO Y LA MANÁ; PROVINCIA DE COTOPAXI Y SU UTILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES.					
<b>MUESTRAS TOMADAS</b>					
<b>DE:</b>		MINA SALACHE DE SALCEDO.			
<b>ENSAYADO POR:</b>		Egda. Liliana Torres.			
<b>FECHA:</b>		14 de Abril de 2014.			
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO.					
Material que pasa tamiz 2" y es retenido en el # 4					
PESO DE LA MUESTRA:		10000 gr.			
TAMIZ	RETENIDO PARCIAL (gr)	RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	LIMITE % QUE PASA
2"	0.00	0.00	0	100	100
1 1/2"	398.00	398.00	4	96	95--100
1"	1986.00	2384.00	24	76	
3/4"	2763.00	5147.00	51	49	35--70
1/2"	2361.00	7508.00	75	25	
3/8"	1469.00	8977.00	90	10	10--30
# 4	873.00	9850.00	99	1	0--5
BANDEJA	147.00	9997.00	100	0	

**Autora:** Egda. Liliana Torres P.

6.7.1.24.1 Granulometría del agregado grueso.

TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO	1"
-----------------------	----

Gráfico N°13



Autora: Egda. Liliana Torres P.

6.7.1.25 Granulometría del agregado fino para obtener módulo de finura.

Tabla N° 42

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL					
ESTUDIO DE LAS FUENTES DE MATERIAL PÉTREO DE LA MINA DE MULALÓ, SALCEDO Y LA MANÁ; PROVINCIA DE COTOPAXI Y SU UTILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES.					
<b>MUESTRAS TOMADAS</b>					
<b>DE:</b> MINA SAN JOAQUÍN DE MULALÓ.					
<b>ENSAYADO POR:</b> Egda. Liliana Torres.					
<b>FECHA:</b> 14 de Abril de 2014.					
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO.					
Material que pasa el tamiz # 4 y es retenido en el integral					
TAMIZ	RETENIDO PARCIAL (gr)	RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	LIMITE % QUE PASA
3/8"	0.00	0.00	0	100	100
# 4	0.00	0.00	0	100	95--100
# 8	57.23	57.23	11	89	80--100
# 16	77.60	134.83	26	74	50--85
# 30	90.20	225.03	44	56	25--60
# 50	124.90	349.93	68	32	10--30
# 100	124.75	474.68	93	7	2--10
# 200	18.42	493.10	96	4	
BANDEJA	19.30	512.40	100	0	

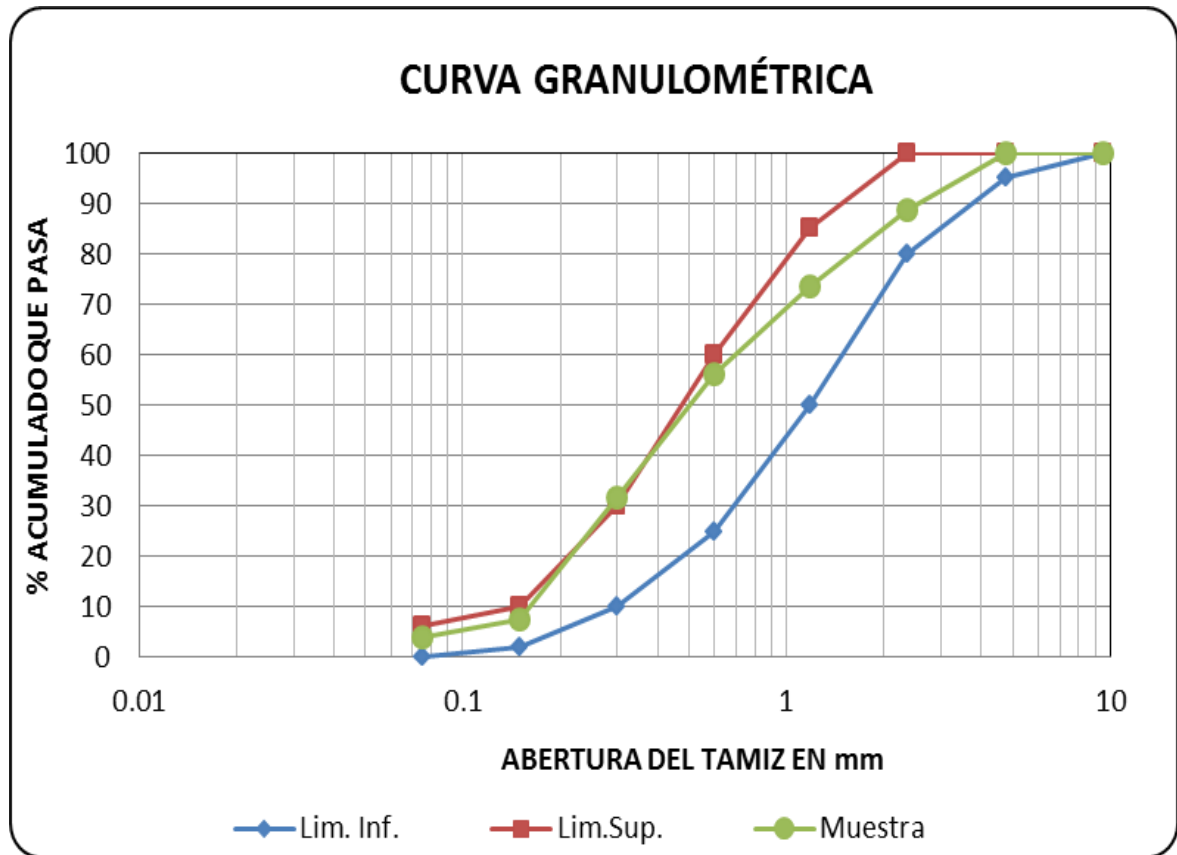
Autora: Egda. Liliana Torres P.



### 6.7.1.25.1 Granulometría del agregado fino.

Módulo de finura	2.42
------------------	------

Gráfico N°14



Autora: Egda. Liliana Torres P

6.7.1.26 Granulometría del agregado fino para obtener módulo de finura.

Tabla N°43

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL					
ESTUDIO DE LAS FUENTES DE MATERIAL PÉTREO DE LA MINA DE MULALÓ, SALCEDO Y LA MANÁ; PROVINCIA DE COTOPAXI Y SU UTILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES.					
<b>MUESTRAS TOMADAS</b>					
<b>DE:</b> MINA EL PROGRESO DE LA MANÁ.					
<b>ENSAYADO POR:</b> Egda. Liliana Torres.					
<b>FECHA:</b> 14 de Abril de 2014.					
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO.					
Material que pasa el tamiz # 4 y es retenido en el integral					
TAMIZ	RETENIDO PARCIAL (gr)	RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	LIMITE % QUE PASA
3/8"	0.00	0.00	0	100	100
# 4	0.00	0.00	0	100	95--100
# 8	104.00	104.00	20	80	80--100
# 16	76.00	180.00	35	65	50--85
# 30	96.40	276.40	53	47	25--60
# 50	86.40	362.80	70	30	10--30
# 100	128.60	491.40	94	6	2--10
# 200	14.80	493.10	95	5	
BANDEJA	27.00	520.10	100	0	

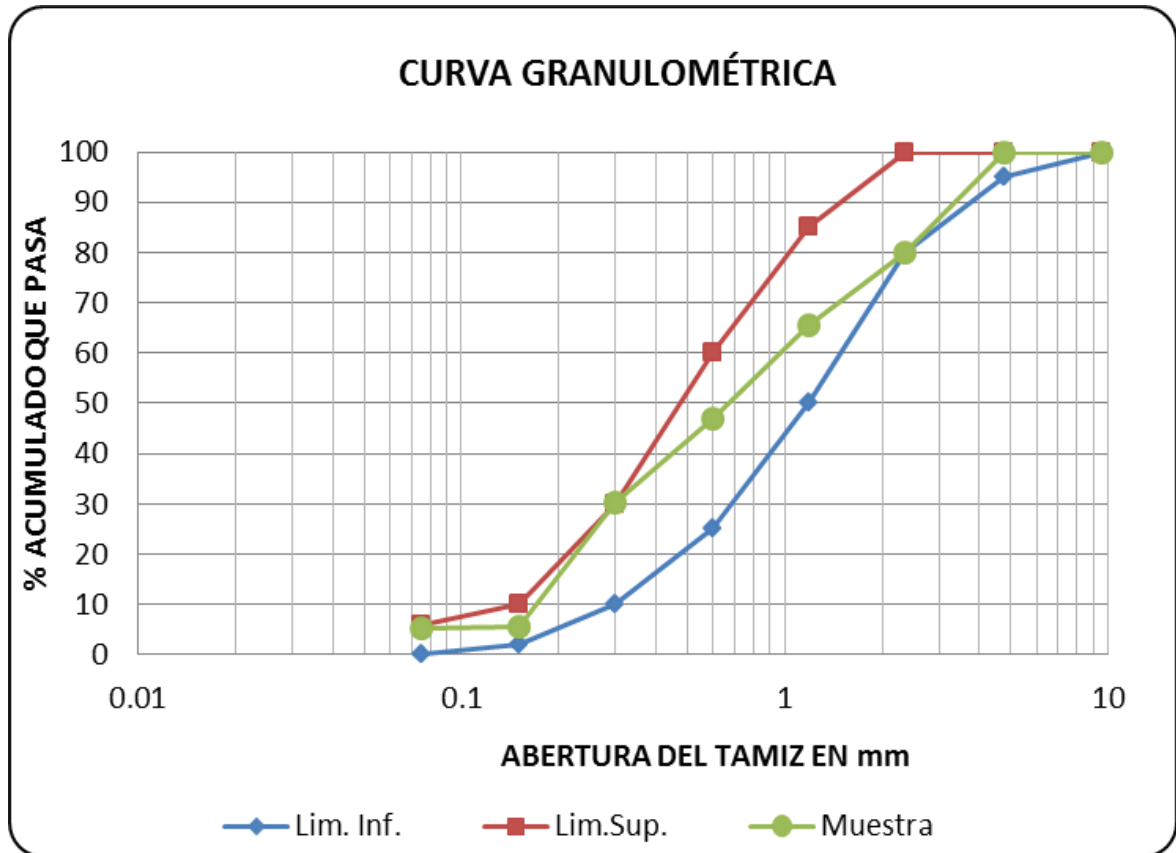
**Autora:** Egda. Liliana Torres P.

### 6.7.1.26.1 Granulometría del agregado fino.

Módulo de finura

2.72

Gráfico N°15



Autora: Egda. Liliana Torres P.

6.7.1.27 Granulometría del agregado fino para obtener módulo de finura.

Tabla N°44

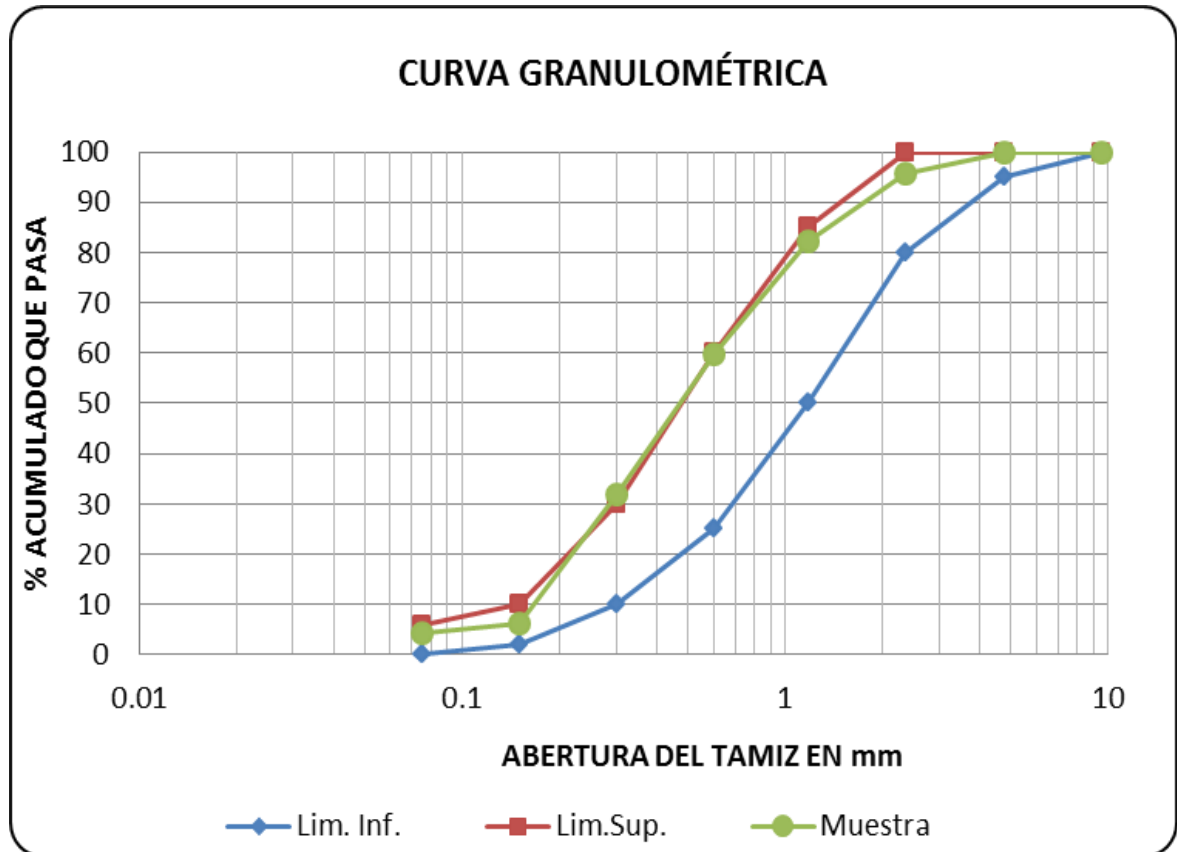
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL					
ESTUDIO DE LAS FUENTES DE MATERIAL PÉTREO DE LA MINA DE MULALÓ, SALCEDO Y LA MANÁ; PROVINCIA DE COTOPAXI Y SU UTILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES.					
<b>MUESTRAS TOMADAS</b>					
<b>DE:</b> MINA SALACHE DE SALCEDO.					
<b>ENSAYADO POR:</b> Egda. Liliana Torres.					
<b>FECHA:</b> 14 de Abril de 2014.					
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO.					
Material que pasa el tamiz # 4 y es retenido en el integral					
TAMIZ	RETENIDO PARCIAL (gr)	RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	LIMITE % QUE PASA
3/8"	0.00	0.00	0	100	100
# 4	0.00	0.00	0	100	95--100
# 8	24.09	24.09	4	96	80--100
# 16	75.11	99.20	18	82	50--85
# 30	123.60	222.80	40	60	25--60
# 50	153.90	376.70	68	32	10--30
# 100	142.50	519.20	94	6	2--10
# 200	9.40	528.60	96	4	
BANDEJA	24.35	552.95	100	0	

Autora: Egda. Liliana Torres P.

### 6.7.1.27.1 Granulometría del agregado fino.

Módulo de finura	2.25
------------------	------

Gráfico N°16



Autora: Egda. Liliana Torres P.

**6.7.1.28 Densidad Aparente Suelta.**

**Tabla N°45**

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>				
<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</b>				
<b>ESTUDIO DE LAS FUENTES DE MATERIAL PÉTREO DE LA MINA DE MULALÓ, SALCEDO Y LA MANÁ; PROVINCIA DE COTOPAXI Y SU UTILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES.</b>				
<b>MUESTRAS TOMADAS</b>				
<b>DE:</b>	MINA SAN JOAQUÍN DE MULALÓ.			
<b>ENSAYADO POR:</b>	Egda. Liliana Torres.			
<b>FECHA:</b>	14 de Abril de 2014.			
<b>DENSIDAD APARENTE SUELTA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO</b>				
Masa del recipiente	<b>10.05</b>	<b>Kg.</b>		
Vol. del recipiente	<b>20.525</b>	<b>dm3</b>		
DESCRIPCIÓN	Agregado + recipiente (Kg)	Agregado (Kg)	Peso Unitario (Kg/dm3)	Peso Unitario Promedio (Kg/dm3)
Agregado Grueso	38.55	28.50	1.39	1.38
	38.15	28.10	1.37	
Agregado Fino	39.05	29.00	1.41	1.41
	38.95	28.90	1.41	

**Autora:** Egda. Liliana Torres P.

6.7.1.29 Densidad Aparente Suelta.

Tabla N°46

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL				
ESTUDIO DE LAS FUENTES DE MATERIAL PÉTREO DE LA MINA DE MULALÓ, SALCEDO Y LA MANÁ; PROVINCIA DE COTOPAXI Y SU UTILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES.				
<b>MUESTRAS TOMADAS DE:</b>		MINA SALACHE DE SALCEDO.		
<b>ENSAYADO POR:</b>		Egda. Liliana Torres.		
<b>FECHA:</b>		14 de Abril de 2014.		
DENSIDAD APARENTE SUELTA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO				
Masa del recipiente	<b>10.05</b>	<b>Kg.</b>		
Vol. del recipiente	<b>20.525</b>	<b>dm3</b>		
DESCRIPCIÓN	Agregado + recipiente (Kg)	Agregado (Kg)	Peso unitario (Kg/dm3)	Peso Unitario Promedio (Kg/dm3)
Agregado Grueso	38.49	28.44	1.39	1.39
	38.63	28.58	1.39	
Agregado Fino	38.17	28.12	1.37	1.40
	39.22	29.17	1.42	

**Autora:** Egda. Liliana Torres P.

6.7.1.30 Densidad Aparente Suelta.

Tabla N°47

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL				
ESTUDIO DE LAS FUENTES DE MATERIAL PÉTREO DE LA MINA DE MULALÓ, SALCEDO Y LA MANÁ; PROVINCIA DE COTOPAXI Y SU UTILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES.				
<b>MUESTRAS TOMADAS DE:</b>	MINA EL PROGRESO DE LA MANÁ.			
<b>ENSAYADO POR:</b>	Egda. Liliana Torres.			
<b>FECHA:</b>	14 de Abril de 2014.			
DENSIDAD APARENTE SUELTA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO				
Masa del recipiente	<b>10.05</b>	<b>Kg.</b>		
Vol. del recipiente	<b>20.525</b>	<b>dm3</b>		
DESCRIPCIÓN	Agregado + recipiente (Kg)	Agregado (Kg)	Peso unitario (Kg/dm3)	Peso Unitario Promedio (Kg/dm3)
Agregado Grueso	38.52	28.47	1.39	1.39
	38.79	28.74	1.40	
Agregado Fino	38.12	28.07	1.37	1.38
	38.56	28.51	1.39	

**Autora:** Egda. Liliana Torres P.



**6.7.1.31 Densidad Aparente Compactada.**

**Tabla N°48**

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>				
<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</b>				
<b>ESTUDIO DE LAS FUENTES DE MATERIAL PÉTREO DE LA MINA DE MULALÓ, SALCEDO Y LA MANÁ; PROVINCIA DE COTOPAXI Y SU UTILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES.</b>				
<b>MUESTRAS TOMADAS DE:</b>	MINA SAN JOAQUÍN DE MULALÓ.			
<b>ENSAYADO POR:</b>	Egda. Liliana Torres.			
<b>FECHA:</b>	14 de Abril de 2014.			
<b>DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO</b>				
Masa del recipiente	<b>10.05</b>	<b>Kg.</b>		
Vol. del recipiente	<b>20.525</b>	<b>dm3</b>		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Agregado + recipiente (Kg)</b>	<b>Agregado (Kg)</b>	<b>Peso Unitario (Kg/dm3)</b>	<b>Peso Unitario Promedio (Kg/dm3)</b>
Agregado Grueso	43.83	33.78	1.65	1.65
	44.10	34.05	1.66	
Agregado Fino	43.13	33.08	1.61	1.63
	43.87	33.82	1.65	

**Autora:** Egda. Liliana Torres P.

6.7.1.32 Densidad Aparente Compactada.

Tabla N°49

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL				
ESTUDIO DE LAS FUENTES DE MATERIAL PÉTREO DE LA MINA DE MULALÓ, SALCEDO Y LA MANÁ; PROVINCIA DE COTOPAXI Y SU UTILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES.				
<b>MUESTRAS</b>				
<b>TOMADAS DE:</b> MINA SALCHE DE SALCEDO.				
<b>ENSAYADO POR:</b> Egda. Liliana Torres.				
<b>FECHA:</b> 14 de Abril de 2014.				
DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO				
Masa del recipiente	<b>10.05</b>		<b>Kg.</b>	
Vol. del recipiente	<b>20.525</b>		<b>dm3</b>	
DESCRIPCIÓN	Agregado + recipiente (Kg)	Agregado (Kg)	Peso Unitario (Kg/dm3)	Peso Unitario Promedio (Kg/dm3)
Agregado Grueso	44.28	34.23	1.67	1.66
	43.90	33.85	1.65	
Agregado Fino	43.53	33.48	1.63	1.65
	44.14	34.09	1.66	

**Autora:** Egda. Liliana Torres P.

**6.7.1.33 Densidad Aparente Compactada.**

**Tabla N°50**

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>				
<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</b>				
<b>ESTUDIO DE LAS FUENTES DE MATERIAL PÉTREO DE LA MINA DE MULALÓ, SALCEDO Y LA MANÁ; PROVINCIA DE COTOPAXI Y SU UTILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES.</b>				
<b>MUESTRAS TOMADAS DE:</b>	MINA EL PROGRESO DE LA MANÁ.			
<b>ENSAYADO POR:</b>	Egda. Liliana Torres.			
<b>FECHA:</b>	14 de Abril de 2014.			
<b>DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO</b>				
Masa del recipiente	<b>10.05</b>	<b>Kg.</b>		
Vol. del recipiente	<b>20.525</b>	<b>dm3</b>		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Agregado + recipiente (Kg)</b>	<b>Agregado (Kg)</b>	<b>Peso unitario (Kg/dm3)</b>	<b>Peso Unitario Promedio (Kg/dm3)</b>
Agregado Grueso	44.53	34.48	1.68	1.69
	44.80	34.75	1.69	
Agregado Fino	44.13	34.08	1.66	1.67
	44.56	34.51	1.68	

**Autora:** Egda. Liliana Torres P.

6.7.1.34 Determinación de la granulometría.

Tabla N°51

<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b>				
<b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</b>				
ESTUDIO DE LAS FUENTES DE MATERIAL PÉTREO DE LAS MINA DE MULALÓ, SALCEDO Y LA MANÁ; PROVINCIA DE COTOPAXI Y SU UTILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES.				
MUESTRAS TOMADAS DE:		MINA EL PROGRESO DE LA MANÁ.		
ENSAYADO POR:		Egda. Liliana Torres.		
FECHA:		14 de Abril de 2014.		
<b>DETERMINACION DE LA GRANULOMETRIA</b>				
PESO DE LA MUESTRA:		15000 gr.		
TAMIZ	DIAMETRO (mm)	PESO RET. ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA
2"	50.80	981.50	6.54	93.46
1"	25.40	4749.80	31.67	68.33
3/4"	19.10	8696.20	57.97	42.03
#4	4.76	12636.40	84.24	15.76
PASA #4		2363.60	15.76	
#10	2.00	178.60	4.21	11.55
#40	0.42	266.10	6.26	9.50
#50	0.25	386.40	9.08	6.68
#100	0.15	449.30	10.56	5.20
#200	0.07	575.60	13.50	2.26
PASA #200		96.4	2.26	
TOTAL		15000.00		
Clasificación:				
Grava:		81.98		
Arena Fina:		15.76		
Finos (Limos):		2.26		

6.7.1.35 Determinación de la granulometría.

Tabla N°52

<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b>				
<b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</b>				
ESTUDIO DE LAS FUENTES DE MATERIAL PÉTREO DE LAS MINA DE MULALÓ, SALCEDO Y LA MANÁ; PROVINCIA DE COTOPAXI Y SU UTILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES.				
MUESTRAS TOMADAS DE:		MINA SAN JOAQUÍN DE MULALÓ.		
ENSAYADO POR:		Egda. Liliana Torres.		
FECHA:		14 de Abril de 2014.		
<b>DETERMINACION DE LA GRANULOMETRIA</b>				
PESO DE LA MUESTRA:		15000 gr.		
TAMIZ	DIAMETRO (mm)	PESO RET. ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA
2"	50.80	353.15	2.35	97.65
1"	25.40	5934.95	39.57	60.43
3/4"	19.10	7935.60	52.90	47.10
#4	4.76	10328.20	68.85	31.15
PASA #4		4671.80	31.15	
#10	2.00	216.60	13.52	17.63
#40	0.42	300.70	18.77	12.38
#50	0.25	311.50	19.43	11.72
#100	0.15	378.10	23.58	7.57
#200	0.07	419.30	26.19	4.96
PASA #200		79.50	4.96	
TOTAL		15000.00		
Clasificación:				
Grava:		63.89		
Arena Fina:		31.15		
Finos (Limos):		4.96		

### 6.7.1.36 Determinación de la granulometría.

Tabla N°53

<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b>				
<b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</b>				
ESTUDIO DE LAS FUENTES DE MATERIAL PÉTREO DE LAS MINAS DE MULALÓ, SALCEDO Y LA MANÁ; PROVINCIA DE COTOPAXI Y SU UTILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES.				
MUESTRAS TOMADAS DE:	MINA SALACHE DE SALCEDO.			
ENSAYADO POR:	Egda. Liliana Torres.			
FECHA:	14 de Abril de 2014.			
<b>DETERMINACION DE LA GRANULOMETRIA</b>				
PESO DE LA MUESTRA:	15000 gr.			
TAMIZ	DIAMETRO (mm)	PESO RET. ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA
2"	50.80	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	6378.60	42.52	57.48
3/4"	19.10	8367.20	55.78	44.22
#4	4.76	12894.70	85.96	14.04
PASA #4		2105.30	14.04	
#10	2.00	186.80	5.21	8.83
#40	0.42	308.30	8.59	5.45
#50	0.25	369.50	10.31	3.73
#100	0.15	403.60	11.26	2.78
#200	0.07	473.40	13.20	0.84
PASA #200		29.90	0.84	
TOTAL		15000.00		
Clasificación:				
Grava:	85.12			
Arena Fina:	14.04			
Finos (Limos):	0.84			

6.7.1.37 Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad.

Tabla N°54

<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b>			
<b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</b>			
<b>ESTUDIO DE LAS FUENTES DE MATERIAL PÉTREO DE LAS MINA DE MULALÓ, SALCEDO Y LA MANÁ; PROVINCIA DE COTOPAXI Y SU UTILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES.</b>			
MUESTRAS TOMADAS DE:	MINA SAN JOAQUÍN DE MULALÓ.		
ENSAYADO POR:	Egda. Liliana Torres.		
FECHA:	14 de Abril de 2014.		
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>			
<b>NÚMERO DE GOLPES</b>	<b>13</b>	<b>26</b>	<b>39</b>
Recipiente número	1	2	3
Peso húmedo + recipiente	48.22	46.75	47.99
Peso de la muestra seca + rec.	31.35	30.63	32.31
Peso del agua	16.88	16.13	15.67
Peso del recipiente	8.05	8.04	8.02
Peso de la muestra seca	23.30	22.59	24.29
Contenido de humedad	72.45	71.40	64.52
<b>CURVA DE ESCURRIMIENTO</b>			
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>			
<b>TIPO DE SUELO</b>	<b>ARCILLA</b>		
Recipiente número	1	2	3
Peso húmedo + recipiente	9.50	9.27	9.43
Peso de la muestra seca + rec	8.36	8.15	8.23
Peso del agua	1.14	1.12	1.20
Peso del recipiente	6.40	6.30	6.30
Peso de la muestra seca	1.96	1.85	1.93
Contenido de humedad	57.82	60.51	62.20
Contenido promedio de agua (LP%)	60.18		
LL%=	67.80		
LP%=	60.18		
IP%=	7.62		

6.7.1.38 Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad.

Tabla N°55

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
ESTUDIO DE LAS FUENTES DE MATERIAL PÉTREO DE LAS MINA DE MULALÓ, SALCEDO Y LA MANÁ; PROVINCIA DE COTOPAXI Y SU UTILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES.			
MUESTRAS TOMADAS DE:	MINA EL PROGRESO DE LA MANÁ		
ENSAYADO POR:	Egda. Liliana Torres.		
FECHA:	14 de Abril de 2014.		
LÍMITE LÍQUIDO			
NÚMERO DE GOLPES	11	27	42
Recipiente número	1	2	3
Peso humedo + recipiente	47.21	43.74	59.68
Peso de la muestra seca + rec	30.34	28.62	39.01
Peso del agua	16.88	15.13	20.67
Peso del recipiente	8.04	8.03	8.02
Peso de la muestra seca	22.30	20.59	30.99
Contenido de humedad	75.70	73.48	66.72
CURVA DE ESCURRIMIENTO			
LÍMITE PLÁSTICO			
TIPO DE SUELO	ARCILLA		
Recipiente número	1	2	3
Peso humedo + recipiente	9.50	9.48	9.41
Peso de la muestra seca + rec	8.35	8.35	8.21
Peso del agua	1.15	1.13	1.20
Peso del recipiente	6.30	6.10	6.10
Peso de la muestra seca	2.05	2.25	2.11
Contenido de humedad	56.10	50.41	56.92
Contenido promedio de agua (LP%)	54.48		
LL%=	70.20		
LP%=	54.48		
IP%=	15.72		



6.7.1.39 Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad.

Tabla N°56

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
ESTUDIO DE LAS FUENTES DE MATERIAL PÉTREO DE LAS MINA DE MULALÓ, SALCEDO Y LA MANÁ; PROVINCIA DE COTOPAXI Y SU UTILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES.			
MUESTRAS TOMADAS DE:	MINA SALACHE DE SALCEDO.		
ENSAYADO POR:	Egda. Liliana Torres.		
FECHA:	14 de Abril de 2014.		
LÍMITE LÍQUIDO			
NÚMERO DE GOLPES	12	22	36
Recipiente número	1	2	3
Peso húmedo + recipiente	47.48	47.16	49.17
Peso de la muestra seca + rec.	31.61	32.04	34.49
Peso del agua	15.88	15.13	14.67
Peso del recipiente	8.05	8.04	8.02
Peso de la muestra seca	23.56	24.00	26.47
Contenido de humedad	67.40	63.04	55.43
CURVA DE ESCURRIMIENTO			
LÍMITE PLÁSTICO			
TIPO DE SUELO	ARCILLA		
Recipiente número	1	2	3
Peso húmedo + recipiente	8.85	8.96	9.27
Peso de la muestra seca + rec.	7.92	8.04	8.30
Peso del agua	0.93	0.93	0.96
Peso del recipiente	6.40	6.30	6.30
Peso de la muestra seca	1.52	1.74	2.00
Contenido de humedad	60.89	53.29	47.95
Contenido promedio de agua (LP%)	54.04		
LL%=	58.80		
LP%=	54.04		
IP%=	4.76		

## 6.7.2 Resultados de los ensayos.

### 6.7.2.1 Mina El Progreso de la Maná.

Una vez que se han efectuado los ensayos correspondientes a los agregados de esta concesión minera, presenta las siguientes características.

#### 6.7.2.1.1 Agregado Grueso.

Tabla N°57

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LA MINA "EL PROGRESO" DE LA MANÁ		
AGREGADO GRUESO		
ENSAYO	RESULTADO OBTENIDO	UNIDADES
Abrasión (Porcentaje de desgaste)	35.53	%
Densidad real (En estado SSS)	2.79	gr/cm <sup>3</sup> .
Densidad aparente compactada	1.69	gr/cm <sup>3</sup> .
Densidad aparente suelta	1.39	gr/cm <sup>3</sup> .
Capacidad de Absorción	3.65	%
Contenido de Humedad	0.69	%
Porcentaje de grava de la muestra	81.98	%
Granulometría (Tamaño nominal máximo)	1 1/2"	Pulg.

**Autora:** Egda. Liliana Torres P.

### 6.7.2.1.2 Agregado Fino.

Tabla N°58

<b>RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LA MINA "EL PROGRESO" DE LA MANÁ</b>		
<b>AGREGADO FINO</b>		
<b>ENSAYO</b>	<b>RESULTADO OBTENIDO</b>	<b>UNIDADES</b>
Densidad real (En estado SSS)	4.22	gr/cm <sup>3</sup> .
Densidad aparente compactada	1.67	gr/cm <sup>3</sup> .
Densidad aparente suelta	1.38	gr/cm <sup>3</sup> .
Capacidad de Absorción	0.83	%
Contenido de Humedad	3.45	%
Granulometría (Módulo de finura)	2.72	---
Porcentaje de arena fina de la muestra	15.76	%
Porcentaje de limos	2.26	%
Limite liquido	70.20	%
Limite plástico	54.48	%
Índice de Plasticidad	15.72	%

**Autora:** Egda. Liliana Torres P.

### 6.7.2.2 Mina San Joaquín de Mulaló.

Efectuado los ensayos correspondientes a los agregados estos presentan las siguientes características.

#### 6.7.2.2.1 Agregado Grueso.

Tabla N°59

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LA MINA "SAN JOAQUÍN" DE MULALÓ		
AGREGADO GRUESO		
ENSAYO	RESULTADO OBTENIDO	UNIDADES
Abrasión (Porcentaje de desgaste)	40.11	%
Densidad real (En estado SSS)	2.80	gr/cm <sup>3</sup> .
Densidad aparente compactada	1.65	gr/cm <sup>3</sup> .
Densidad aparente suelta	1.38	gr/cm <sup>3</sup> .
Capacidad de Absorción	4.93	%
Contenido de Humedad	0.77	%
Porcentaje de grava de la muestra	63.89	%
Granulometría (Tamaño nominal máximo)	1"	Pulg.

**Autora:** Egda. Liliana Torres P.

### 6.7.2.2.2 Agregado Fino.

Tabla N°60

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LA MINA "SAN JOAQUÍN" DE MULALÓ		
AGREGADO FINO		
ENSAYO	RESULTADO OBTENIDO	UNIDADES
Densidad real (En estado SSS)	4.66	gr/cm <sup>3</sup> .
Densidad aparente compactada	1.63	gr/cm <sup>3</sup> .
Densidad aparente suelta	1.41	gr/cm <sup>3</sup> .
Capacidad de Absorción	0.83	%
Contenido de Humedad	3.18	%
Granulometría (Módulo de finura)	2.42	
Porcentaje de arena fina de la muestra	31.15	%
Porcentaje de limos	4.96	%
Limite liquido	67.80	%
Limite plástico	60.18	%
Índice de Plasticidad	7.62	%

**Autora:** Egda. Liliana Torres P.

### 6.7.2.3 Mina Salache de Salcedo.

Efectuado los ensayos correspondientes a los agregados estos presentan las siguientes características.

#### 6.7.2.3.1 Agregado Grueso.

Tabla N°61

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LA MINA "SALACHE" DE SALCEDO		
AGREGADO GRUESO		
ENSAYO	RESULTADO OBTENIDO	UNIDADES
Abrasión (Porcentaje de desgaste)	40.61	%
Densidad aparente compactada	1.66	gr/cm <sup>3</sup> .
Densidad aparente suelta	1.39	gr/cm <sup>3</sup> .
Densidad real (En estado SSS)	2.80	gr/cm <sup>3</sup> .
Capacidad de Absorción	4.50	%
Contenido de Humedad	0.84	%
Porcentaje de grava de la muestra	85.12	%
Granulometría (Tamaño nominal máximo)	1"	Pulg.

**Autora:** Egda. Liliana Torres P.

### 6.7.2.3.2 Agregado Fino.

Una vez que se han efectuado los ensayos correspondientes al agregado fino de esta concesión minera, presenta las siguientes características.

**Tabla N°62**

<b>RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LA MINA "SALACHE" DE SALCEDO</b>		
<b>AGREGADO FINO</b>		
<b>ENSAYO</b>	<b>RESULTADO OBTENIDO</b>	<b>UNIDADES</b>
Densidad real (En estado SSS)	4.40	gr/cm <sup>3</sup> .
Densidad aparente compactada	1.65	gr/cm <sup>3</sup> .
Densidad aparente suelta	1.40	gr/cm <sup>3</sup> .
Capacidad de Absorción	0.76	%
Contenido de Humedad	3.04	%
Granulometría (Módulo de finura)	2.25	---
Porcentaje de arena fina de la muestra	14.04	%
Porcentaje de limos	0.84	%
Limite liquido	58.80	%
Limite plástico	54.04	%
Índice de Plasticidad	4.76	%

**Autora:** Egda. Liliana Torres P.

### 6.7.3 Cuadros Comparativos.

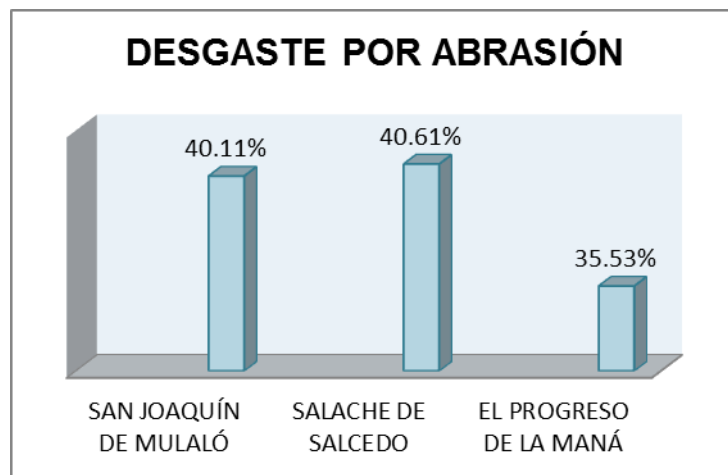
#### 6.7.3.1 Ensayo de Abrasión.

Tabla N°63

ENSAYO DE ABRASIÓN.		
NOMBRE DE LA MINA	RESULTADO OBTENIDO	UNIDADES
SAN JOAQUÍN DE MULALÓ	40.11	%
SALACHE DE SALCEDO	40.61	%
EL PROGRESO DE LA MANÁ	35.53	%
<b>PROMEDIO</b>	<b>38.75</b>	<b>%</b>

Autora: Egda. Liliana Torres P.

Gráfico N° 17



Autora: Egda. Liliana Torres P.

#### Análisis:

La mina San Joaquín de la Parroquia de Mulaló presenta un desgaste por abrasión del 40.11%, la mina Salache del Cantón Salcedo muestra un desgaste del 40.61%, mientras que el desgaste abrasivo de los agregados de



la mina El Progreso del Cantón la Maná es del 35.53% que al ser analizados para utilizarlos en obras viales tales como hormigones en aceras, bordillos, alcantarillas y carpetas asfálticas; cumple con los siguientes requerimientos:

- ✓ El agregado grueso de cada una de las minas analizadas está dentro de los límites para la fabricación de hormigón y para ser parte de una sub-base porque el desgaste por abrasión es menor que el 50 % que es el máximo admitido según lo determina la norma MTOP en la sección 403 sub - bases.
- ✓ El agregado grueso de las minas San Joaquín y Salache no es apto para utilizarlo en Base porque el porcentaje de desgaste por abrasión es superior al 40 % según dispone el MTOP Numeral 404 bases.
- ✓ El agregado grueso de la mina El Progreso del Cantón La Maná si es apto para utilizarlo como Base porque el porcentaje de desgaste por abrasión no supera al 40 % que dispone el MTOP Numeral 404 bases.
- ✓ El agregado grueso puede ser parte de la superficie de rodadura de tipo grava- arcilla, también de tipo superficie de agregados no tratados ya que cumple con la especificación que indica que el desgaste por abrasión no debe exceder al 50% en nuestro caso el material de mejor condición es el de la mina El Progreso del cantón La Maná.
- ✓ Mientras tanto para ser parte de la superficie de rodadura tipo estabilizada con material bituminoso debe tener como máximo el 40% de desgaste por abrasión que según los ensayos es la mina El Progreso del cantón La Maná la que cumple con esta especificación.

- ✓ Los agregados serán elementos limpios, sólidos y resistentes, exentos de polvo, suciedad, arcilla u otras materias extrañas.

Algo importante de mencionar es que el desgaste del hormigón es directamente proporcional al desgaste del agregado. De ahí la importancia de realizar el estudio de los agregados para tener conocimiento previo a su utilización.

### 6.7.3.2 Ensayo de Densidad Real.

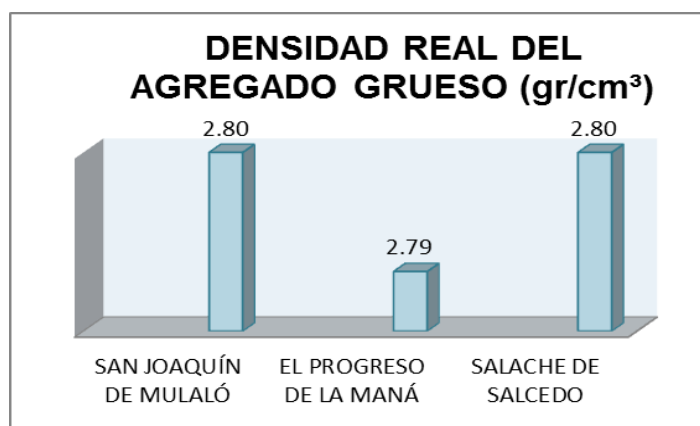
#### 6.7.3.2.1 Agregado Grueso.

Tabla N°64

ENSAYO DE DENSIDAD REAL.		
NOMBRE DE LA MINA	RESULTADO OBTENIDO	UNIDADES
SAN JOAQUÍN DE MULALÓ	2.80	gr/cm <sup>3</sup> .
SALACHE DE SALCEDO	2.80	gr/cm <sup>3</sup> .
EL PROGRESO DE LA MANÁ	2.79	gr/cm <sup>3</sup> .
<b>PROMEDIO</b>	<b>2.80</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup>.</b>

Autora: Egda. Liliana Torres P.

Gráfico N° 18



Autora: Egda. Liliana Torres P.

## **Análisis:**

Una propiedad de los agregados que resulta ser de vital importancia es la densidad, ya que si se emplea un material con una buena densidad ( $\geq 2.25$  gr/cm<sup>3</sup>) el concreto resultante podría ser mayor o igualmente denso, lo cual tendrá una influencia directa sobre el peso volumétrico y la resistencia a la compresión del mismo. El volumen que ocupa un agregado según su peso es un indicador de las características del mismo en cuanto a ligereza, porosidad y permeabilidad, propiedades que pueden afectar al concreto en un mayor requerimiento de cemento para una resistencia específica y con esto una influencia directa sobre la economía de la mezcla y la duración de la obra.

Por otro lado, es conocido que a mayor porosidad mayor fuerza de adhesión, de manera que los agregados gruesos con una mayor densidad y resistencia al desgaste presentan una menor porosidad, y como consecuencia menor adherencia y cantidad de finos que pasan por la malla N° 200.

Si un material tiene una densidad real menor a 1.8 gr/cm<sup>3</sup>, presenta problemas al ser utilizado en capas de una vía terrestre; son de baja resistencia y presenta rebote lo cual genera deformaciones y agrietamientos en la superficie de rodamiento.

Los límites de densidad del agregado es 2,48 y 2,8 gr /cm<sup>3</sup>. En el ensayo de laboratorio realizado la densidad de agregado grueso de muestra tomada de la mina San Joaquín se obtuvo 2.80 gr/cm<sup>3</sup>, la densidad de agregado grueso de la mina Salache se obtuvo 2.80 gr/cm<sup>3</sup> y finalmente la densidad del agregado grueso de la mina El Progreso es 2.79 gr/cm<sup>3</sup>, esta densidad es importante porque influye en el diseño de la mezcla.

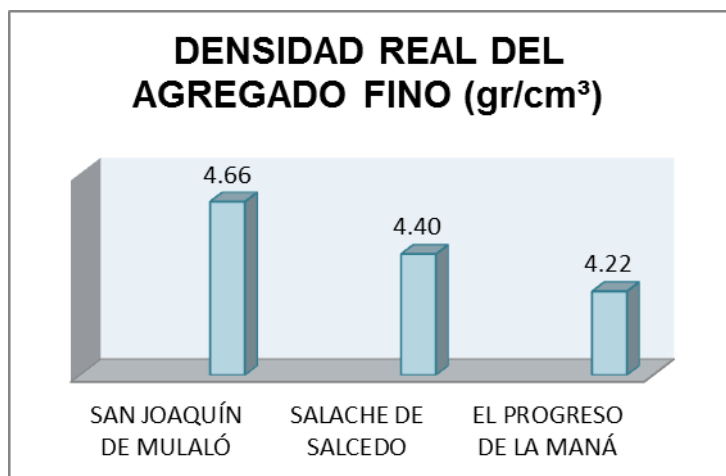
### 6.7.3.2.2 Agregado Fino.

Tabla N°65

ENSAYO DE DENSIDAD REAL.		
NOMBRE DE LA MINA	RESULTADO OBTENIDO	UNIDADES
SAN JOAQUÍN DE MULALÓ	4.66	gr/cm <sup>3</sup> .
SALACHE DE SALCEDO	4.40	gr/cm <sup>3</sup> .
EL PROGRESO DE LA MANÁ	4.22	gr/cm <sup>3</sup> .
PROMEDIO	<b>4.43</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup>.</b>

Autora: Egda. Liliana Torres P.

Gráfico N° 19



Autora: Egda. Liliana Torres P.

#### Análisis:

El resultado de laboratorio arrojó que la densidad del agregado fino es mayor la densidad del agregado grueso debido a que la relación entre masas de los dos agregados. El agregado fino es proporcionalmente más grande el agregado grueso debido a tiene una mayor compactación y menos espacio de vacíos, lo cual hace que aumente su densidad.

### 6.7.3.3 Capacidad de absorción.

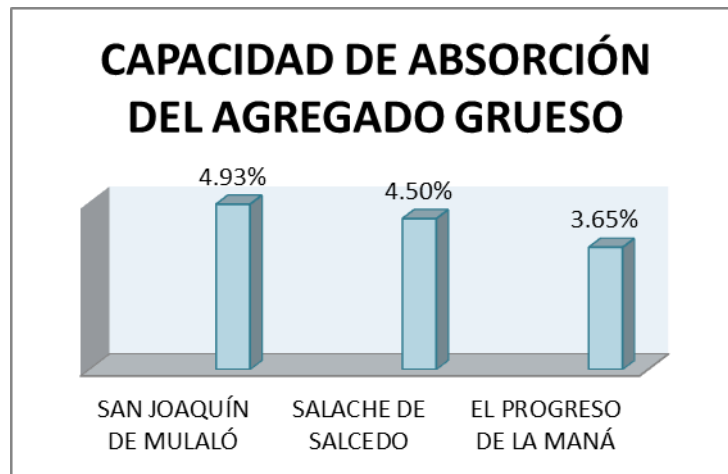
#### 6.7.3.3.1 Agregado Grueso.

Tabla N°66

ENSAYO DE CAPACIDAD DE ABSORCIÓN.		
NOMBRE DE LA MINA	RESULTADO OBTENIDO	UNIDADES
SAN JOAQUÍN DE MULALÓ	4.93	%
SALACHE DE SALCEDO	4.50	%
EL PROGRESO DE LA MANÁ	3.65	%
PROMEDIO	<b>4.36</b>	%

Autora: Egda. Liliana Torres P.

Gráfico N° 20



Autora: Egda. Liliana Torres P.

#### Análisis:

La absorción es quizás la propiedad del agregado que más influye en la consistencia del concreto, puesto que las partículas absorben agua directamente en la mezcla, disminuyendo la manejabilidad de la mezcla. Si dos tipos de agregados tienen absorción similar, otros factores secundarios serán de importancia en la consistencia de la mezcla, tales como forma,

tamaño y graduación; ya que mientras mayor superficie del agregado sea necesario cubrir con pasta, se tendrá menos fluidez. Una buena consistencia y manejabilidad de la mezcla se obtiene con la combinación de índices bajos de absorción y un coeficiente bueno de forma, en donde las partículas son aproximadamente redondas.

Después de realizados los ensayos se obtuvo que el porcentaje de absorción en el agregado grueso de las minas analizadas cumplen con las siguientes normativas:

- ✓ El porcentaje de absorción que presenta el agregado grueso es buena, ya que nos indica que en el diseño de mezclas el agregado aportará agua en una mínima cantidad de agua; debemos tener en cuenta este porcentaje.
- ✓ El aumento en el peso será mínimo debido a que el porcentaje de absorción del agregado es de 4.93% para el agregado grueso de la Mina San Joaquín, 4.50% para la muestra de la mina Salache y 3.65% de absorción en los agregados de la mina El Progreso.
- ✓ La absorción del agregado está directamente vinculada con la porosidad del agregado, a su vez depende del tamaño de los poros.

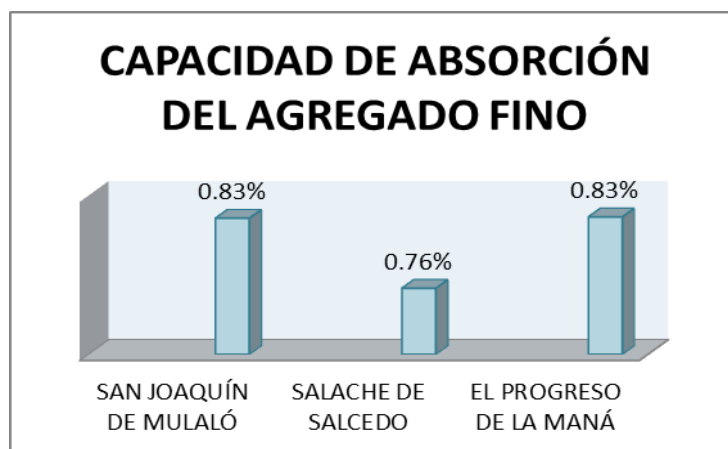
#### 6.7.3.3.2 Agregado Fino.

Tabla N°67

ENSAYO DE CAPACIDAD DE ABSORCIÓN.		
NOMBRE DE LA MINA	RESULTADO OBTENIDO	UNIDADES
SAN JOAQUÍN DE MULALÓ	0.83	%
SALACHE DE SALCEDO	0.76	%
EL PROGRESO DE LA MANÁ	0.83	%
PROMEDIO	<b>0.81</b>	<b>%</b>

**Autora:** Egda. Liliana Torres P.

Gráfico N° 21



**Autora:** Egda. Liliana Torres P.

### **Análisis:**

La mina San Joaquín de la Parroquia de Mulaló presenta un porcentaje de absorción de 0.83%, la mina Salache del Cantón Salcedo muestra un porcentaje de absorción de 0.76%, mientras que el porcentaje de absorción del agregado fino de la mina El Progreso del Cantón la Maná es del 0.83% que al ser analizados para utilizarlos en obras viales tales como hormigones en aceras, bordillos, alcantarillas; cumple con los siguientes requerimientos:

- ✓ El porcentaje de absorción no debe ser mayor al 2% para ser utilizada en hormigones.
- ✓ La pureza que presenta el agregado fino de las minas estudiadas es alto, ya que el porcentaje de absorción normalmente está determinado por la pureza del material es decir, si el material tiene presencia de limos o arcillas el porcentaje de absorción aumenta.
- ✓ También indica que el agregado fino absorberá este porcentaje del volumen total del agua; razón por la cual se debe aumentar el agua para la mezcla hasta tener el 100%.

- ✓ El porcentaje de absorción de agua oscila entre 1.5% y 3%, en este caso el promedio de los porcentajes de absorción de la muestra ensayada es de 0.81%, que indica que la muestra retiene poca agua, factor que es beneficioso en las dosificaciones de hormigones.
- ✓ Un bajo porcentaje de absorción de agua por parte del agregado permite el cálculo más exacto de la relación agua cemento, puesto que el agua calculada necesaria para la hidratación del cemento no será absorbida por el agregado.
- ✓ La absorción del agregado está directamente vinculada con la porosidad del agregado, a su vez depende del tamaño de los poros.



#### 6.7.3.4 Ensayo de Contenido de Humedad.

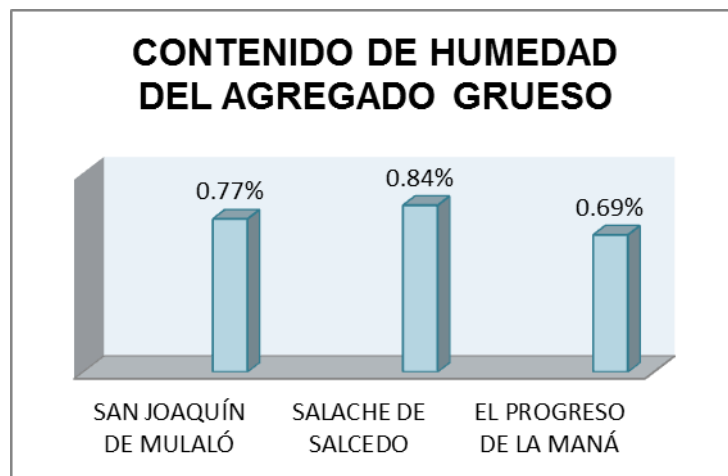
##### 6.7.3.4.1 Agregado Grueso.

Tabla N°68

ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD.		
NOMBRE DE LA MINA	RESULTADO OBTENIDO	UNIDADES
SAN JOAQUÍN DE MULALÓ	0.77	%
SALACHE DE SALCEDO	0.84	%
EL PROGRESO DE LA MANÁ	0.69	%
PROMEDIO	<b>0.76</b>	<b>%</b>

Autora: Egda. Liliana Torres P.

Gráfico N° 22



Autora: Egda. Liliana Torres P.

#### Análisis:

El contenido de humedad nos representa los poros que poseen los agregados, los cuales pueden estar llenos de agua; siendo un factor importante al momento de realizar una dosificación ya que nos aporta agua a la mezcla.

Se puede trabajar con todos los materiales y sus diferentes porcentajes de humedad los mismos que marcan incidencia en la dosificación final, ya que pueden aportar una mínima o mayor cantad de agua.

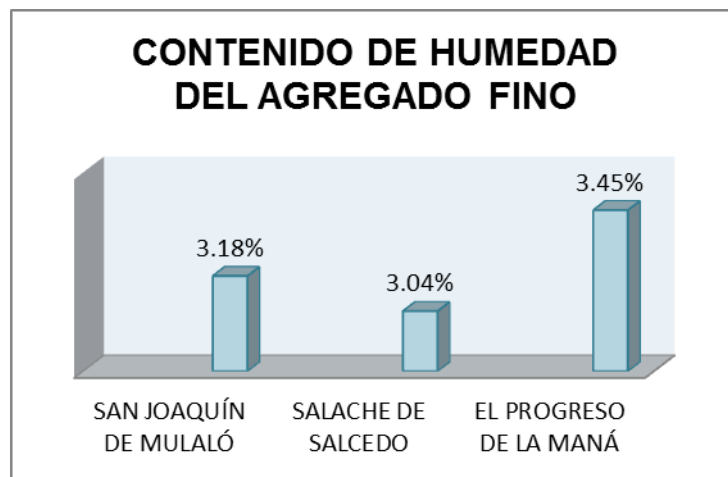
#### 6.7.3.4.2 Agregado Fino.

Tabla N°69

ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD.		
NOMBRE DE LA MINA	RESULTADO OBTENIDO	UNIDADES
SAN JOAQUÍN DE MULALÓ	3.18	%
SALACHE DE SALCEDO	3.04	%
EL PROGRESO DE LA MANÁ	3.45	%
PROMEDIO	<b>3.22</b>	<b>%</b>

Autora: Egda. Liliana Torres P.

Gráfico N° 23



Autora: Egda. Liliana Torres P.

#### Análisis:

El Ccntenido de humedad del agregado fino esta directamente relacionado con el clima en que es tomado la muestra, por ello la muestra debe ser

tomada cuando el clima del sector sea promedio para obtener resultados reales.

### 6.7.3.5 Ensayo de Granulometría.

#### 6.7.3.5.1 Agregado Grueso.

Tabla N°70

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA.		
NOMBRE DE LA MINA	RESULTADO OBTENIDO	UNIDADES
SAN JOAQUÍN DE MULALÓ	1"	Pulgada.
SALACHE DE SALCEDO	1"	Pulgada.
EL PROGRESO DE LA MANÁ	1 1/2"	Pulgada.

**Autora:** Egda. Liliana Torres P.

#### **Análisis:**

La forma en la que se escogió el Tamaño Nominal Máximo es:

El tamaño del tamiz comercial anterior al primer tamiz en el que hubo el 15% o más de retenido.

Por lo común el tamaño máximo de las partículas de agregado no debe sobrepasar:

1. Un quinto de la dimensión más pequeña del miembro de concreto.
2. Tres cuartos del espaciamiento libre entre barras de refuerzo.
3. Un tercio del peralte de las losas.

Estos requisitos se pueden rebasar si, en opinión del ingeniero, la mezcla tiene la trabajabilidad suficiente para colocar el concreto sin que se formen alveolados ni vacíos.

El Tamaño Nominal Máximo de los agregados de la mina San Joaquín de Mulaló y la mina Salache de Salcedo es de 1 pulg., y como se muestra en la gráfica la curva granulometría que forman estos agregados está dentro de los

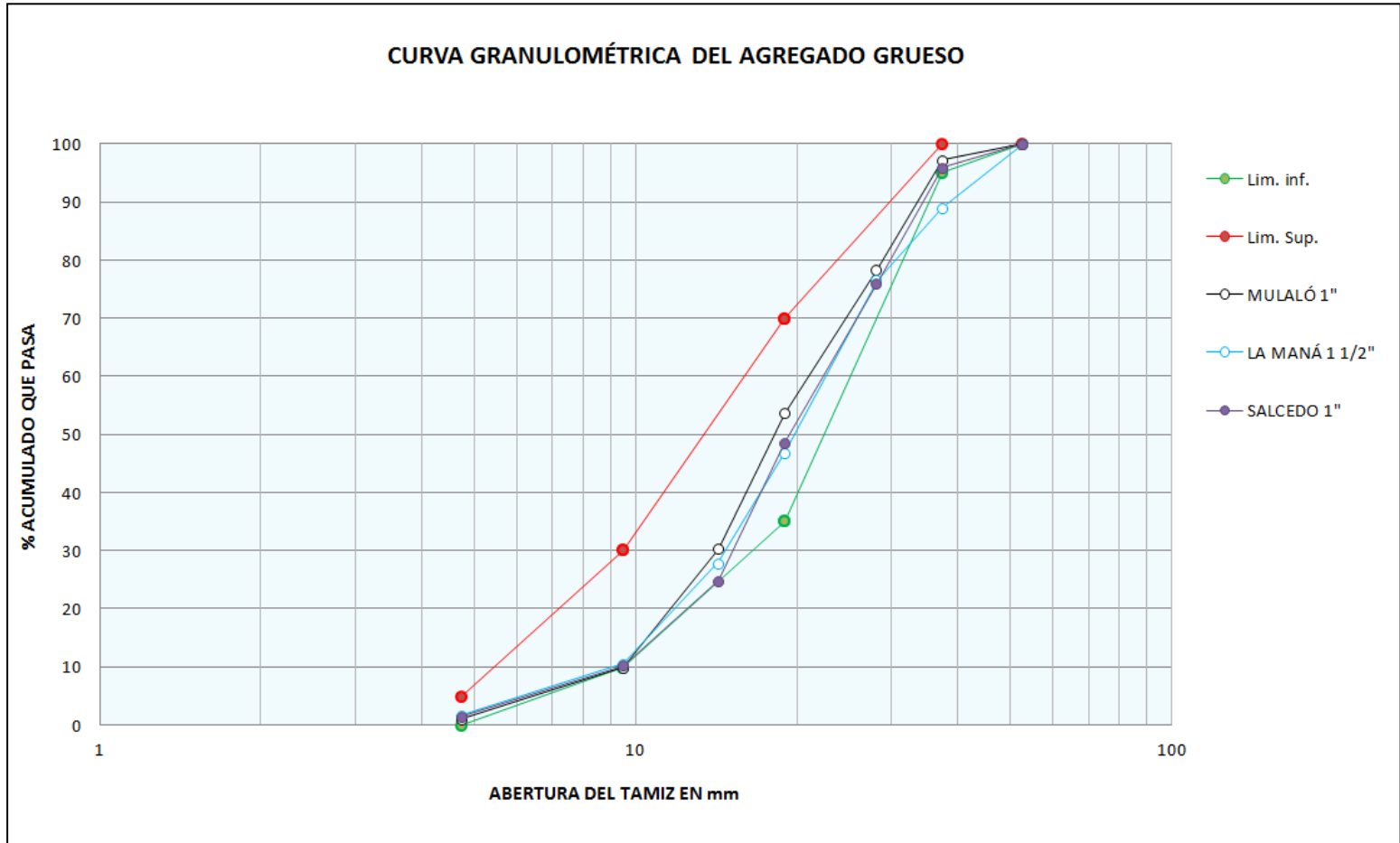
límites mínimo y máximo por lo que el material de esta mina es apto para ser utilizado en la elaboración de hormigones.

Mientras que el Tamaño Nominal Máximo del agregado grueso de la mina de La Maná es de 1 ½ pulg. Cumple con una buena graduación de los materiales y la curva que forma está dentro de los límites establecidos con una mínima desviación por debajo del límite inferior, por ser mínima no influye de manera representativa en el resultado.

La granulometría y el tamaño nominal máximo del agregado (TNM) para el agregado grueso, afectan las porciones relativas de los agregados, así como los requisitos de agua y cemento, la trabajabilidad, la economía y la durabilidad del concreto. Cuando los agregados son muy gruesos, pueden producir mezclas rígidas; mientras que aquellos agregados que no poseen una gran deficiencia o exceso de algún tamaño y tienen una curva granulométrica suave, producirán resultados más satisfactorios en las propiedades del concreto fresco.

El efecto del tamaño máximo del agregado en la resistencia también es conocido. La tendencia observada indica que mientras que el tamaño máximo del agregado disminuye, la resistencia decrece.

Gráfico N° 24



Autora: Egda. Liliana Torres P.

### 6.7.3.5.2 Agregado Fino.

Tabla N°71

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA.		
NOMBRE DE LA MINA	RESULTADO OBTENIDO	UNIDADES
SAN JOAQUÍN DE MULALÓ	2.42	--
SALACHE DE SALCEDO	2.25	--
EL PROGRESO DE LA MANÁ	2.72	--
PROMEDIO	2.46	--

**Autora:** Egda. Liliana Torres P.

#### **Análisis:**

#### **Especificaciones importantes del módulo de finura**

El módulo de finura del agregado fino es útil para estimar las proporciones de los agregados finos y gruesos en las mezclas de concreto.

El módulo de finura no debe ser menor al 2.3 ni mayor que 3.2

Los agregados finos cuyos módulos de finura varían entre 2.2 y 2.8 se obtienen concretos de buena trabajabilidad y reducida segregación.

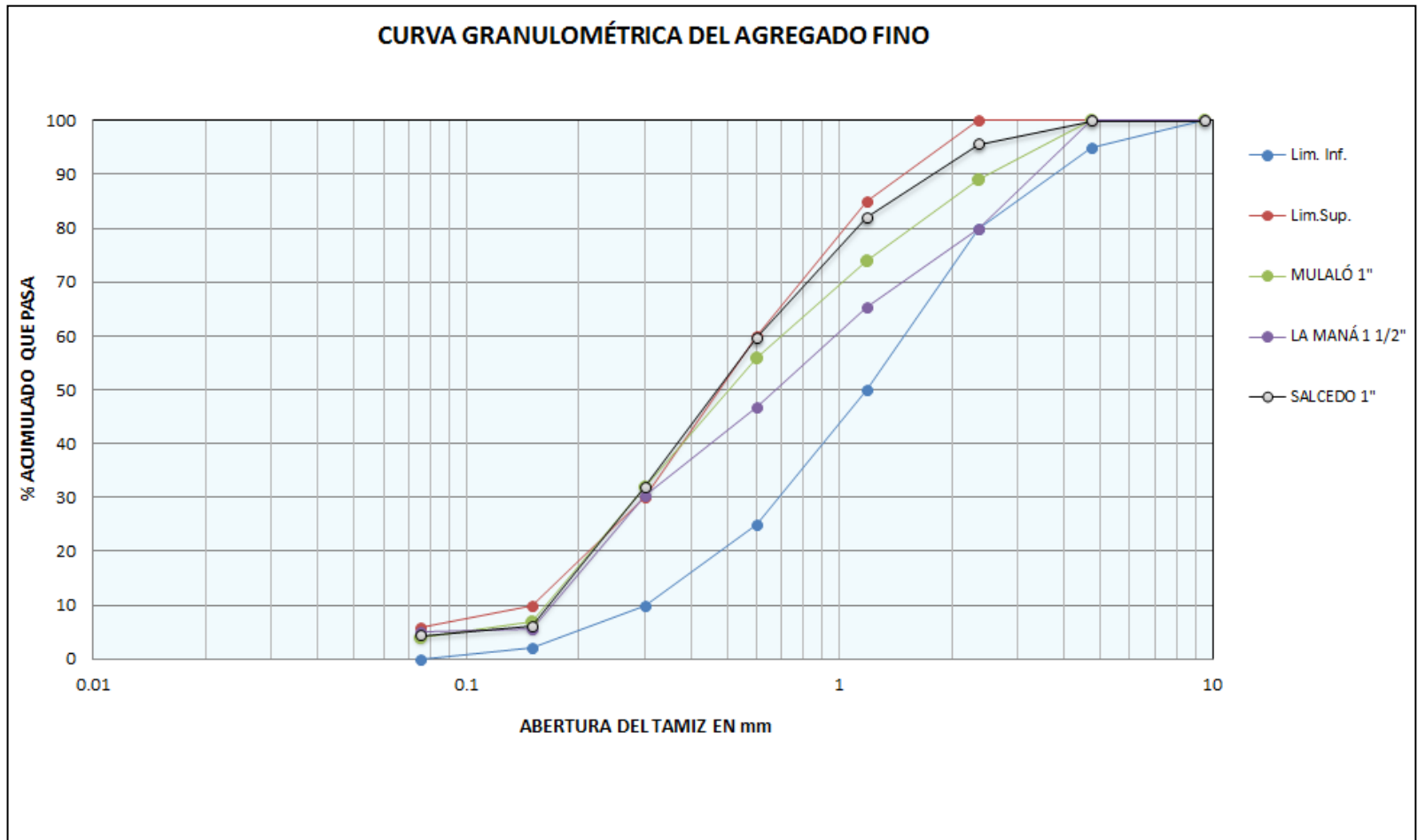
Los agregados finos cuyos módulos de finura varían entre 2.8 y 3.2 son los más indicados para producir concretos de alta resistencia.

El Módulo de Finura del agregado de la mina San Joaquín de Mulaló es de 2.42, mientras que el de la mina Salache de Salcedo es 2.45 y el de la mina El Progreso de La Maná de 2.72, los mismos que cumplen con las especificaciones para tener concretos de buena trabajabilidad y reducida segregación.

Del módulo de finura, pueden obtenerse dos condiciones desfavorables: una de ellas existe cuando el módulo de finura es mayor a 3.1 (arena gruesa), en

donde puede ocurrir que las mezclas sean poco trabajables, faltando cohesión entre sus componentes y requiriendo mayores consumos de cemento para mejorar su trabajabilidad; la otra condición es cuando el módulo de finura es menor a 2.2 (arena fina), en este caso puede ocurrir que los concretos sean pastosos y que haya mayores consumos de cemento y agua para una resistencia determinada, y también una mayor probabilidad que ocurran agrietamientos de tipo contracción por secado.

Gráfico N°25



**Autora:** Egda. Liliana Torres P.



### 6.7.3.6 Ensayo de Densidad Aparente Compactada

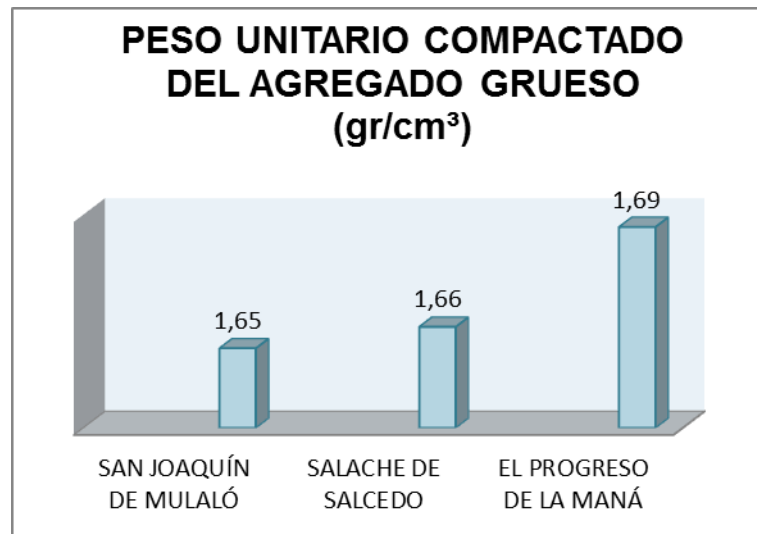
#### 6.7.3.6.1 Agregado Grueso.

Tabla N°72

DENSIDAD APARENTE COMPACTADA		
NOMBRE DE LA MINA	RESULTADO OBTENIDO	UNIDADES
SAN JOAQUÍN DE MULALÓ	1.65	gr/cm <sup>3</sup> .
SALACHE DE SALCEDO	1.66	gr/cm <sup>3</sup> .
EL PROGRESO DE LA MANÁ	1.69	gr/cm <sup>3</sup> .
PROMEDIO	1.67	gr/cm <sup>3</sup> .

Autora: Egda. Liliana Torres P.

Gráfico N° 26



Autora: Egda. Liliana Torres P.

#### Análisis:

En el ensayo de peso unitario compactado del agregado grueso es 1.65 gr/cm<sup>3</sup> de la mina San Joaquín , 1.66 gr/cm<sup>3</sup> de la mina Salache , 1.69 gr/cm<sup>3</sup> de la mina El Progreso, lo cual indica que el agregado grueso de las minas en estudio tienen similares su masa por unidad de volumen al ser sometidos a un proceso de compactación.

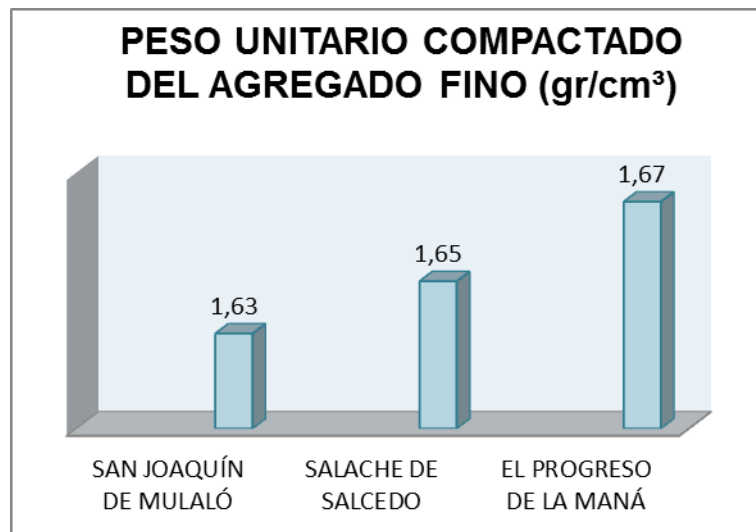
### 6.7.3.6.2 Agregado Fino.

Tabla N°73

DENSIDAD APARENTE COMPACTADA		
NOMBRE DE LA MINA	RESULTADO OBTENIDO	UNIDADES
SAN JOAQUÍN DE MULALÓ	1.63	gr/cm <sup>3</sup> .
SALACHE DE SALCEDO	1.65	gr/cm <sup>3</sup> .
EL PROGRESO DE LA MANÁ	1.67	gr/cm <sup>3</sup> .
PROMEDIO	1.65	gr/cm <sup>3</sup> .

Autora: Egda. Liliana Torres P.

Gráfico N° 27



Autora: Egda. Liliana Torres P.

### Análisis:

En el ensayo de peso unitario compactado del agregado Fino es 1.63 gr/cm<sup>3</sup> de la mina San Joaquín, 1.65 gr/cm<sup>3</sup> de la mina Salache , 1.67 gr/cm<sup>3</sup> de la mina El Progreso, lo cual indica que el agregado fino de las minas en estudio tienen similares su masa por unidad de volumen al ser sometidos a un proceso de compactación.

En la comparación de peso unitario compactada del agregado grueso y fino se puede decir que, tienen similar masa por unidad de volumen al ser sometidos a un proceso de compactación.

### 6.7.3.7 Ensayo de Densidad Aparente Suelta

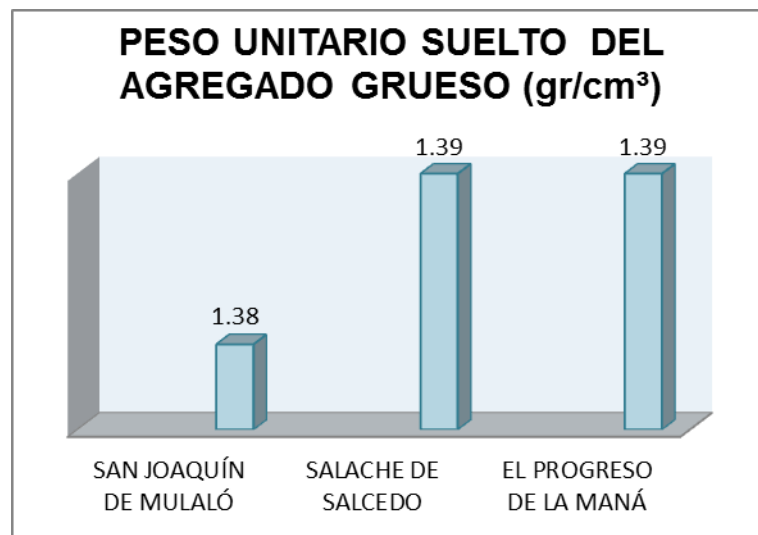
#### 6.7.3.7.1 Agregado Grueso.

Tabla N°74

DENSIDAD APARENTE SUELTA		
NOMBRE DE LA MINA	RESULTADO OBTENIDO	UNIDADES
SAN JOAQUÍN DE MULALÓ	1.38	gr/cm <sup>3</sup> .
SALACHE DE SALCEDO	1.39	gr/cm <sup>3</sup> .
EL PROGRESO DE LA MANÁ	1.39	gr/cm <sup>3</sup> .
PROMEDIO	1.39	gr/cm <sup>3</sup> .

Autora: Egda. Liliana Torres P.

Gráfico N° 28



Autora: Egda. Liliana Torres P.

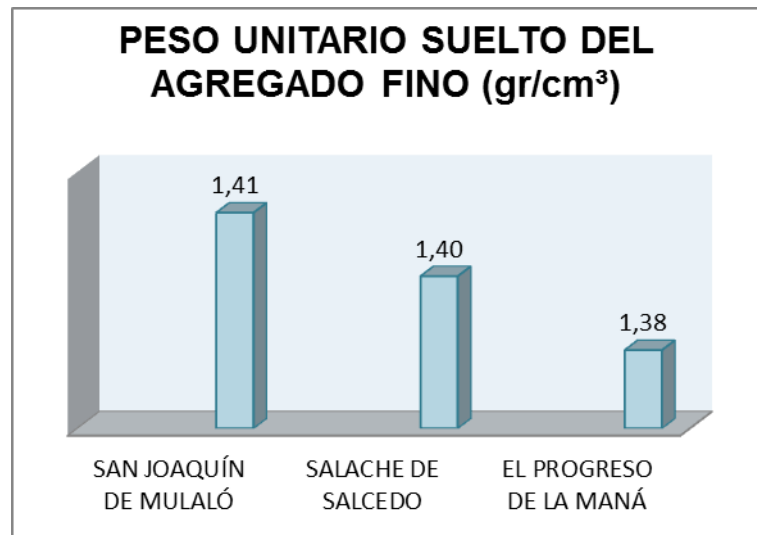
### 6.7.3.7.2 Agregado Fino.

Tabla N°75

DENSIDAD APARENTE SUELTA		
NOMBRE DE LA MINA	RESULTADO OBTENIDO	UNIDADES
SAN JOAQUÍN DE MULALÓ	1.41	gr/cm <sup>3</sup> .
SALACHE DE SALCEDO	1.40	gr/cm <sup>3</sup> .
EL PROGRESO DE LA MANÁ	1.38	gr/cm <sup>3</sup> .
PROMEDIO	1.39	gr/cm <sup>3</sup> .

Autora: Egda. Liliana Torres P.

Gráfico N° 29



Autora: Egda. Liliana Torres P.

#### Análisis:

Con el ensayo de peso unitario suelto se obtuvo en el agregado grueso un valor de 1.38 gr/cm<sup>3</sup> y para el agregado fino de 1.41 gr/cm<sup>3</sup> en la mina San Joaquín, 1.39 gr/cm<sup>3</sup> para agregado grueso y 1.40 gr/cm<sup>3</sup> para el agregado fino en la mina Salache de Salcedo, mientras que en la mina El Progreso de la Maná se obtuvo el peso unitario del agregado grueso 1.39 gr/cm<sup>3</sup> y 1.38 gr/cm<sup>3</sup> del agregado fino, siendo valores similares entre ellos; y presenta

menor peso unitario suelto que el agregado fino esto indica que indica que el agregado fino se encuentra en estado natural y tiene una masa un tanto mayor por unidad de volumen con respecto al agregado grueso.

### 6.7.3.8 Determinación granulométrica.

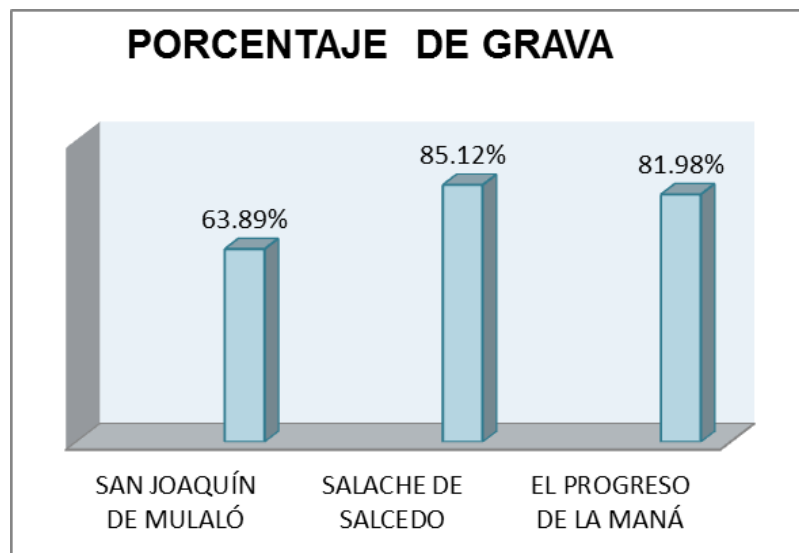
#### 6.7.3.8.1 Agregado grueso.

Tabla N°76

PORCENTAJE DE GRAVA (RETENIDO TAMIZ #4)		
NOMBRE DE LA MINA	RESULTADO OBTENIDO	UNIDADES
SAN JOAQUÍN DE MULALÓ	63.89	%
SALACHE DE SALCEDO	85.12	%
EL PROGRESO DE LA MANÁ	81.98	%
PROMEDIO	77.00	%

Autora: Egda. Liliana Torres P.

Gráfico N° 30



Autora: Egda. Liliana Torres P.

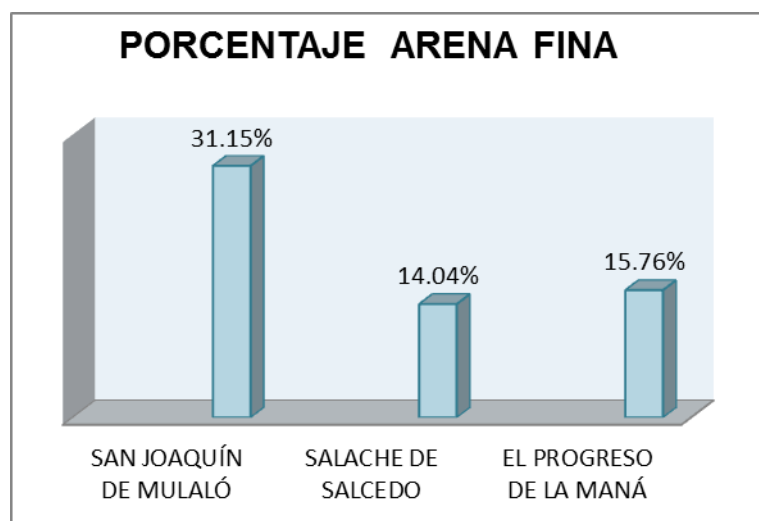
#### 6.7.3.8.2 Agregado fino.

Tabla N°77

PORCENTAJE DE ARENA FINA (PASA TAMIZ #4)		
NOMBRE DE LA MINA	RESULTADO OBTENIDO	UNIDADES
SAN JOAQUÍN DE MULALÓ	31.15	%
SALACHE DE SALCEDO	14.04	%
EL PROGRESO DE LA MANÁ	15.76	%
PROMEDIO	20.31	%

Autora: Egda. Liliana Torres P.

Gráfico N° 31



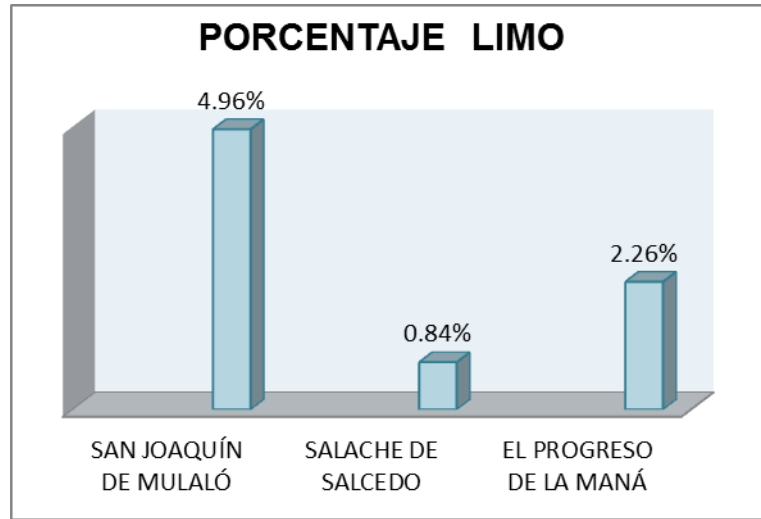
Autora: Egda. Liliana Torres P.

Tabla N°78

PORCENTAJE DE LIMO (PASA TAMIZ #200)		
NOMBRE DE LA MINA	RESULTADO OBTENIDO	UNIDADES
SAN JOAQUÍN DE MULALÓ	4.96	%
SALACHE DE SALCEDO	0.84	%
EL PROGRESO DE LA MANÁ	2.26	%
PROMEDIO	2.68	%

Autora: Egda. Liliana Torres P.

Gráfico N° 32



**Autora:** Egda. Liliana Torres P.

**Análisis:**

La mina San Joaquín de la Parroquia de Mulaló presenta un porcentaje de limos es de 4.96%, la mina Salache del Cantón Salcedo muestra un porcentaje de limos de 0.84%, mientras que el porcentaje de limos de la mina El Progreso del Cantón la Maná es del 2.26%.

A partir de estos resultados podemos decir que el material es puro ya que la presencia de limos es baja.

El porcentaje de limos está directamente relacionado con el porcentaje de absorción ya que si el agregado tiene mayor presencia de limos el porcentaje de absorción aumenta como se verifica en los ensayos:

Tabla N°78.1

NOMBRE DE LA MINA	PORCENTAJE DE LIMOS	PORCENTAJE DE ABSORCION A. FINO	PORCENTAJE DE ABSORCION A. GRUESO
SAN JOAQUÍN DE MULALÓ	4.96	0.83	4.93
SALACHE DE SALCEDO	0.84	0.76	4.50
EL PROGRESO DE LA MANÁ	2.26	0.83	3.65

Autora: Egda. Liliana Torres P.

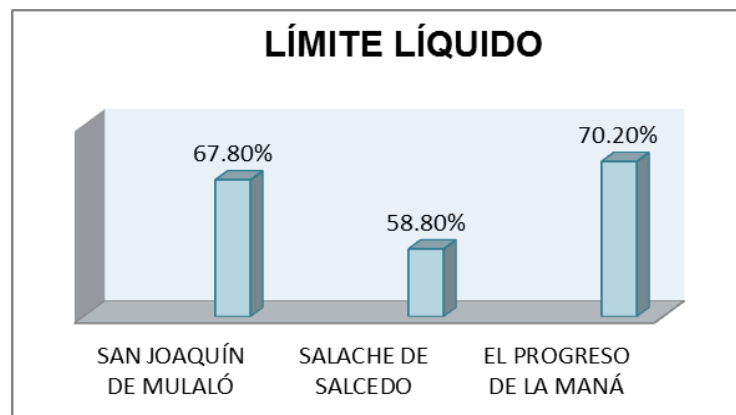
### 6.7.3.9 Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad.

Tabla N°79

LÍMITES DE ATTERBERG			
NOMBRE DE LA MINA	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
SAN JOAQUÍN DE MULALÓ	67.80%	60.18%	7.62%
SALACHE DE SALCEDO	58.80%	54.04%	4.76%
EL PROGRESO DE LA MANÁ	70.20%	54.48%	15.72%
PROMEDIO	65.60%	56.23%	9.37%

Autora: Egda. Liliana Torres P.

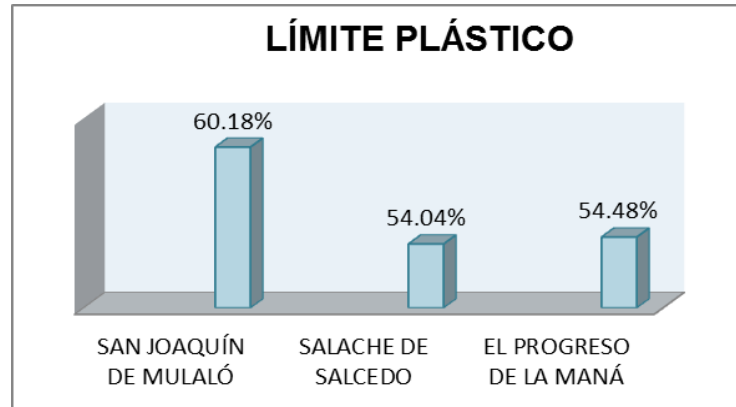
Gráfico N° 33



Autora: Egda. Liliana Torres P.

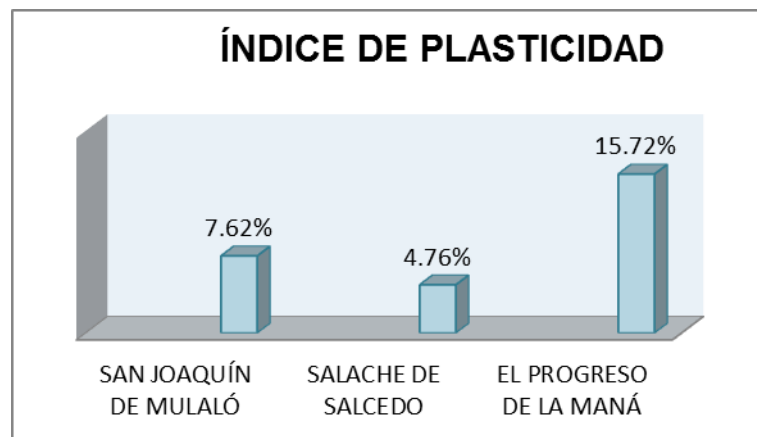


Gráfico N° 34



**Autora:** Egda. Liliana Torres P.

Gráfico N° 35



**Autora:** Egda. Liliana Torres P.

### **Análisis:**

A partir de los ensayos realizados procedemos a verificar si los mismos cumplen con las especificaciones del MTOP sección 401 superficies de rodadura, 401-1. Superficie de grava – arcilla que tiene que cumplir con:

- Tener un límite líquido máximo de 35 y un índice de plasticidad no mayor de 9.

La mina San Joaquín de la Parroquia de Mulaló presenta un límite líquido de 67.80% y un índice de plasticidad de 7.62%, la mina Salache del Cantón

Salcedo muestra un límite líquido de 58.80% y un índice de plasticidad de 4.76%, mientras que el límite líquido es de 70.20 % y un índice de plasticidad de 15.72% de la mina El Progreso del Cantón la Maná.

Esto quiere decir que ninguno de los agregados de las minas en estudio cumple con las dos especificaciones a la vez pero la mina San Joaquín y Salache cumplen con el índice de plasticidad mientras que la mina El progreso no cumple con ninguna especificación por lo que no pueden ser parte de una superficie de grava – arcilla de manera natural sino con un tratamiento previo.

Especificación MTOP sección 401 superficies de rodadura, 401-2. Superficie de agregados no tratados tiene que cumplir con:

- El índice de plasticidad de la fracción que pasa el tamiz N° 40 será como máximo de 9 y su límite líquido no será mayor de 35; la fracción que pasa el tamiz N° 200 no deberá ser mayor que las dos terceras partes de la fracción que pasa el tamiz N° 40.

La mina San Joaquín de la Parroquia de Mulaló presenta un límite líquido de 67.80% y un índice de plasticidad de 7.62%, la mina Salache del Cantón Salcedo muestra un límite líquido de 58.80% y un índice de plasticidad de 4.76%, mientras que el límite líquido es de 70.20 % y un índice de plasticidad de 15.72% de la mina El Progreso del Cantón la Maná, la fracción que pasa el tamiz N°200 no es mayor a las dos terceras partes de la fracción que pasa el tamiz N°40 en ningún caso.

Esto quiere decir que ninguno de los agregados de las minas en estudio cumple con las dos especificaciones a la vez pero la mina San Joaquín y Salache cumplen con el índice de plasticidad mientras que la mina El progreso no cumple con dos especificaciones, mientras que con el porcentaje que paso el tamiz N°200 si lo cumple por lo que no es apto para

ser parte de una superficie de agregados no tratados de manera natural sino con un tratamiento previo.

Especificación MTOP sección 401 superficies de rodadura, 401-3 suelo estabilizado con material bituminoso tiene que cumplir con:

- Pueden utilizarse suelos cohesivos o materiales no cohesivos como limos, arenas, o mezclas de ellos. Su granulometría no es absolutamente restrictiva, pero es recomendable que más del 50% del suelo pase a través del tamiz N° 4 (4.75mm.) y que entre el 10 y el 50% pasen a través del tamiz N°. 200 (0.075 mm.). El límite líquido deberá ser menor a 35 y el índice de plasticidad será menor a 9.

La mina San Joaquín de la Parroquia de Mulaló presenta un límite líquido de 67.80% y un índice de plasticidad de 7.62%, la mina Salache del Cantón Salcedo muestra un límite líquido de 58.80% y un índice de plasticidad de 4.76%, mientras que el límite líquido es de 70.20 % y un índice de plasticidad de 15.72% de la mina El Progreso del Cantón la Maná, El porcentaje que pasa a través del tamiz N°4 es mucho menor al 50% y el porcentaje que pasa a través del tamiz N°200 tampoco está entre el rango de 10% al 50% en ninguno de los tres casos.

Esto quiere decir que ninguno de los agregados de las minas en estudio cumple con las dos especificaciones a la vez pero la mina San Joaquín y Salache cumplen con el índice de plasticidad mientras que la mina El Progreso no cumple con ninguna de las especificaciones, por lo que no es apto para ser parte de un suelo estabilizado con material bituminoso, de manera natural sino con un tratamiento previo.

Especificación MTOP sección 403 sub – bases, 403-1. Sub - base de agregados tiene que cumplir con:

- Los agregados que se empleen deberán tener la porción que pase el tamiz N° 40 un índice de plasticidad menor que 6 y un límite líquido máximo de 25. La capacidad de soporte corresponderá a un CBR igual o mayor del 30%.

La mina San Joaquín de la Parroquia de Mulaló presenta un límite líquido de 67.80% y un índice de plasticidad de 7.62%, la mina Salache del Cantón Salcedo muestra un límite líquido de 58.80% y un índice de plasticidad de 4.76%, mientras que el límite líquido es de 70.20 % y un índice de plasticidad de 15.72% de la mina El Progreso del Cantón la Maná, en los ensayos realizados el límite líquido supera el máximo especificado mientras que el índice plástico únicamente cumple la mina Salache de Salcedo, por lo que para ser utilizados habrá que realizar un tratamiento previo.

Especificación MTOP sección 404. Bases 404-1. base de agregados tiene que cumplir con:

- El límite líquido de la fracción que pase el tamiz N° 40 deberá ser menor de 25 y el índice de plasticidad menor de 6.

La mina San Joaquín de la Parroquia de Mulaló presenta un límite líquido de 67.80% y un índice de plasticidad de 7.62%, la mina Salache del Cantón Salcedo muestra un límite líquido de 58.80% y un índice de plasticidad de 4.76%, mientras que el límite líquido es de 70.20 % y un índice de plasticidad de 15.72% de la mina El Progreso del Cantón la Maná, en los ensayos realizados el límite líquido supera el máximo especificado mientras que el índice plástico únicamente cumple la mina Salache de Salcedo, por lo que para ser utilizados habrá que realizar un tratamiento previo.

El tratamiento previo que se dará para graduar el límite líquido y el índice de plasticidad está normado y será el siguiente:

**Numeral 816-2.**

Cuando los finos naturales existentes en los materiales originales de la cantera o yacimiento tengan un límite líquido o un índice plástico superiores a los máximos especificados, el Fiscalizador ordenará la mezcla con material adecuado, para reducir los valores de la plasticidad hasta el límite especificado.

De no ser factible esto, se procederá como se indica en el numeral 814-2.02.

**Numeral 814-2.02.**

Cuando los finos naturales existentes en los materiales originales de la cantera o yacimiento tengan un límite líquido o un índice plástico superiores a los máximos especificados, para preparar los agregados con este material, se eliminarán previamente todas las partículas menores a 10 mm. por tamizado; se triturará el material así obtenido, adicionando arena en una planta mezcladora para alcanzar la granulometría especificada.

Los agregados obtenidos por proceso de trituración o de cribado, y que cumplan los requisitos establecidos, excepto el límite líquido y el índice plástico, por lo que deberán ser mejoradas con la adición de cal hidratada en la proporción establecida en el diseño y de acuerdo a la fórmula de trabajo.

El material a incorporar para controlar el límite líquido y el índice plástico a las especificaciones, será cal hidratada.

## **6.8 ADMINISTRACIÓN.**

Los recursos empleados para la administración del presente proyecto son: la ayuda bibliográfica de la biblioteca de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, el material pétreo de la mina Salache del Cantón Salcedo, la mina San Joaquín de la Parroquia Mulaló y la mina el Progreso del Cantón La Maná, el Laboratorio de Ensayos de Materiales; bajo la supervisión de la Ing. M.Sc. Lorena Pérez quien siguió paso a paso el desarrollo de este proyecto.

## **6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN.**

Con el presente proyecto se concluye que el estudio que se realizó a las fuentes de material pétreo de la mina de Mulaló, Salcedo y La Maná, tiene varias utilidades en la construcción de obras viales, dependiendo de los resultados obtenidos en los ensayos realizados a cada uno de los materiales, a partir de este estudio se puede tener un referente de los agregados para los usuarios de los mismos.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Normas del Ministerio de Obras Públicas MOP 2003
- Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras Estatales y Transporte (AASHTO), 2007.
- Normas INEN
- El control de calidad en los agregados para concreto 3a parte. "Construcción y tecnología,"
- Manual del laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Técnica de Ambato. M.Sc. Ing. Francisco Mantilla Negrete.
- Tesis de la Srta. Daniela Tamayo de la Universidad Técnica de Ambato.
- MEDINA, Santiago "Manual de Ensayo de Materiales II".
- MANUAL DEL LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

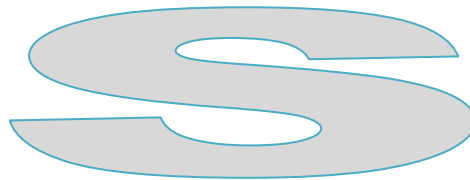
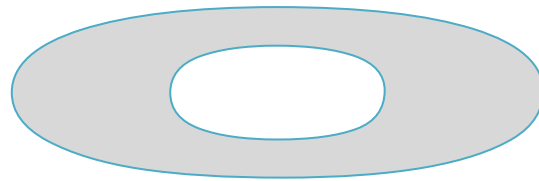
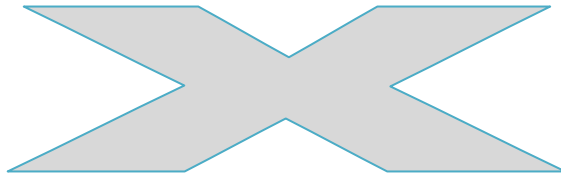
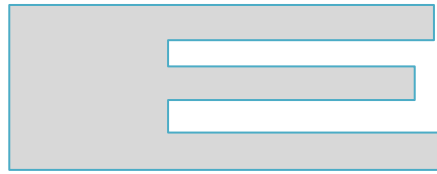
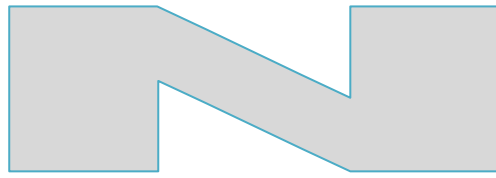
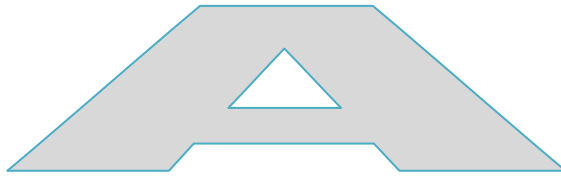
## **LINKOGRAFIA**

- [http://www.vialidad.cl/areasdevialidad/gestionvial/Documents/Informes%20y%20Estudios/GUIA\\_DE\\_DISENO\\_ESTRUCTURAL\\_DE\\_PAVIMENTOS.pdf](http://www.vialidad.cl/areasdevialidad/gestionvial/Documents/Informes%20y%20Estudios/GUIA_DE_DISENO_ESTRUCTURAL_DE_PAVIMENTOS.pdf)
- <https://docs.google.com/presentation/d/1Zaf3ODRHfMFKAuOEDY71rvhLSOH5pQxqkkPwvzrxzEM/present#slide=id.i0>
- <http://estructurasdepavimentos.blogspot.com/>
- [http://www.academia.edu/4010256/ESTUDIO\\_TECNOLOGICODE\\_LOS\\_AGREGADOS](http://www.academia.edu/4010256/ESTUDIO_TECNOLOGICODE_LOS_AGREGADOS)
- <http://notasdeconcretos.blogspot.com/2011/04/absorcion-y-humedad-superficial-de-los.html>

- <http://www.slideshare.net/alexdeiber/imforme-ensayos-de-aridos>
- <http://www.slideshare.net/ANGELSZQ/ensayo-de-agregados>
- <http://www.slideshare.net/jeymygregory/procedimiento-para-el-estudio-de-agregados-4656896>
- <http://www.slideshare.net/dianruizayala/100499744-tarealosagregados>
- <http://www.slideshare.net/jeymygregory/procedimiento-para-estudio-de-agregados>
- [http://www.tec-digital.itcr.ac.cr/file/3520247/Informe\\_N%C2%BA8\\_GRAVEDAD\\_ESPECIFICA\\_GRUPO\\_1.pdf](http://www.tec-digital.itcr.ac.cr/file/3520247/Informe_N%C2%BA8_GRAVEDAD_ESPECIFICA_GRUPO_1.pdf)
- <http://www.construaprende.com/docs/lab/335-practica-densidad-absorcion-agregados>
- [http://www.tec-digital.itcr.ac.cr/file/3520247/Informe\\_N%C2%BA8\\_GRAVEDAD\\_ESPECIFICA\\_GRUPO\\_1.pdf](http://www.tec-digital.itcr.ac.cr/file/3520247/Informe_N%C2%BA8_GRAVEDAD_ESPECIFICA_GRUPO_1.pdf)
- <http://es.scribd.com/doc/49092071/capacidad-de-absorcion>
- <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0861.2011.pdf>
- <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2220/1/T-UCE-0011-67.pdf>
- <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0696.2011.pdf>
- [http://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013\\_Manual\\_NEVI-12\\_VOLUMEN\\_3.pdf](http://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_3.pdf)
- [http://www.interagua.com.ec/transparencia/pdf/productos\\_calificados/NTP/NTP-IA-021.pdf](http://www.interagua.com.ec/transparencia/pdf/productos_calificados/NTP/NTP-IA-021.pdf)
- [http://www.transelectric.com.ec/transelectric\\_portal/files/Concursos/bo dpascuales/VOLUMENIII.pdf](http://www.transelectric.com.ec/transelectric_portal/files/Concursos/bo dpascuales/VOLUMENIII.pdf)
- <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/742/1/T-UCE-0011-31.pdf>



- <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/1597/Tesis%20592%20-%20Salazar%20Alava%20Frank%20Alexis.pdf?sequence=1>
- <http://clubensayos.com/Temas-Variados/INFORME-DE-DESGASTE-DE-LOS/1352540.html>
- [http://www.tec-digital.itcr.ac.cr/file/3520247/Informe\\_N%C2%BA8\\_GRAVEDAD\\_ESPECIFICA\\_GRUPO\\_1.pdf](http://www.tec-digital.itcr.ac.cr/file/3520247/Informe_N%C2%BA8_GRAVEDAD_ESPECIFICA_GRUPO_1.pdf)

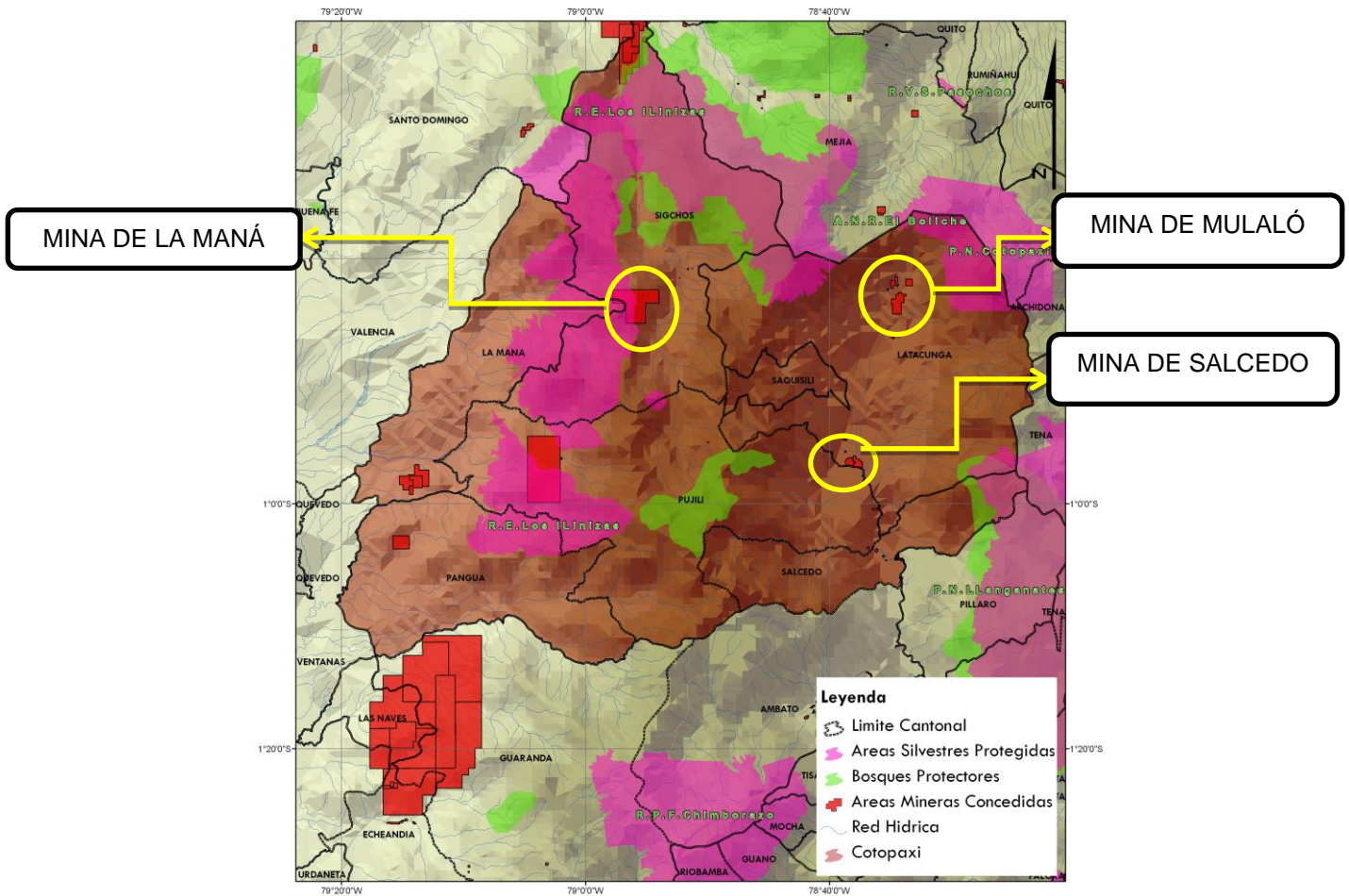


# ANEXO 1

Mapa de ubicación de minas a estudiarse en la provincia de Cotopaxi

Mapa N° 4

Provincia de Cotopaxi  
Áreas Mineras Concedidas, Áreas Silvestres Protegidas y Bosques Protectores



## ***ANEXO 2***

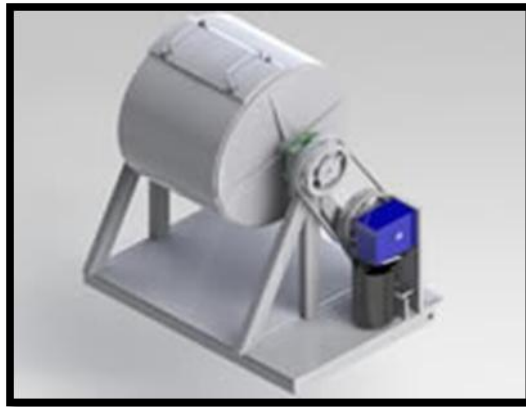
# **FOTOGRAFÍAS**

Porcentaje de absorción y contenido de humedad





Abrasión, máquina de los ángeles, tamices



Limite líquido, Casagrande



# ***ANEXO 3***

# ***MODELO DE ENCUESTA***

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

Encuesta N°:.....

Fecha:.....

Favor responder las siguientes preguntas marcando con una X dentro del paréntesis ( ).

- 1. ¿Cree usted que es apropiado utilizar los materiales pétreos de las minas de Salcedo, Mulaló y la Maná?**

**Si** ( )

**No** ( )

- 2. ¿En qué medida se incrementaría la utilización de los agregados pétreos de Salcedo, Mulaló y la Maná con este estudio?**

**Alta** ( )

**Media** ( )

**Baja** ( )

- 3. ¿Cree usted que este estudio permitirá el incremento de la explotación de minas de Salcedo, Mulaló y la Maná?**

**Si** ( )

**No** ( )

- 4. ¿Cree usted que las obras viales son necesarias?**

**Si** ( )

**No** ( )



**5. ¿Cómo califica usted a los agregados de la mina de Salcedo?**

**Buena** ( )

**Mala** ( )

**6. ¿Cómo califica usted a los agregados de la mina de Mulaló?**

**Buena** ( )

**Mala** ( )

**7. ¿Cómo califica usted a los agregados de la mina de la Maná?**

**Buena** ( )

**Mala** ( )

**8. ¿Cómo califica usted las obras viales en la Provincia de Cotopaxi una vez que terminaron totalmente de ser construidas?**

**Bien realizadas** ( )

**Mal realizadas** ( )

**9. ¿Cree usted que las obras viales se deterioran dependiendo de los materiales pétreos que se utilicen?**

**Si** ( )

**No** ( )

***ANEXO 4***

**NORMA TÉCNICA**

**ECUATORIANA**

**INEN**



# INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

---

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 856:2010**  
**Primera revisión**

---

---

## **ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL ÁRIDO FINO.**

**Primera Edición**

STANDARD TEST METHOD FOR DENSITY, RELATIVE DENSITY (SPECIFIC GRAVITY), AND ABSORPTION OF FINE AGGREGATE.

First Edition

---

DESCRIPTORES: Árido, árido fino, determinación de la densidad.  
CO 02.03-307  
CDU: 691.322  
CIU: 2901  
ICS: 91.100.15

<p><b>Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria</b></p>	<p align="center"><b>ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL ÁRIDO FINO</b></p>	<p align="center"><b>NTE INEN 856:2010 Primera revisión 2010-12</b></p>
--	---	---

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN – Casilla 17-01-3999 – Baquerizo Moreno E8-29 y Almagro – Quito-Ecuador – Prohibida la reproducción

## 1. OBJETO

**1.1** Esta norma establece el método de ensayo para determinar: la densidad, la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del árido fino.

## 2. ALCANCE

**2.1** Este método de ensayo se aplica para la determinación de la densidad promedio en una muestra de árido fino (sin incluir el volumen de vacíos entre partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del árido. Dependiendo del procedimiento utilizado, la densidad es expresada como: seca al horno (SH), saturada superficialmente seca (SSS) o como densidad aparente. De la misma manera, la densidad relativa (gravedad específica), una cantidad adimensional, es expresada como SH, SSS o como densidad relativa aparente (gravedad específica aparente). La densidad SH y la densidad relativa SH se determinan luego de secar el árido. La densidad SSS, densidad relativa SSS y la absorción se determinan luego de saturar el árido en agua por un periodo definido.

**2.2** Este método de ensayo es utilizado para determinar la densidad de la porción sólida de un número grande de partículas de árido y proporcionar un valor promedio, que representa la muestra. La diferencia entre la densidad de las partículas del árido, determinadas por éste método, y la masa unitaria (peso volumétrico) de los áridos, determinada de acuerdo al procedimiento de la NTE INEN 858, radica en que éste último método incluye el volumen de los vacíos entre las partículas del árido.

**2.3** Este método de ensayo no es aplicable para ser utilizado con áridos livianos.

**2.4** El texto de esta norma hace referencia a notas en pie de página, las cuales proveen material explicativo. Estas notas, exceptuando aquellas ubicadas en tablas y figuras, no deben ser consideradas como requisitos de esta norma.

**2.5** Esta norma no tiene el propósito de contemplar todo lo concerniente a seguridad, si es que hay algo asociado con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadamente saludables y seguras y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras antes de su uso.

## 3. DEFINICIONES

**3.1** Para los efectos de esta norma se adoptan las definiciones de la NTE INEN 694 y además las siguientes:

**3.1.1** *Absorción.* Incremento de la masa del árido debido a la penetración de agua en los poros de las partículas durante un determinado periodo de tiempo, sin incluir el agua adherida a la superficie externa de las partículas, se expresa como un porcentaje de la masa seca.

**3.1.2** *Densidad.* Masa por unidad de volumen de un material, expresada en kilogramos por metro cúbico.

**3.1.2.1** *Densidad (SH).* Masa de las partículas del árido, seco al horno, por unidad de volumen, incluyendo el volumen de los poros permeables e impermeables, sin incluir los vacíos entre partículas.

*(Continúa)*

DESCRIPTORES: Árido, árido fino, determinación de la densidad.

**3.1.2.2 Densidad (SSS).** Masa de las partículas del árido, saturado superficialmente seco, por unidad de volumen, incluyendo el volumen de poros impermeables y poros permeables llenos de agua, sin incluir los vacíos entre partículas.

**3.1.2.3 Densidad aparente.** Masa por unidad de volumen, de la porción impermeable de las partículas del árido.

**3.1.3 Seco al horno (SH), relacionado a las partículas del árido.** Condición en la cual los áridos han sido secados por calentamiento en un horno a  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  por el tiempo necesario para conseguir una masa constante.

**3.1.4 Densidad relativa (gravedad específica).** Relación entre la densidad de un material y la densidad del agua destilada a una temperatura determinada; los valores son adimensionales.

**3.1.4.1 Densidad relativa (gravedad específica) (SH).** Relación entre la densidad (SH) de los áridos y la densidad del agua destilada a una temperatura determinada.

**3.1.4.2 Densidad relativa (gravedad específica) (SSS).** Relación entre la densidad (SSS) de los áridos y la densidad del agua destilada a una temperatura determinada.

**3.1.4.3 Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente).** Relación entre la densidad aparente del árido y la densidad del agua destilada a una temperatura determinada.

**3.1.5 Saturado superficialmente seco (SSS), relacionado a las partículas del árido.** Condición en la cual los poros permeables de las partículas del árido se llenan con agua al sumergirlos por un determinado período de tiempo, pero sin agua libre en la superficie de las partículas.

#### 4. DISPOSICIONES GENERALES

**4.1** La densidad relativa (gravedad específica) es la característica generalmente utilizada para el cálculo del volumen ocupado por el árido en las mezclas que contienen áridos, incluyendo hormigón de cemento portland, hormigón bituminoso y otras mezclas que son dosificadas o analizadas en base al volumen absoluto. La densidad relativa (gravedad específica) también se la utiliza para el cálculo de vacíos entre partículas en el árido, de acuerdo a la NTE INEN 858. La densidad relativa (gravedad específica)(SSS) se la utiliza en la determinación de la humedad superficial del árido fino mediante desplazamiento de agua de acuerdo a la NTE INEN 859. La densidad relativa (gravedad específica) se la utiliza si el árido está húmedo, esto es, si ha alcanzado su absorción; por el contrario, la densidad relativa (gravedad específica) (SH) se la utiliza para los cálculos cuando el árido está seco o se asume que está seco.

**4.2** La densidad aparente y la densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) corresponden al material sólido que conforman las partículas constitutivas, sin incluir los vacíos de poros dentro de las partículas, a los cuales es accesible el agua. Este valor no es muy utilizado en la tecnología de construcción con áridos.

**4.3** Los valores de absorción se utilizan para calcular los cambios en la masa de un árido debido al agua absorbida por los poros de las partículas constitutivas, comparado con la condición seca, cuando se considera que el árido ha estado en contacto con agua el suficiente tiempo para satisfacer la mayoría del potencial de absorción. El valor de absorción determinado en el laboratorio, se consigue después de sumergir en agua el árido seco por un determinado período. Los áridos extraídos de una mina bajo la superficie del agua, comúnmente tienen un contenido de humedad mayor que la absorción determinada por este método, si se utilizan sin secarlos. Por el contrario, algunos áridos que no han sido conservados en una condición continua de humedad hasta ser utilizados, probablemente contendrán una cantidad de agua absorbida menor que en la condición de saturado en 24 horas. Para un árido que ha estado en contacto con agua y que tiene humedad libre en las superficies de las partículas, el porcentaje de humedad libre se determina restando el valor de la absorción, del valor total de humedad que contiene el árido, determinado por secado según la NTE INEN 862.

(Continúa)

**4.4** Los procedimientos generales descritos en este método de ensayo son válidos para la determinación de la absorción de áridos que han sido sometidos a condiciones de saturación diferentes que la inmersión en agua por 24 horas, tales como agua en ebullición o saturación al vacío. Los valores de absorción obtenidos mediante otros métodos de ensayo, serán diferentes de los valores obtenidos mediante la saturación indicada en este método, así como también los valores de densidad (SSS) o de densidad relativa (gravedad específica) (SSS).

**4.5** Los poros en los áridos livianos, después de la inmersión por 24 horas, no están necesariamente llenos con agua. En realidad, la absorción potencial para muchos de estos áridos no se alcanza luego de algunos días inmersos en agua. Por lo tanto, este método de ensayo no es apropiado para uso con áridos livianos.

## 5. MÉTODO DE ENSAYO

**5.1 Resumen.** Se sumerge en agua por  $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$ , una muestra de árido previamente secada, hasta conseguir una masa constante, con el propósito de llenar con agua sus poros. Se retira la muestra del agua, se seca el agua superficial de las partículas y se determina su masa. Luego, se coloca la muestra (o parte de esta) en un recipiente graduado y se determina el volumen de la muestra por el método gravimétrico o volumétrico; finalmente, la muestra se seca al horno y se determina nuevamente su masa. Utilizando los valores de masa obtenidos y mediante las fórmulas de este método de ensayo, es posible calcular la densidad, la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción.

### 5.2 Equipos

**5.2.1 Balanza.** Que tenga una capacidad de 1 kg o más, con una sensibilidad de 0,1 g o menos y una precisión de 0,1% de la carga de ensayo en cualquier punto dentro del rango de uso para este método de ensayo. La diferencia entre lecturas debe tener una precisión dentro de 0,1 g, en cualquier rango de 100 g de carga.

**5.2.2 Picnómetro (para uso con el procedimiento gravimétrico).** Matraz u otro contenedor apropiado, en el cual la muestra de ensayo de árido fino, pueda ser introducida fácilmente y en el cual el volumen contenido pueda ser legible dentro de  $\pm 0,1 \text{ cm}^3$ . El volumen del contenedor lleno hasta la marca debe ser por lo menos 50% mayor que el requerido para acomodar la muestra de ensayo. Para una muestra de ensayo de 500 g del árido más fino, es adecuado un matraz o un recipiente de  $500 \text{ cm}^3$  de capacidad, adaptado con un picnómetro en la parte superior.

**5.2.3 Matraz (para uso con el procedimiento volumétrico).** Para una muestra de ensayo de aproximadamente 55 g, es adecuado un frasco de Le Chatelier, como el que se describe en la NTE INEN 156.

**5.2.4 Molde y compactador para ensayo de humedad superficial.** El molde metálico debe tener la forma de un cono truncado, con las siguientes dimensiones:  $40 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$  de diámetro interno superior,  $90 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$  de diámetro interno en la base y  $75 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$  de altura; el metal debe tener un espesor mínimo de 0,8 mm. El compactador metálico debe tener una masa de  $340 \text{ g} \pm 15 \text{ g}$  y una cara compactadora circular y plana, de  $25 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$  de diámetro.

**5.2.5 Horno.** De tamaño suficiente, capaz de mantener una temperatura uniforme de  $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**5.3 Muestreo.** Tomar las muestras del árido, de acuerdo a la NTE INEN 695. Mezclar íntegramente la muestra y reducirla hasta obtener una muestra de ensayo de aproximadamente 1 kg, utilizando el procedimiento indicado en la NTE INEN 2 566.

### 5.4 Preparación de la muestra de ensayo

**5.4.1** Colocar la muestra en una bandeja o en otro recipiente apropiado y secarla en el horno a una temperatura de  $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ , hasta conseguir una masa constante, dejarla que se enfríe hasta una temperatura que sea confortable para su manipulación (aproximadamente  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ ), luego cubrirla con agua, ya sea por inmersión o por adición de agua, hasta alcanzar al menos 6% de humedad en el árido fino y dejar que repose por  $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$ .

(Continúa)

**5.4.1.1** Cuando se utilizan los valores de absorción y densidad relativa (gravedad específica) en la dosificación de mezclas de hormigón, en las que el árido estará en condición de humedad natural; el requisito del numeral 5.4.1 sobre el secado inicial es opcional y si la superficie de las partículas de la muestra ha sido conservada húmeda continuamente hasta el ensayo, el requisito del numeral 5.4.1 sobre la inmersión por  $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$ , también es opcional (ver nota 1)

**5.4.2** Decantar el exceso de agua, evitando la pérdida de finos (ver apéndice X), extender la muestra sobre una superficie plana, no absorbente, expuesta a una corriente suave de aire caliente y moverla frecuentemente para asegurar un secado homogéneo. Si se desea, se pueden utilizar equipos mecánicos como un agitador, para ayudar a alcanzar la condición saturada superficialmente seca. Continuar esta operación hasta que la muestra se aproxime a una condición de flujo libre. Seguir el procedimiento indicado en el numeral 5.4.3 para determinar si la humedad superficial todavía esta presente en las partículas constituyentes del árido fino. Realizar el primer ensayo para esta determinación cuando todavía exista agua superficial en la muestra. Continuar secando con agitación constante y probar a intervalos frecuentes hasta que el ensayo indique que la muestra ha alcanzado la condición de superficie seca. Si el primer ensayo de determinación de humedad superficial indica que la humedad no esta presente en la superficie, significa que se ha secado más allá de la condición saturada superficialmente seca; en este caso, mezclar íntegramente el árido fino con algunos  $\text{cm}^3$  de agua y dejar que la muestra repose en un recipiente cubierto por 30 minutos. A continuación, reanudar el proceso de secado y ensayos a intervalos frecuentes hasta determinar el inicio de la condición de superficie seca.

**5.4.3** *Ensayo para determinar la humedad superficial.* Mantener firmemente el molde sobre una superficie lisa no absorbente, con el diámetro mayor hacia abajo. Colocar en el molde en forma suelta, una porción del árido fino parcialmente seco, hasta llenarlo colocando material adicional en la parte superior manteniendo firme el molde con la mano, compactar el árido fino con 25 golpes ligeros del compactador. Cada caída debe iniciar aproximadamente 5 mm sobre la superficie del árido. Permitir que el compactador caiga libremente bajo la atracción gravitacional en cada golpe. Ajustar la altura de inicio a la nueva elevación de la superficie después de cada golpe y distribuirlos sobre la superficie. Remover el árido fino que ha caído alrededor de la base y levantar el molde verticalmente. Si la humedad superficial todavía esta presente, el árido fino mantendrá la forma del molde. Cuando el árido fino se desmorona ligeramente, ello indica que se ha alcanzado la condición de superficie seca.

**5.4.3.1** Algunos áridos finos con partículas de forma predominantemente angular o con una alta proporción de finos, pueden no desmoronarse en el ensayo del cono, al alcanzar la condición de superficie seca. Este problema se puede verificar si al dejar caer desde una altura de 100 mm a 150 mm sobre una superficie, un puñado de árido fino, tomado de la muestra ensayada, se pueden observar partículas individuales muy finas. Para estos materiales, se considera que han alcanzado la condición saturada superficialmente seca, en el punto en que, luego de remover el molde, un lado del árido fino apenas se derrumba. En el Apéndice W se describen algunos criterios que se han utilizado en materiales que no se desmoronan fácilmente.

## **5.5 Procedimiento**

**5.5.1** Ensayar, ya sea por el procedimiento gravimétrico indicado en el numeral 5.5.2 o por el procedimiento volumétrico indicado en el numeral 5.5.3. Realizar todas las determinaciones de masa con una aproximación al 0,1 g.

### **5.5.2** *Procedimiento gravimétrico (picnómetro):*

**5.5.2.1** Llenar parcialmente el picnómetro con agua. Introducir en el picnómetro  $500 \text{ g} \pm 10 \text{ g}$  de árido fino saturado superficialmente seco, preparado como se describe en el numeral 5.4 y llenar con agua adicional hasta aproximadamente el 90% de su capacidad. Agitar el picnómetro como se describe, manualmente en el literal a) o mecánicamente en el literal b) de este numeral.

NOTA 1. Los valores de absorción y densidad relativa (gravedad específica) (SSS) pueden ser significativamente más altos en áridos que no se los ha secado en el horno antes de la inmersión, respecto al mismo árido tratado de acuerdo con el numeral 5.4.1.

(Continúa)

- a) Manualmente: rodar, invertir y agitar el picnómetro (o utilizar una combinación de estas tres acciones) para eliminar las burbujas visibles de aire (ver nota 2).
- b) Mecánicamente: agitar el picnómetro mediante una vibración externa, de una forma que no degrade la muestra. Para promover la eliminación de aire sin degradación, es suficiente un nivel de agitación ajustado para solamente mantener las partículas individuales en movimiento. Se puede considerar aceptable un agitador mecánico, si en ensayos de comparación para cada período de seis meses de uso, muestra variaciones menores que el rango aceptable de dos resultados (2ds) indicados en la tabla 1, respecto a los resultados de la agitación manual en el mismo material.

**5.5.2.2** Luego de eliminar todas las burbujas de aire, ajustar la temperatura del picnómetro y su contenido a  $23,0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , si es necesario media nte inmersión parcial en agua circulante; y llevar el nivel de agua en el picnómetro hasta la marca de calibración. Determinar la masa total del picnómetro, muestra y agua.

**5.5.2.3** Retirar el árido fino del picnómetro, secarlo en el horno a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , hasta conseguir una masa constante y enfriarlo a temperatura ambiente por  $1\text{ h} \pm \frac{1}{2}\text{ h}$ , determinar su masa.

**5.5.2.4** Determinar la masa del picnómetro lleno hasta la marca de calibración, con agua a  $23,0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### **5.5.3** Procedimiento volumétrico (frasco de Le Chatelier):

**5.5.3.1** Llenar el frasco, inicialmente con agua hasta un punto en el cuello, entre las marcas  $0\text{ cm}^3$  a  $1\text{ cm}^3$ . Registrar esta lectura inicial con el frasco y su contenido dentro de un rango de temperatura de  $23,0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Añadir  $55\text{ g} \pm 5\text{ g}$  de árido fino e n condición saturado superficialmente seco (u otra cantidad medida, según sea necesario). Después de que todo el árido fino ha sido introducido, colocar el tapón en el frasco y rodarlo en posición inclinada o hacerlo girar suavemente en círculos horizontales, de manera de desalojar todo el aire atrapado, continuando hasta que no suban a la superficie más burbujas (ver nota 3). Tomar la lectura final con el frasco y su contenido a una temperatura dentro de  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  respecto de la inicial.

**5.5.3.2** Para la determinación de la absorción, utilizar una porción separada de  $500\text{ g} \pm 10\text{ g}$  de árido fino en condición saturada superficialmente seca, secarlo hasta conseguir una masa constante y determinar su masa seca.

## **5.6** Cálculos

### **5.6.1** Símbolos

- A = masa de la muestra seca al horno, g  
 B = masa del picnómetro lleno con agua, hasta la marca de calibración, g  
 C = masa del picnómetro lleno con muestra y agua hasta la marca de calibración, g  
 $R_1$  = lectura inicial del nivel de agua en el frasco de Le Chatelier,  $\text{cm}^3$   
 $R_2$  = lectura final del nivel de agua en el frasco de Le Chatelier,  $\text{cm}^3$   
 S = masa de muestra saturada superficialmente seca (utilizada en el procedimiento gravimétrico, para determinar la densidad y la densidad relativa (gravedad específica) o para determinar la absorción, con ambos procedimientos), g  
 $S_1$  = masa de la muestra saturada superficialmente seca (utilizada en el procedimiento volumétrico, para determinar la densidad y la densidad relativa (gravedad específica)), g

### **5.6.2** Densidad relativa (gravedad específica):

**5.6.2.1** Densidad relativa (gravedad específica) (SH). Calcular la densidad relativa (gravedad específica) del árido en condición seco al horno, de la siguiente manera:

NOTA 2. Normalmente se necesita alrededor de 15 min a 20 min, para eliminar las burbujas de aire, por métodos manuales. Para dispersar la espuma que algunas veces se genera cuando se eliminan las burbujas

NOTA 3. Para eliminar la espuma que aparece en la superficie, se puede utilizar una pequeña cantidad medida de alcohol isopropílico (no mayor a  $1\text{ cm}^3$ ). El volumen de alcohol utilizado debe ser restado de la lectura final registrada. ( $R_2$ ).

(Continúa)



a) Procedimiento gravimétrico:

$$\text{Densidad relativa (gravedad específica) (SH)} = \frac{A}{(B + S - C)} \quad (1)$$

b) Procedimiento volumétrico:

$$\text{Densidad relativa (gravedad específica) (SH)} = \frac{S_1 \left(\frac{A}{S}\right)}{0,9975(R_2 - R_1)} \quad (2)$$

**5.6.2.2 Densidad relativa (gravedad específica) (SSS).** Calcular la densidad relativa (gravedad específica) del árido en condición saturada superficialmente seca, de la siguiente manera:

a) Procedimiento gravimétrico:

$$\text{Densidad relativa (gravedad específica) (SSS)} = \frac{S}{(B + S - C)} \quad (3)$$

b) Procedimiento volumétrico:

$$\text{Densidad relativa (gravedad específica) (SSS)} = \frac{S_1}{0,9975(R_2 - R_1)} \quad (4)$$

**5.6.2.3 Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente).** Calcular la densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) de la siguiente manera:

a) Procedimiento gravimétrico:

$$\text{Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)} = \frac{A}{(B + A - C)} \quad (5)$$

b) Procedimiento volumétrico:

$$\text{Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)} = \frac{S_1 \left(\frac{A}{S}\right)}{0,9975(R_2 - R_1) - \left[\left(\frac{S_1}{S}\right)(S - A)\right]} \quad (6)$$

**5.6.3 Densidad:**

**5.6.3.1 Densidad (SH).** Calcular la densidad del árido en condición seco al horno, de la siguiente manera:

a) Procedimiento gravimétrico:

$$\text{Densidad (SH), kg/m}^3 = \frac{997,5 A}{(B + S - C)} \quad (7)$$

b) Procedimiento volumétrico:

$$\text{Densidad (SH), kg/m}^3 = \frac{997,5 S_1 \left(\frac{A}{S}\right)}{0,9975(R_2 - R_1)} \quad (8)$$

(Continúa)

**5.6.3.2 Densidad (SSS).** Calcular la densidad del árido en condición saturada superficialmente seca, de la siguiente manera:

a) Procedimiento gravimétrico:

$$\text{Densidad (SSS), kg/m}^3 = \frac{997,5 S}{(B + S - C)} \quad (9)$$

b) Procedimiento volumétrico:

$$\text{Densidad (SSS), kg/m}^3 = \frac{997,5 S_1}{0,9975(R_2 - R_1)} \quad (10)$$

**5.6.3.2 Densidad aparente.** Calcular la densidad aparente de la siguiente manera:

a) Procedimiento gravimétrico:

$$\text{Densidad aparente (SSS), kg/m}^3 = \frac{997,5 A}{(B + A - C)} \quad (11)$$

b) Procedimiento volumétrico:

$$\text{Densidad aparente (SSS), kg/m}^3 = \frac{997,5 S_1 \left(\frac{A}{S}\right)}{0,9975(R_2 - R_1) - \left[\left(\frac{S_1}{S}\right)(S - A)\right]} \quad (12)$$

**5.6.4 Absorción.** Calcular el porcentaje de absorción, de la siguiente manera:

$$\text{Absorción, \%} = \frac{(S - A)}{A} \times 100 \quad (13)$$

(Ver nota 4)

**5.7 Informe de resultados.** Se debe elaborar un informe de resultados que contenga al menos lo siguiente:

- Fecha de muestreo y ensayo,
- Nombre del laboratorio y del laboratorista que efectuó el ensayo,
- Identificación de la muestra de árido fino,
- Resultados de densidad con una aproximación de 10 kg/m<sup>3</sup>, resultados de densidad relativa (gravedad específica) con una aproximación de 0,01 e indicar la condición del árido para densidad o densidad relativa (gravedad específica), ya sea (SH), (SSS) o aparente,
- Resultado de absorción con una aproximación de 0,1%,
- Si los valores de densidad, densidad relativa (gravedad específica) fueron determinados sin el secado preliminar del árido, según lo permitido en el numeral 5.4.1.1, registrar este particular en el informe,
- Otros detalles necesarios para la completa identificación de la muestra.

NOTA 4. El valor constante (997,5 kg/m<sup>3</sup>), utilizado en los cálculos de los numerales 5.6.2 a 5.6.4 es la densidad del agua destilada a 23 °C. Algunas autoridades recomiendan utilizar la densidad del agua destilada a 4 °C (1 000 kg/m<sup>3</sup> o 1,000 Mg/m<sup>3</sup>), valores suficientemente precisos.

(Continúa)

## 5.8 Precisión y desviación

**5.8.1 Precisión.** La estimación de la precisión de este método de ensayo, que figura en la tabla 1, se basa en los resultados del Programa de muestras de referencia del laboratorio de materiales de la AASHTO, los ensayos fueron realizados de acuerdo a la norma ASTM C 128 y a la norma AASHTO T 84. La diferencia significativa entre estos métodos es que la norma ASTM C 128 requiere un período de saturación de 24 h  $\pm$  4 h mientras que la norma AASHTO T 84 requiere un período de saturación de 15 h a 19 h. Se ha encontrado que esta diferencia tiene un efecto insignificante sobre los índices de precisión. Los datos se basan en el análisis de más de 100 pares de resultados de ensayos de 40 a 100 laboratorios. La estimación de la precisión para densidad fue calculada a partir de valores determinados de densidad relativa (gravedad específica), utilizando la densidad del agua destilada a 23 °C para la conversión.

**TABLA 1. Precisión**

	Desviación estándar (1s) <sup>A</sup>	Rango aceptable de dos resultados (d2s) <sup>A</sup>
<b>Precisión para un solo operador:</b>		
Densidad (SH), kg/m <sup>3</sup>	11	13
Densidad (SSS), kg/m <sup>3</sup>	9,5	27
Densidad aparente, kg/m <sup>3</sup>	9,5	27
Densidad relativa (gravedad específica) (SH)	0,011	0,032
Densidad relativa (gravedad específica) (SSS)	0,0095	0,027
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	0,0095	0,027
Absorción, % <sup>B</sup>	0,11	0,31
<b>Precisión multilaboratorio:</b>		
Densidad (SH), kg/m <sup>3</sup>	23	64
Densidad (SSS), kg/m <sup>3</sup>	20	56
Densidad aparente, kg/m <sup>3</sup>	20	56
Densidad relativa (gravedad específica) (SH)	0,023	0,066
Densidad relativa (gravedad específica) (SSS)	0,020	0,056
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	0,020	0,056
Absorción, % <sup>B</sup>	0,23	0,66
<sup>A</sup> Estos números representan los límites (1s) y (d2s) respectivamente, como se describen en la norma ASTM C 670. La estimación de la precisión fue obtenida del análisis de los resultados de las muestras de referencia combinadas del laboratorio de materiales de la AASHTO, obtenidos de laboratorios que utilizaron un tiempo de saturación de 15 h a 19 h y otros laboratorios que utilizaron 24 h $\pm$ 4 h de saturación. El ensayo se realizó en áridos de masa normal y comenzó con los áridos en condición seca al horno.		
<sup>B</sup> La estimación de la precisión está basada en áridos con absorciones menores de 1% y pueden variar en áridos finos producto de trituración, así como en áridos que tengan valores de absorción mayores de 1%.		

**5.8.2 Desviación.** Puesto que no hay un material de referencia aceptado, que sea adecuado para determinar la desviación de este método de ensayo, no se ha hecho ninguna declaración de desviación.

(Continúa)

**APÉNDICE W**  
**(Información opcional)**

**CRITERIOS UTILIZADOS PARA DETERMINAR LA CONDICIÓN SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA, EN MATERIALES QUE NO SE DESMORONAN FÁCILMENTE**

**W.1** En materiales que no se desmoronan fácilmente se han utilizado los siguientes criterios:

**W.1.1** *Ensayos provisionales de cono.* Realizar el ensayo del molde cónico como se describe en el numeral 5.4.3, excepto que se debe aplicar solamente 10 golpes. Añadir más árido fino y aplicar 10 golpes nuevamente. A continuación, agregar material dos veces más, aplicando 3 y 2 golpes del compactador, respectivamente. Nivelar el material al ras de la parte superior del molde, retirar el material suelto en la base y levantar el molde verticalmente.

**W.1.2** *Ensayo provisional de la superficie.* Si se observan los finos en el aire cuando se tiene un árido fino que no se desmorona cuando se encuentra en una condición de humedad, agregar más humedad al árido fino y cuando se considera que el material está en la condición de superficie seca, colocar con la mano aproximadamente 100 g de material sobre una superficie plana, no absorbente, seca, limpia, oscura o gris, como una plancha de caucho, una superficie de acero, galvanizada o una superficie de metal pintada de negro. Después de 1 s a 3 s, retirar el árido fino. Si se muestra humedad visible en la superficie de ensayo por más de 1 s a 2 s, entonces se considera que la humedad superficial está aún presente en el árido fino.

**W.1.3** Procedimientos colorimétricos, descritos por Kandhal y Lee, en Highway Research Record No. 307, página 44.

**W.1.4** Para alcanzar la condición saturada superficialmente seca en un material de un solo tamaño, que se desmorona cuando está húmedo, se pueden utilizar toallas de papel con textura áspera para secar la superficie del material hasta el punto donde se alcanza la condición, que es cuando la toalla de papel no parece estar recogiendo humedad de las superficies de las partículas del árido fino.

(Continúa)

**APÉNDICE X**  
**(Información opcional)**

**DIFERENCIAS POTENCIALES EN LA DENSIDAD RELATIVA Y LA ABSORCIÓN DEBIDO A LA PRESENCIA DE MATERIAL MÁS FINO QUE 75  $\mu\text{m}$**

**X.1** Se ha encontrado que puede haber diferencias significativas en la densidad relativa y la absorción, entre muestras de árido fino ensayadas con material más fino que 75  $\mu\text{m}$  (tamiz No. 200) presente y no presente en las muestras. Las muestras en las que no se ha retirado el material más fino que 75  $\mu\text{m}$ , por lo general dan una mayor absorción y una menor densidad relativa en comparación con el resultado del ensayo del mismo árido fino del cual se ha retirado el material más fino que 75  $\mu\text{m}$ , siguiendo los procedimientos de la NTE INEN 697. En las muestras que contienen material más fino que 75  $\mu\text{m}$ , se puede crear una capa que recubre las partículas más gruesas del árido fino, durante el proceso de secado superficial. El resultado de la medición de la densidad relativa y absorción, es el de las partículas aglomeradas y recubiertas y no el del material original. La diferencia en la absorción y en la densidad relativa determinada entre las muestras en las que no se ha retirado el material más fino que 75  $\mu\text{m}$  y las muestras en las que si se lo ha retirado, depende tanto de la cantidad presente del material más fino que 75  $\mu\text{m}$  como de la naturaleza del material. Cuando la presencia del material más fino que 75  $\mu\text{m}$  es menor que aproximadamente el 4% en masa, la diferencia en la densidad relativa entre las muestras lavadas y sin lavar es inferior a 0,03. Cuando la presencia del material más fino que 75  $\mu\text{m}$  es mayor que aproximadamente el 8% en masa, la diferencia en la densidad relativa obtenida entre las muestras lavadas y sin lavar puede ser tan grande como 0,13. Se ha encontrado que la densidad relativa determinada en áridos finos de los cuales se ha retirado el material más fino que 75  $\mu\text{m}$  antes del ensayo, refleja con mayor precisión la densidad relativa del material.

**X.2** Se puede suponer que el material más fino que 75  $\mu\text{m}$ , que se extrae, tiene la misma densidad relativa del árido fino. Alternativamente, la densidad relativa (gravedad específica) del material más fino que 75  $\mu\text{m}$  puede ser también evaluada, utilizando el procedimiento descrito en la norma ASTM D 854, sin embargo, este ensayo determina la densidad relativa aparente y no la densidad relativa.

*(Continúa)*

**APÉNDICE Y**  
(Información opcional)

**INTERRELACIÓN ENTRE DENSIDADES RELATIVAS (GRAVEDADES ESPECÍFICAS) Y  
ABSORCIÓN, SEGÚN SE DEFINEN EN LAS NTE INEN 857 Y NTE INEN 856**

**Y.1** Este apéndice proporciona relaciones matemáticas entre los tres tipos de densidad relativa (gravedad específica) y la absorción. Estos valores pueden ser útiles para controlar la correspondencia de los datos reportados o calcular un valor que no se ha reportado mediante el uso de otros datos reportados.

**Y.2** Donde:

$S_d$  = densidad relativa (gravedad específica) (SH),  
 $S_s$  = densidad relativa (gravedad específica) (SSS),  
 $S_a$  = densidad relativa aparente (gravedad específica aparente), y  
 A = absorción en %.

Calcular los valores de cada uno, de la siguiente manera:

$$S_s = \left(1 + \frac{A}{100}\right) S_d \quad (\text{Y.1})$$

$$S_s = \frac{1}{\frac{1}{S_d} - \frac{A}{100}} = \frac{S_d}{1 - \frac{AS_d}{100}} \quad (\text{Y.2})$$

$$\text{ó } S_a = \frac{1}{\frac{1 + A/100}{S_s} - \frac{A}{100}} = \frac{S_s}{1 - \left[\frac{A}{100}(S_s - 1)\right]} \quad (\text{Y.3})$$

$$A = \left(\frac{S_s}{S_d} - 1\right) 100 \quad (\text{Y.4})$$

$$A = \left(\frac{S_a - S_s}{S_a(S_s - 1)}\right) 100 \quad (\text{Y.5})$$

(Continúa)

## APÉNDICE Z

### Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 156	<i>Cemento hidráulico. Determinación de la densidad.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 694	<i>Hormigón y áridos para elaborar hormigón. Terminología.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 695	<i>Áridos. Muestreo.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 697	<i>Áridos. Determinación del material más fino que pasa el tamiz con aberturas de 75 µM (No. 200), mediante lavado.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 857	<i>Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido grueso.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 858	<i>Áridos. Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 859	<i>Áridos para hormigón. Determinación de la humedad superficial en el árido fino.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 862	<i>Áridos para hormigón. Determinación del contenido total de humedad.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 566	<i>Áridos. Reducción de muestras a tamaño de ensayo</i>
Norma ASTM C 128	<i>Método de ensayo para determinar la densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del árido fino.</i>
Norma ASTM C 670	<i>Práctica para la preparación de informes de precisión y desviación para métodos de ensayo para materiales de construcción</i>
Norma ASTM D 854	<i>Método de ensayo para determinar la gravedad específica de los suelos sólidos por medio del picnómetro con agua.</i>
Norma AAASHTO T 84	<i>Gravedad específica y absorción del árido fino.</i>

### Z.2 BASE DE ESTUDIO

ASTM C 128 – 07a. Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate. American Society for Testing and Materials. Philadelphia, 2007.

## INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

<b>Documento:</b> NTE INEN 856 Primera revisión	<b>TÍTULO:</b> ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL ÁRIDO FINO	<b>Código:</b> CO 02.03-307
---	---	--------------------------------

<b>ORIGINAL:</b> Fecha de iniciación del estudio:	<b>REVISIÓN:</b> Fecha de aprobación anterior del Consejo Directivo 1982-12-09 Oficialización con el Carácter de <b>OBLIGATORIA</b> por Acuerdo Ministerial No. 504 del 1983-09-27 publicado en el Registro Oficial No. 598 del 1983-10-13  Fecha de iniciación del estudio: 2010-02-25
--	---

Fechas de consulta pública: de \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_

Subcomité Técnico: **HORMIGONES, ÁRIDOS Y MORTEROS**

Fecha de iniciación: 2010-03-09

Fecha de aprobación: 2010-03-25

Integrantes del Subcomité Técnico:

**NOMBRES:**

**INSTITUCIÓN REPRESENTADA:**

Ing. Guillermo Realpe (Presidente)

FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

Ing. José Arce (Vicepresidente)

HORMIGONES HÉRCULES S. A.

Ing. Jaime Salvador

INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y DEL HORMIGÓN. INECYC.

Ing. Raúl Ávila

ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE HORMIGÓN PREMEZCLADO DEL ECUADOR, APRHOPEC.

Ing. Hugo Egüez

HOLCIM ECUADOR S. A. AGREGADOS

Ing. Raúl Cabrera

HOLCIM ECUADOR S. A. HORMIGONES

Sr. Carlos Aulestia

LAFARGE CEMENTOS S. A.

Ing. Xavier Arce

CÁMARA DE LA CONSTRUCCIÓN DE GUAYAQUIL.

Ing. Marlon Valarezo

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

Arq. Soledad Moreno

INTACO ECUADOR S. A.

Ing. Carlos González

INTACO ECUADOR S. A.

Ing. Víctor Buri

HORMIGONES HÉRCULES S. A.

Ing. Douglas Alejandro

MUNICIPIO DE GUAYAQUIL.

Ing. Verónica Miranda

COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DE PICHINCHA / HORMIGONERA EQUINOCCIAL

Ing. Diana Sánchez

FACULTAD DE INGENIERÍA. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR.

Ing. Stalin Serrano

HORMIGONERA EQUINOCCIAL.

Ing. Xavier Herrera

HORMIGONERA QUITO

Ing. Mireya Martínez

CAMINOSCA CIA. LTDA.

Ing. Rubén Vásquez

CEMENTO CHIMBORAZO C. A.

Ing. Víctor Luzuriaga

INDUSTRIAS GUAPÁN S. A.

Ing. Patricio Torres

DICOPLAN CIA. LTDA.

Ing. Luis Balarezo

CUERPO DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO

Ing. Eric Galarza

SIKA ECUATORIANA S. A.

Ing. Nelson Alvear

SIKA ECUATORIANA S. A.

Ing. Carlos Castillo(Prosecretario Técnico)

INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y DEL HORMIGÓN. INECYC

Otros trámites: ♦<sup>4</sup> La NTE INEN 856:1983 sin ningún cambio en su contenido fue **DESREGULARIZADA**, pasando de **OBLIGATORIA a VOLUNTARIA**, según Acuerdo Ministerial No. 235 de 1998-05-04 publicado en el Registro Oficial No. 321 del 1998-05-20.

Esta NTE INEN 856:2010 (Primera Revisión), reemplaza a la NTE INEN 856:1983

El Directorio del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 2010-10-29

Oficializada como: Voluntaria  
Registro Oficial No. 347 de 2010-12-23

Por Resolución No. 127-2010 de 2010-11-30



---

**Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre  
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815  
Dirección General: E-Mail: [direccion@inen.gov.ec](mailto:direccion@inen.gov.ec)  
Área Técnica de Normalización: E-Mail: [normalizacion@inen.gov.ec](mailto:normalizacion@inen.gov.ec)  
Área Técnica de Certificación: E-Mail: [certificacion@inen.gov.ec](mailto:certificacion@inen.gov.ec)  
Área Técnica de Verificación: E-Mail: [verificacion@inen.gov.ec](mailto:verificacion@inen.gov.ec)  
Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail: [inencati@inen.gov.ec](mailto:inencati@inen.gov.ec)  
Regional Guayas: E-Mail: [inenguayas@inen.gov.ec](mailto:inenguayas@inen.gov.ec)  
Regional Azuay: E-Mail: [inencuenca@inen.gov.ec](mailto:inencuenca@inen.gov.ec)  
Regional Chimborazo: E-Mail: [inenriobamba@inen.gov.ec](mailto:inenriobamba@inen.gov.ec)  
URL: [www.inen.gov.ec](http://www.inen.gov.ec)**



# INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

---

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 696:2011**  
**Primera revisión**

---

---

## **ÁRIDOS. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN LOS ÁRIDOS, FINO Y GRUESO.**

**Primera Edición**

STANDARD TEST METHOD FOR SIEVE ANALYSIS OF FINE AND COARSE AGGREGATES.

First Edition

---

DESCRIPTORES: Materiales de construcción y edificación, materiales y productos minerales y cerámicos, áridos grueso y fino, ensayo, granulometría.  
CO 02.03-301  
CDU: 691.322 :620.173.2  
CIU: 2901  
ICS: 91.100.15

<b>Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria</b>	<b>ÁRIDOS. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN LOS ÁRIDOS, FINO Y GRUESO.</b>	<b>NTE INEN 696:2011 Primera revisión 2011-05</b>
---	--	---

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN – Casilla 17-01-3999 – Baquerizo Moreno E8-29 y Almagro – Quito-Ecuador – Prohibida la reproducción

## 1. OBJETO

**1.1** Esta norma establece el método de ensayo para determinar la distribución granulométrica de las partículas de áridos, fino y grueso, por tamizado.

## 2. ALCANCE

**2.1** Este método de ensayo se utiliza principalmente para determinar la graduación de materiales con el propósito de utilizarlos como áridos para hormigón o utilizarlos como áridos para otros propósitos. Los resultados se utilizan para determinar el cumplimiento de la distribución granulométrica de las partículas con los requisitos de las especificaciones aplicables y proporcionar la información necesaria para el control de la producción de diversos productos de áridos y mezclas que contengan áridos. La información también puede ser útil en el desarrollo de relaciones para estimar la porosidad y el arreglo de las partículas.

**2.2** En esta norma se incluyen instrucciones para el análisis granulométrico de áridos que contienen mezclas de fracciones finas y gruesas.

**2.3** Mediante el uso de este método de ensayo, no se puede lograr una determinación precisa del material más fino que el tamiz de 75 µm (No. 200). Para el tamizado del material más fino que el tamiz de 75 µm mediante lavado, se debe emplear la NTE INEN 697.

## 3. DEFINICIONES

**3.1** Para los efectos de esta norma se adoptan las definiciones contempladas en la NTE INEN 694.

## 4. DISPOSICIONES GENERALES

**4.1** Algunas especificaciones para áridos las cuales hacen referencia a este método de ensayo contienen requisitos para graduación de las fracciones gruesa y fina. En esta norma se incluyen las instrucciones para los análisis granulométricos de tales áridos.

**4.2** Para los métodos de muestreo y ensayo de los áridos de alta densidad, se debe referir a la norma ASTM C 637.

**4.3** Esta norma no tiene el propósito de contemplar todo lo concerniente a seguridad, si es que hay algo asociado con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadamente saludables y seguras y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras antes de su uso.

## 5. MÉTODO DE ENSAYO

**5.1 Resumen.** Las partículas componentes de una muestra en condiciones secas y de masa conocida son separadas por tamaño a través de una serie de tamices de aberturas ordenadas en forma descendente. Las masas de las partículas mayores a las aberturas de la serie de tamices utilizados, expresado en porcentaje de la masa total, permite determinar la distribución del tamaño de partículas.

*(Continúa)*

DESCRIPTORES: Materiales de construcción y edificación, materiales y productos minerales y cerámicos, áridos grueso y fino, ensayo, granulometría.

## 5.2 Equipos

**5.2.1 Balanzas.** Las balanzas utilizadas en el ensayo del árido fino y grueso deben tener una legibilidad y exactitud como la que se indica a continuación:

**5.2.1.1** Para árido fino, debe ser legible hasta 0,1 g y tener una precisión de 0,1 g o del 0,1% de la carga de ensayo, el que sea mayor, en cualquier punto, dentro del rango de uso.

**5.2.1.2** Para árido grueso o mezclas de áridos fino y grueso, debe ser legible y tener una precisión de 0,5 g o 0,1% de la carga de ensayo, el que sea mayor, en cualquier punto dentro del rango de uso.

**5.2.2 Tamices.** La tela del tamiz debe ser montada sobre marcos cuya construcción evite pérdidas de material durante el tamizado. La tela y los marcos del tamiz normalizado deben cumplir con los requisitos de la NTE INEN 154. Los marcos de tamiz no normalizados deben cumplir con los requisitos de la NTE INEN 154 que sean aplicables (ver nota 1).

**5.2.3 Agitador de tamices mecánico.** Un dispositivo de tamizado mecánico, si se utiliza, debe crear un movimiento en los tamices que produzca que las partículas reboten y caigan, u otro tipo de movimiento que presente diferente orientación a la superficie de tamizado. La acción de tamizado debe ser tal que se cumpla el criterio para un tamizado adecuado, descrito en el numeral 5.4.4, en un período de tiempo razonable (ver nota 2).

**5.2.4 Horno.** Un horno de tamaño adecuado, capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 °C ± 5 °C.

## 5.3 Muestreo

**5.3.1** Muestrear el árido de conformidad con NTE INEN 695. El tamaño de la muestra de campo debe ser la cantidad indicada en la NTE INEN 695 o cuatro veces la cantidad requerida en los numerales 5.3.4 y 5.3.5 (excepto como se ha modificado en el numeral 5.3.6), el que sea mayor.

**5.3.2** Mezclar completamente la muestra y reducirla a una cantidad adecuada para el ensayo, utilizando los procedimientos descritos en la norma ASTM C 702. La muestra para el ensayo debe ser, aproximadamente, la cantidad deseada en seco y se la debe obtener como resultado final de la reducción. No se permite una reducción a una cantidad exacta predeterminada (ver nota 3).

**5.3.3 Árido fino.** El tamaño de la muestra para el ensayo, luego de secarla, debe ser como mínimo 300 gramos.

**5.3.4 Árido grueso.** El tamaño de la muestra para el ensayo de árido grueso debe cumplir con lo señalado en la tabla 1.

NOTA 1. Para ensayos de árido grueso se recomienda utilizar tamices montados en marcos más grandes que el normalizado de 203,2 mm de diámetro, para reducir la posibilidad de sobrecargar los tamices. Ver el numeral 5.4.3.

NOTA 2. Se recomienda el uso de un agitador de tamices mecánico cuando el tamaño de la muestra es de 20 kg o más, aunque puede ser utilizado para muestras más pequeñas, incluyendo árido fino. Un tiempo excesivo (mayor a 10 minutos aproximadamente) puede resultar en la degradación de la muestra. El mismo agitador de tamices mecánico puede no resultar práctico para todos los tamaños de muestras, ya que se necesita un área de tamizado mayor para el tamizado efectivo de un árido grueso de mayor tamaño nominal y muy probable puede ocasionar la pérdida de una porción de la muestra si se lo utiliza con una muestra pequeña de árido grueso o árido fino.

NOTA 3. En caso de que el análisis granulométrico, incluyendo la determinación del material más fino que el tamiz de 75 µm, sea el único ensayo a realizarse, se puede reducir en el campo el tamaño de la muestra para evitar el envío de cantidades excesivas de material adicional al laboratorio.

(Continúa)

**TABLA 1. Tamaño de la muestra para ensayo del árido grueso**

Tamaño nominal máximo, Aberturas cuadradas, en mm (pulgadas).	Tamaño de la muestra del ensayo Mínimo (kg)
9,5	1
12,5	2
19,0	5
25,0	10
37,5	15
50	20
63	35
75	60
90	100
100	150
125	300

**5.3.5 Mezclas de áridos grueso y fino.** El tamaño de la muestra para el ensayo de las mezclas de árido grueso y fino, debe ser el mismo que para el árido grueso indicado en el numeral 5.3.4.

**5.3.6 Muestreo del árido grueso de gran tamaño.** El tamaño de la muestra requerida para árido con un tamaño nominal máximo de 50 mm o mayor, debe ser tal que se evite la reducción de la muestra y se ensaye como una unidad, excepto si se utilizan grandes separadores mecánicos y agitadores de tamices. Como una opción, cuando dicho equipo no está disponible, en lugar de combinar y mezclar incrementos de la muestra y luego reducir la muestra de campo al tamaño de ensayo, realizar el tamizado en un número de porciones de muestra aproximadamente iguales tal que la masa total ensayada cumpla con los requisitos del numeral 5.3.4.

**5.3.7** En el caso de que se determine la cantidad de material más fino que el tamiz de 75  $\mu\text{m}$  (No. 200) mediante el método de ensayo de la NTE INEN 697, proceder de la siguiente manera:

**5.3.7.1** Para áridos con un tamaño nominal máximo de 12,5 mm o menor, utilizar la misma muestra para los ensayos que se realizan con esta norma y con la NTE INEN 697. Primero ensayar la muestra de conformidad con la NTE INEN 697, luego realizar la operación de secado final y tamizar la muestra seca de acuerdo a lo estipulado en los numerales 5.4.2 al 5.4.7 de esta norma.

**5.3.7.2** Para áridos con un tamaño nominal máximo superior a 12,5 mm, utilizar una única muestra de ensayo, según lo descrito en el numeral 5.3.7.1 u opcionalmente utilizar muestras separadas para los ensayos según la NTE INEN 697 y esta norma.

**5.3.7.3** Cuando las especificaciones requieran la determinación de la cantidad total del material más fino que el tamiz de 75  $\mu\text{m}$  por lavado y por tamizado en seco, proceder según lo descrito en el numeral 5.3.7.1.

## 5.4 Procedimiento

**5.4.1** Secar la muestra hasta masa constante a una temperatura de 110  $^{\circ}\text{C} \pm 5$   $^{\circ}\text{C}$  (ver nota 4).

**5.4.2** Seleccionar los tamices necesarios y adecuados que cubran los tamaños de las partículas del material a ensayarse, con el propósito de obtener la información requerida en las especificaciones. Utilizar tantos tamices adicionales como se desee o como sean necesarios para proporcionar información adicional, tal como el módulo de finura o para regular la cantidad de material sobre un tamiz. Ordenar los tamices en forma decreciente según el tamaño de su abertura, de arriba a abajo y colocar la muestra en el tamiz superior. Agitar los tamices manualmente o por medio de aparatos mecánicos durante un período suficiente, ya sea establecido por el ensayo o también controlado por medio de la masa de la muestra de ensayo, de tal forma que cumpla con el criterio de conformidad o de tamizado descritos en el numeral 5.4.4.

NOTA 4. Para propósitos de control, especialmente cuando se desean resultados rápidos, no es necesario secar el árido grueso para el ensayo del análisis granulométrico. Los resultados son poco afectados por el contenido de humedad a menos que: (1) el tamaño nominal máximo sea menor que 12,5 mm; (2) el árido grueso contenga apreciable cantidad de material más fino que el tamiz de 4,75 mm (No. 4); o (3) el árido grueso tenga una absorción muy alta (por ejemplo, un árido de densidad baja). Además, se pueden secar las muestras a altas temperaturas mediante el uso de planchas calientes, sin afectar los resultados, siempre que el vapor se escape sin generar presión suficiente para fracturar la partículas y las temperaturas no sean tan altas como para causar una descomposición química del árido.

**5.4.3** Limitar la cantidad de material sobre un determinado tamiz de manera que todas las partículas tengan oportunidad de llegar a las aberturas del tamiz algunas veces durante la operación de tamizado. Para tamices con aberturas más pequeñas que 4,75 mm (No. 4), la cantidad que se retiene sobre cualquier tamiz al finalizar la operación de tamizado no debe exceder 7 kg/m<sup>2</sup> en la superficie de tamizado (ver nota 5). Para tamices con aberturas de 4,75 mm (No. 4) y más grandes, la cantidad retenida en kg no debe exceder del producto de 2,5 X (la abertura del tamiz, en mm y X (el área efectiva de tamizado, en m<sup>2</sup>)). Esta cantidad se muestra en la tabla 2, para cinco diferentes dimensiones del marco de tamiz entre circulares, cuadrados y rectangulares, los que son de mayor uso. En ningún caso la cantidad retenida debe ser tan grande como para causar una deformación permanente de la tela de tamiz.

**TABLA 2. Máxima cantidad permitida de material retenido sobre un tamiz, en kg.**

Tamaño de abertura del tamiz (mm)	Tamiz de dimensiones nominales				
	Ø = 203,2 mm <sup>A</sup>	Ø = 254 mm <sup>A</sup>	Ø = 304,8 mm <sup>A</sup>	350 X 350 mm	372 X 580 mm
	Área de tamizado, (m <sup>2</sup> )				
	0,0285	0,0457	0,0670	0,1225	0,2158
125	B	B	B	B	67,4
100	B	B	B	30,6	53,9
90	B	B	15,1	27,6	48,5
75	B	8,6	12,6	23,0	40,5
63	B	7,2	10,6	19,3	34,0
50	3,6	5,7	8,4	15,3	27,0
37,5	2,7	4,3	6,3	11,5	20,2
25,0	1,8	2,9	4,2	7,7	13,5
19,0	1,4	2,2	3,2	5,8	10,5
12,5	0,89	1,4	2,1	3,8	6,7
9,5	0,67	1,1	1,6	2,9	5,1
4,75	0,33	0,54	0,80	1,5	2,6

<sup>A</sup> El área para los tamices de marcos redondos se basa en un diámetro efectivo de 12,7 mm, menor que el diámetro nominal del marco, porque la NTE INEN 154 permite que el sello entre la tela del tamiz y el marco se extienda a 6,35 mm sobre la tela del tamiz. Así el diámetro efectivo de tamizado para un tamiz con un marco de diámetro de 203,2 mm es de 190,5 mm. En tamices elaborados por algunos fabricantes el sello no se extiende en la tela del tamiz los 6,35 mm completos.

<sup>B</sup> Los tamices indicados tienen menos de cinco aberturas completas y no deben ser utilizados para el ensayo de tamizado, excepto por lo indicado en el numeral 5.4.6.

**5.4.3.1** Evitar una sobrecarga de material sobre un tamiz individual, mediante alguno de los siguientes métodos:

- Insertar un tamiz adicional con un tamaño intermedio de abertura entre el tamiz que puede estar sobrecargado y el tamiz inmediatamente superior al tamiz en el conjunto original de tamices.
- Dividir la muestra en dos o más porciones, tamizando cada porción individualmente. Combinar las masas de las varias porciones retenidas sobre un tamiz específico antes de calcular el porcentaje de la muestra en el tamiz.
- Utilizar tamices con un tamaño de marco más grande y que proporcione un área mayor de tamizado.

NOTA 5. Los 7 kg/m<sup>2</sup> equivalen a 200 g en un tamiz habitual de 203,2 mm de diámetro (con un diámetro de la superficie efectiva de tamizado de 190,5 mm).

(Continúa)

**5.4.4** Continuar tamizando por un período suficiente de forma tal que, después de la finalización, no más del 1% en masa del material retenido en cualquier tamiz individual pase el tamiz durante 1 min de tamizado manual continuo realizado de la siguiente manera: sostener el tamiz individual, provisto con una bandeja inferior y una tapa, en una posición ligeramente inclinada en una mano. Golpear un lado del tamiz fuertemente y con un movimiento hacia arriba contra la base de la otra mano, a razón de aproximadamente 150 veces por minuto, girar el tamiz, aproximadamente una sexta parte de una revolución, en intervalos de alrededor de 25 golpes. En la determinación de la efectividad del tamizado para tamaños mayores que el tamiz de 4,75 mm (No. 4), limitar el material sobre el tamiz a una sola capa de partículas. Si el tamaño de los tamices de ensayo montados hace que el movimiento descrito de tamizado no sea práctico, utilizar tamices con diámetro de 203 mm para verificar la efectividad del tamizado.

**5.4.5** Evitar la sobrecarga de los tamices individuales según el numeral 5.4.3.1 para el caso de mezclas de áridos grueso y fino.

**5.4.5.1** Opcionalmente, reducir la porción más fina que el tamiz de 4,75 mm (No. 4) utilizando un reductor mecánico de acuerdo con la norma ASTM C 702. Si se sigue este procedimiento, calcular la masa de cada fracción de tamaño de la muestra original de la siguiente manera:

$$A = \frac{W_1}{W_2} \times B \quad (1)$$

Donde:

- A = masa corregida en base a la muestra total,
- $W_1$  = masa de la fracción más fina que el tamiz de 4,75 mm (No. 4) en la masa total,
- $W_2$  = masa reducida del material más fino que el tamiz de 4,75 mm (No. 4) actualmente tamizado, y
- B = masa de la fracción en cada porción reducida tamizada.

**5.4.6** A menos que se utilice un agitador de tamices mecánico, tamizar a mano las partículas mayores de 75 mm mediante la determinación de la abertura más pequeña de tamiz por la cual puede pasar cada partícula. Iniciar el ensayo con el tamiz más pequeño a ser utilizado. Girar las partículas, si es necesario, a fin de determinar si van a pasar a través de una abertura particular, sin embargo, no se debe forzar a las partículas para pasar a través de una abertura.

**5.4.7** Determinar las masas de cada incremento de tamaño en una balanza que cumpla con los requisitos especificados en el numeral 5.2.1, con una precisión de 0,1% de la masa total de la muestra seca original. La masa total del material después del tamizado debe ser similar a la masa original de la muestra colocada sobre los tamices. Si las cantidades difieren en más del 0,3%, respecto a la masa de la muestra seca original, los resultados no deben ser utilizados con fines de aceptación.

**5.4.8** Si se ha ensayado previamente la muestra por el método de ensayo de la NTE INEN 697, agregar la masa más fina que el tamiz de 75  $\mu$ m (No. 200) determinado por ese método de ensayo, a la masa que pasa por el tamiz de 75  $\mu$ m (No. 200) en el tamizado en seco de la misma muestra por este método de ensayo.

## 5.5 Cálculos

**5.5.1** Calcular los porcentajes pasantes, los porcentajes retenidos totales o porcentajes en fracciones de varios tamaños con una aproximación de 0,1% sobre la base de la masa total de la muestra seca inicial. Si la misma muestra de ensayo fue ensayada previamente por el método de ensayo de la NTE INEN 697, incluir en el cálculo del análisis por tamizado, la masa del material más fino que el tamiz de 75  $\mu$ m (No. 200) determinada por lavado, utilizando la masa seca total de la muestra antes del lavado como base para el cálculo de todos los porcentajes.

**5.5.1.1** Cuando los incrementos de la muestra sean ensayados según lo dispuesto en el numeral 5.3.6, sumar las masas de la porción de los incrementos retenidas en cada tamiz y utilizar estas masas para calcular los porcentajes según el numeral 5.5.1.

(Continúa)

**5.5.2** Cuando se lo requiera, calcular el módulo de finura mediante la sumatoria de los porcentajes totales de material que es más grueso que cada uno de los siguientes tamices (porcentajes retenidos acumulados) y dividiendo la suma para 100: 150  $\mu\text{m}$  (No. 100), 300  $\mu\text{m}$  (No. 50), 600  $\mu\text{m}$  (No. 30), 1,18 mm (No. 16), 2,36 mm (No. 8), 4,75 mm (No. 4), 9,5 mm, 19,0 mm, 37,5 mm y mayores, incrementando en la relación de 2 a 1.

**5.6 Informe de resultados.** Dependiendo de la forma de las especificaciones para el uso del material sometido a ensayo, se debe elaborar un informe de resultados que contenga al menos lo siguiente:

- a) Fecha de muestreo y ensayo,
- b) Nombre del laboratorio y del laboratorista que efectuó el ensayo,
- c) Identificación de la muestra de árido,
- d) Porcentaje total del material pasante de cada tamiz, o
- e) Porcentaje total del material retenido sobre cada tamiz, o
- f) Porcentaje del material retenido entre tamices consecutivos,
- g) Informar los porcentajes con una aproximación al número entero más próximo, excepto si el porcentaje que pasa el tamiz de 75  $\mu\text{m}$  (No. 200) es inferior al 10%, este debe ser informado con una precisión de 0,1%,
- h) El módulo de finura, cuando se lo requiera, con una precisión de 0,01,
- i) Otros detalles necesarios para la completa identificación de la muestra y cualquier desviación de alguno de los enunciados de esta muestra.

## 5.7 Precisión y desviación

**5.7.1 Precisión.** La estimación de la precisión de este método de ensayo se muestran en la tabla 3. Las estimaciones se basan en los resultados del AASHTO Materials Reference Laboratory Proficiency Sample Program, con ensayos realizados con el método de ensayo de las normas ASTM C 136 y AASHTO No. T 27. Los datos se basan en el análisis de los resultados de los ensayos de 65 a 233 laboratorios que ensayaron 18 pares de muestras de ensayos de árido grueso para comparación y resultados de ensayos de 74 a 222 laboratorios que ensayaron 17 pares de muestras de ensayos de árido fino para comparación (muestras No. 21 a 90). Los valores de la tabla se refieren a diferentes rangos de porcentaje total de áridos que pasa por un tamiz.

**5.7.1.1** Los valores de precisión para el árido fino indicados en la tabla 3 se basan en muestras de ensayo nominales de 500 g. La revisión de este método de ensayo en 1994, permitió que el tamaño de la muestra de ensayo del árido fino sea de 300 g como mínimo. El análisis de los resultados de los ensayos en muestras de ensayo de 300 g y 500 g de las muestras de árido para comparación 99 y 100 (las muestras 99 y 100 eran esencialmente idénticas) produjo los valores de precisión que se muestran en la tabla 4, que indica solo las menores diferencias debido al tamaño de la muestra de ensayo (ver nota 6).

**5.7.2 Desviación.** Puesto que no hay un material de referencia aceptado, que sea adecuado para determinar la desviación de este método de ensayo, no se ha hecho ninguna declaración de desviación.

NOTA 6. Los valores para el árido fino indicados en la tabla 3 serán revisados para reflejar el tamaño de la muestra de 300 g cuando un número suficiente de ensayos de competencia en áridos sean realizados utilizando ese tamaño de la muestra para proporcionar datos confiables.

(Continúa)



TABLA 3. Precisión

	Porcentaje total de material pasante	Desviación estándar (1s), % A	Rango aceptable de dos resultados (d2s), % A	
Árido grueso. <sup>B</sup> Precisión para un solo operador	< 100 ≥ 95	0,32	0,9	
	< 95 ≥ 85	0,81	2,3	
	< 85 ≥ 80	1,34	3,8	
	< 80 ≥ 60	2,25	6,4	
	< 60 ≥ 20	1,32	3,7	
	< 20 ≥ 15	0,96	2,7	
	< 15 ≥ 10	1,00	2,8	
	< 10 ≥ 5	0,75	2,1	
	< 5 ≥ 2	0,53	1,5	
	< 2 > 0	0,27	0,8	
	Precisión multilaboratorio	< 100 ≥ 95	0,35	1,0
		< 95 ≥ 85	1,37	3,9
		< 85 ≥ 80	1,92	5,4
		< 80 ≥ 60	2,82	8,0
< 60 ≥ 20		1,97	5,6	
< 20 ≥ 15		1,60	4,5	
< 15 ≥ 10		1,48	4,2	
< 10 ≥ 5		1,22	3,4	
Árido fino: Precisión para un solo operador	< 100 ≥ 95	0,26	0,7	
	< 95 ≥ 60	0,55	1,6	
	< 60 ≥ 20	0,83	2,4	
	< 20 ≥ 15	0,54	1,5	
	< 15 ≥ 10	0,36	1,0	
	< 10 ≥ 2	0,37	1,1	
	< 2 > 0	0,14	0,4	
	Precisión multilaboratorio	< 100 ≥ 95	0,23	0,6
		< 95 ≥ 60	0,77	2,2
		< 60 ≥ 20	1,41	4,0
		< 20 ≥ 15	1,10	3,1
		< 15 ≥ 10	0,73	2,1
		< 10 ≥ 2	0,65	1,8
		< 2 > 0	0,31	0,9
<p><sup>A</sup> Estos números representan los límites (1s) y (d2s) respectivamente, descritos en la norma ASTM C 670.</p> <p><sup>B</sup> La precisión estimada basada en áridos con un tamaño máximo nominal de 19,0 mm .</p>				

(Continúa)

**TABLA 4. Datos de precisión para muestras de ensayo de 300 gramos y 500 gramos**

Muestra para comparación de árido fino				Dentro del laboratorio		Entre laboratorios	
Resultado del ensayo	Tamaño de la muestra (g)	Números de laborat.	Promedio	1s	d2s	1s	d2s
Norma ASTM C 136 / AASHTO No. T 27	500	285	99,992	0,027	0,066	0,037	0,104
	300	276	99,990	0,021	0,060	0,042	0,117
Total de material pasante por el tamiz No. 4 (%)	500	281	84,10	0,43	1,21	0,63	1,76
	300	274	84,32	0,39	1,09	0,69	1,92
Total de material pasante por el tamiz No. 8 (%)	500	286	70,11	0,53	1,49	0,75	2,10
	300	272	70,00	0,62	1,74	0,76	2,12
Total de material pasante por el tamiz No. 16 (%)	500	287	48,54	0,75	2,10	1,33	3,73
	300	276	48,44	0,87	2,44	1,36	3,79
Total de material pasante por el tamiz No. 30 (%)	500	286	13,52	0,42	1,17	0,98	2,73
	300	275	13,51	0,45	1,25	0,99	2,76
Total de material pasante por el tamiz No. 50 (%)	500	287	2,55	0,15	0,42	0,37	1,03
	300	270	2,52	0,18	0,52	0,32	0,89
Total de material pasante por el tamiz No. 100 (%)	500	278	1,32	0,11	0,32	0,31	0,85
	300	266	1,30	0,14	0,39	0,31	0,85

*(Continúa)*

## APÉNDICE Z

### Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 154	<i>Tamices de ensayo. Dimensiones nominales de las aberturas.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 694	<i>Hormigones y áridos para elaborar hormigón. Terminología</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 695	<i>Áridos para hormigón. Muestreo.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 697	<i>Áridos para hormigón. Determinación de los materiales más finos que 75 µm.</i>
Norma ASTM C 136	<i>Método de ensayo para el análisis por tamizado de áridos finos y gruesos</i>
Norma ASTM C 637	<i>Especificaciones para áridos para hormigón para protección de la radiación.</i>
Norma ASTM C 670	<i>Práctica Para la Preparación de Informes de Precisión y Desviación para Métodos de Ensayo para Materiales de Construcción</i>
Norma ASTM C 702	<i>Práctica para reducción de muestras de árido hasta el tamaño de ensayo.</i>
Norma AASHTO No. T 27	<i>Análisis por tamizado de áridos finos y gruesos</i>

### Z.2 BASE DE ESTUDIO

ASTM C 136 – 06. *Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates.* American Society for Testing and Materials. Philadelphia, 2006.

## INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

<b>Documento:</b> NTE INEN 696 Primera revisión	<b>TÍTULO: ÁRIDOS. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN LOS ÁRIDOS, FINO Y GRUESO.</b>	<b>Código:</b> CO 02.03-301
---	--	--------------------------------

<b>ORIGINAL:</b> Fecha de iniciación del estudio:	<b>REVISIÓN:</b> Fecha de aprobación anterior del Consejo Directivo 1982-12-09 Oficialización con el Carácter de Obligatoria por Acuerdo Ministerial No. 484 del 1983-09-19 publicado en el Registro Oficial No. 597 del 1983-10-12  Fecha de iniciación del estudio: 2009-10-05
--	--

Fechas de consulta pública: de \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_

Subcomité Técnico: <b>Hormigones, áridos y morteros</b> Fecha de iniciación: 2009-10-08 Integrantes del Subcomité Técnico:	Fecha de aprobación: 2009-10-22
--	---------------------------------

<b>NOMBRES:</b>	<b>INSTITUCIÓN REPRESENTADA:</b>
Ing. Guillermo Realpe (Presidente)	FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
Ing. José Arce	HORMIGONES HÉRCULES S. A.
Ing. Jaime Salvador	INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO. INECYC.
Ing. Raúl Ávila	ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE HORMIGÓN PREMEZCLADO DEL ECUADOR. APRHOPEC.
Ing. Hugo Egüez	HOLCIM ECUADOR S. A. AGREGADOS
Ing. Raúl Cabrera	HOLCIM ECUADOR S. A. HORMIGONES
Sr. Carlos Aulestia	LAFARGE CEMENTOS S. A.
Ing. Xavier Arce	CÁMARA DE LA CONSTRUCCIÓN DE GUAYAQUIL.
Ing. Marlon Valarezo	UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
Arq. Soledad Moreno	INTACO ECUADOR S. A.
Ing. Carlos González	INTACO ECUADOR S. A.
Ing. Víctor Buri	HORMIGONES HÉRCULES S. A.
Ing. Douglas Alejandro	MUNICIPIO DE GUAYAQUIL.
Ing. Verónica Miranda	COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DE PICHINCHA / HORMIGONES EQUINOCCIAL
Ing. Diana Sánchez	FACULTAD DE INGENIERÍA. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR.
Ing. Stalin Serrano	HORMIGONES EQUINOCCIAL.
Ing. Xavier Herrera	HORMIGONERA QUITO
Ing. Mireya Martínez	CAMINOSCA CIA. LTDA.
Ing. Rubén Vásquez	CEMENTO CHIMBORAZO C. A.
Ing. Víctor Luzuriaga	INDUSTRIAS GUAPÁN S. A.
Ing. Patricio Torres	DICOPLAN CIA. LTDA.
Ing. Luis Balarezo	CUERPO DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO
Ing. Carlos Castillo (Prosecretario Técnico)	INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO. INECYC.

Otros trámites: ♦<sup>4</sup> La NTE INEN 696:1983 sin ningún cambio en su contenido fue **DESREGULARIZADA**, pasando de **OBLIGATORIA a VOLUNTARIA**, según Acuerdo Ministerial No. 235 de 1998-05-04 publicado en el Registro Oficial No. 321 del 1998-05-20.

Esta NTE INEN 696:2011 (Primera Revisión), reemplaza a la NTE INEN 696:1983  
 El Directorio del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 2010-12-17

Oficializada como: Voluntaria	Por Resolución No. 150-2010 de 2010-12-17
Registro Oficial No. Edición especial 151 de 2011-05-26	

---

**Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre  
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815  
Dirección General: E-Mail: [direccion@inen.gob.ec](mailto:direccion@inen.gob.ec)  
Área Técnica de Normalización: E-Mail: [normalizacion@inen.gob.ec](mailto:normalizacion@inen.gob.ec)  
Área Técnica de Certificación: E-Mail: [certificacion@inen.gob.ec](mailto:certificacion@inen.gob.ec)  
Área Técnica de Verificación: E-Mail: [verificacion@inen.gob.ec](mailto:verificacion@inen.gob.ec)  
Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail: [inenlaboratorios@inen.gob.ec](mailto:inenlaboratorios@inen.gob.ec)  
Regional Guayas: E-Mail: [inenguayas@inen.gob.ec](mailto:inenguayas@inen.gob.ec)  
Regional Azuay: E-Mail: [inencuenca@inen.gob.ec](mailto:inencuenca@inen.gob.ec)  
Regional Chimborazo: E-Mail: [inenriobamba@inen.gob.ec](mailto:inenriobamba@inen.gob.ec)  
URL: [www.inen.gob.ec](http://www.inen.gob.ec)**



# INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

---

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 858:2010**  
**Primera revisión**

---

---

## **ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO) Y EL PORCENTAJE DE VACÍOS.**

**Primera Edición**

STANDARD TEST METHOD FOR BULK DENSITY ("UNIT WEIGHT") AND VOIDS IN AGGREGATE.

First Edition

---

DESCRIPTORES: Áridos, Determinación de la masa.  
CO 02.03-309  
CDU: 691.322  
CIU: 2901  
ICS: 91.100.15

<p><b>Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO) Y EL PORCENTAJE DE VACÍOS</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>NTE INEN 858:2010 Primera revisión 2010-12</b></p>
--	--	--

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN – Casilla 17-01-3999 – Baquerizo Moreno E8-29 y Almagro – Quito-Ecuador – Prohibida la reproducción

## 1. OBJETO

**1.1** Esta norma establece el método de ensayo para determinar la masa unitaria (peso volumétrico) del árido, en condición compactada o suelta y calcular los vacíos entre las partículas en los áridos: fino, grueso o en una mezcla de ellos, basándose en la misma determinación.

## 2. ALCANCE

**2.1** Este método de ensayo es aplicable a los áridos que no exceden de un tamaño máximo nominal de 125 mm, (ver nota 1).

**2.2** Este método es frecuentemente utilizado para determinar los valores de masa unitaria (peso volumétrico), que son necesarios, en varios métodos, para la selección de las dosificaciones para las mezclas de hormigón.

**2.3** El valor de la masa unitaria (peso volumétrico) también puede ser utilizada para la determinación de la relación masa / volumen, para las conversiones en la compra de áridos. Sin embargo, con este método de ensayo no se puede determinar la relación entre el grado de compactación de los áridos en una unidad de transporte o en el almacenamiento. Con este método de ensayo se determina la masa unitaria en condición seca, en cambio los áridos en las unidades de transporte y en el almacenamiento suelen contener humedad absorbida y superficial (esta última afecta su volumen).

**2.4** Se incluye un procedimiento para el cálculo del porcentaje de vacíos entre las partículas del árido, basado en la masa unitaria (peso volumétrico) determinada por este método de ensayo.

## 3. DEFINICIONES

**3.1** Para los efectos de esta norma se adoptan las definiciones de la NTE INEN 694 y además las siguientes:

**3.1.1** *Masa unitaria (peso volumétrico) del árido.* Masa de una unidad de volumen correspondiente al árido total, en el cual se incluye el volumen de las partículas individuales y el volumen de los vacíos entre las partículas. Expresada en kg/m<sup>3</sup>.

**3.1.1.1** *Comentario.* Peso es igual a la masa del cuerpo multiplicada por la aceleración gravitacional. El peso puede ser expresado en unidades absolutas (newtons) o en unidades gravitacionales (kgf); por ejemplo: sobre la superficie de la tierra, un cuerpo con una masa de 1 kg tiene un peso de 1 kgf (aproximadamente 9,81 N). Puesto que el peso es igual a la masa por la aceleración gravitacional, el peso de un cuerpo puede variar según el lugar en que se determina el peso, mientras que la masa del cuerpo se mantiene constante. En la superficie de la tierra, la fuerza gravitacional produce a un cuerpo que está en caída libre, una aceleración de aproximadamente 9,81 m/s<sup>2</sup>.

**3.1.2** *Vacíos, en volumen unitario de árido.* Espacio entre las partículas de una masa de árido, no ocupado por la materia mineral sólida.

**3.1.2.1** *Comentario.* Los vacíos dentro de las partículas, tanto permeables como impermeables, no se incluyen en los vacíos determinados por este método de ensayo

NOTA 1. Masa unitaria es la terminología tradicional utilizada para describir la propiedad determinada por este método de ensayo, que es la masa por unidad de volumen o densidad.

(Continúa)

DESCRIPTORES: Áridos, Determinación de la masa

#### 4. DISPOSICIONES GENERALES

**4.1** Esta norma no tiene el propósito de contemplar todo lo concerniente a seguridad, si es que hay algo asociado con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadamente saludables y seguras y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras antes de su uso.

#### 5. MÉTODO DE ENSAYO

**5.1 Resumen.** Se coloca el árido en un molde con una capacidad adecuada, se lo compacta mediante alguno de los tres procedimientos señalados en este método de ensayo, se calcula la masa unitaria (peso volumétrico) del árido y el contenido de vacíos mediante las fórmulas indicadas en esta norma.

#### 5.2 Equipos

**5.2.1 Balanza.** Que tenga una precisión de 0,1% de la carga de ensayo en cualquier punto dentro del rango de uso, con graduaciones de al menos 0,05 kg. Se debe considerar que el rango de uso se extiende desde la masa del molde vacío, hasta la masa del molde más su contenido el cual se considera que tiene una masa unitaria de 1 920 kg/m<sup>3</sup>.

**5.2.2 Varilla de compactación.** Debe ser una varilla recta, lisa, de acero, de 16 mm de diámetro y aproximadamente 600 mm de longitud, teniendo el extremo de compactación o los dos extremos redondeados con punta semiesférica, cuyo diámetro es de 16 mm.

**5.2.3 Molde.** Recipiente cilíndrico de metal, preferiblemente provisto de asas. Impermeable, con la parte superior y el fondo, rectos y uniformes. Suficientemente rígido para mantener su forma bajo condiciones agresivas de uso. El molde debe tener una altura aproximadamente igual a su diámetro, pero en ningún caso la altura debe ser menor al 80% ni superior al 150% del diámetro. La capacidad del molde debe cumplir con los límites indicados en la tabla 1, de acuerdo al tamaño del árido a ser ensayado. El espesor del metal en el molde debe cumplir con lo que se describe en la tabla 2. El borde superior debe ser liso y plano dentro de 0,25 mm y debe ser paralelo al fondo con una tolerancia de 0,5° (ver nota 2). La pared interior del molde debe ser una superficie lisa y continua.

**TABLA 1. Capacidad de los moldes**

Tamaño máximo nominal del árido mm	Capacidad nominal del molde <sup>A</sup> m <sup>3</sup> [litros]
12,5	0,0028 [2,8]
25,0	0,0093 [9,3]
37,5	0,014 [14]
75,0	0,028 [28]
100,0	0,070 [70]
125,0	0,100 [100]

<sup>A</sup> Capacidad del molde a utilizar para ensayar áridos de un tamaño máximo nominal igual o menor que el correspondiente en la lista. El volumen real del molde debe ser de al menos el 95% del volumen nominal indicado.

NOTA 2. El borde superior es satisfactoriamente plano, si un calibrador de sondeo de 0,25 mm, no puede ser insertado entre el borde y una placa de vidrio, de 6 mm o más gruesa, colocada sobre el molde. La parte superior e inferior son satisfactoriamente paralelas si la pendiente entre la placa de vidrio en contacto con el borde superior y el fondo, no excede de 0,87% en cualquier dirección.

(Continúa)



**TABLA 2. Requisitos para los moldes**

Capacidad del molde	Espesor mínimo del metal		
	Fondo	38 mm superiores de la pared <sup>A</sup>	Resto de la pared
Menor que 11 (litros)	5,0 mm	2,5 mm	2,5 mm
De 11 litros a 42 litros incluido	5,0 mm	5,0 mm	3,0 mm
Sobre 42 litros a 80 litros incluido	10,0 mm	6,4 mm	3,8 mm
Sobre 80 litros a 133 litros incluido	13,0 mm	7,6 mm	5,0 mm

<sup>A</sup> El espesor adicional, se puede obtener mediante la colocación de una banda de refuerzo en la parte superior del molde.

**5.2.3.1** Si el molde es también utilizado para el ensayo de la masa unitaria (peso volumétrico) del hormigón fresco, de acuerdo a la norma ASTM C 138, el molde debe ser fabricado de acero o de otro metal adecuado, que no sea fácilmente atacable por la pasta de cemento. Se permiten materiales reactivos, tales como las aleaciones de aluminio, cuando como consecuencia de una reacción inicial, se forma una película superficial que protege el metal contra la corrosión futura.

**5.2.3.2** Los moldes de capacidad nominal mayor a 28 litros, deben ser fabricados de acero por su rigidez. Para otros metales los espesores mínimos que se indican en la tabla 2 deben ser adecuadamente incrementados.

**5.2.4** *Pala o cucharón.* De tamaño conveniente para llenar el molde con el árido.

**5.2.5** *Equipo de calibración:* Además de la balanza.

**5.2.5.1** *Placa de vidrio.* De al menos 6 mm de espesor y por lo menos 25 mm mayor que el diámetro del molde a ser calibrado.

**5.2.5.2** *Grasa.* Un suministro de grasa liviana automotriz o similar.

**5.2.5.3** *Termómetro.* Con un rango de al menos entre 10 °C y 32 °C y que permita una lectura de por lo menos 0,5 °C.

### 5.3 Calibración del molde

**5.3.1** Los moldes deben ser calibrados por lo menos una vez al año o cada vez que exista motivos para dudar de su precisión.

**5.3.2** Determinar la masa de la placa de vidrio y del molde, con una aproximación de 0,05 kg.

**5.3.3** Colocar una fina capa de grasa en el borde del molde para prevenir la fuga de agua.

**5.3.4** Llenar el molde con agua a temperatura ambiente y cubrirlo con la placa de vidrio de tal manera de eliminar las burbujas y el exceso de agua. Eliminar cualquier porción de agua que pueda haberse desbordado sobre el molde o la placa de vidrio.

**5.3.5** Determinar la masa del agua, la placa de vidrio y el molde, con una aproximación de 0,05 kg.

**5.3.6** Medir la temperatura del agua con una aproximación de 0,5 °C y determinar su densidad de acuerdo a la información de la tabla 3, interpolando si es necesario.

**5.3.7** Calcular el volumen V, del molde. Alternativamente, calcular el factor F, para el molde (ver nota 3).

NOTA 3. Para el cálculo de la masa unitaria (peso volumétrico), el volumen del molde en unidades del SI debe ser expresado en metros cúbicos, o el factor como 1/m<sup>3</sup>. Sin embargo, por comodidad el tamaño del molde puede ser expresado en litros.

(Continúa)

TABLA 3. Densidad del agua

Temperatura °C	Densidad kg/m <sup>3</sup>
15,0	999,19
17,0	998,86
19,0	998,49
21,0	998,08
23,0	997,62
25,0	997,13
27,0	996,59
29,0	996,02
31,0	995,41

**5.4 Muestreo.** Tomar la muestra del árido, de acuerdo a la NTE INEN 695 y reducirla hasta obtener una muestra de ensayo, de acuerdo con la NTE INEN 2 566.

**5.5 Preparación de la muestra de ensayo.** El tamaño de la muestra debe ser de aproximadamente 125% a 200% respecto de la cantidad necesaria para llenar el molde y debe ser manejada de tal manera que se evite la segregación. Secar la muestra hasta obtener masa constante, de preferencia en un horno a 110 °C ± 5 °C.

**5.6 Selección del procedimiento.** El procedimiento por paladas para la masa unitaria (peso volumétrico) suelta debe ser utilizado únicamente cuando se lo estipule específicamente. De lo contrario, se debe determinar la masa unitaria (peso volumétrico) compactada por el procedimiento por varillado, para áridos que tengan un tamaño máximo nominal de 37,5 mm o menos, o con el procedimiento por sacudidas, para áridos que tengan un tamaño máximo nominal superior a 37,5 mm y que no excedan de 125 mm.

#### 5.7 Procedimiento por varillado

**5.7.1** Llenar la tercera parte del molde y nivelar la superficie con los dedos. Compactar la capa de áridos, con 25 golpes de la varilla de compactación distribuidos uniformemente sobre la superficie. Llenar los dos tercios del molde, nuevamente nivelar y compactar de la forma indicada anteriormente. Por último, llenar el molde a rebosar y compactar nuevamente en la misma forma mencionada anteriormente. Nivelar la superficie del árido con los dedos o una regleta, de tal manera que cualquier ligera proyección de las partículas grandes del árido grueso, equilibren aproximadamente los vacíos mayores en la superficie, por debajo de la parte superior del molde.

**5.7.2** En la compactación de la primera capa, no se debe permitir que la varilla golpee fuertemente el fondo del molde. La compactación de la segunda y tercera capas debe ser vigorosa evitando que la varilla de compactación penetre la capa anterior del árido (ver nota 4).

**5.7.3** Determinar la masa del molde y la masa del molde con su contenido. Registrar los valores con una aproximación de 0,05 kg.

#### 5.8 Procedimiento por sacudidas

**5.8.1** Colocar el molde sobre una base firme, como un piso de hormigón, llenar el molde en tres capas aproximadamente iguales, como se describe en el numeral 5.7.1, levantar los lados opuestos del molde alternativamente unos 50 mm y permitir que el molde caiga de tal manera que el golpe sea seco y fuerte. Las partículas del árido, con este procedimiento, se acomodan por si mismas en una condición muy compacta. Compactar cada capa dejando caer el molde 50 veces en la forma descrita, 25 veces en cada lado. Nivelar la superficie del árido con los dedos o con una regleta, de tal manera que cualquier ligera proyección de las partículas grandes del árido grueso, equilibren aproximadamente los vacíos mayores en la superficie, por debajo de la parte superior del molde.

NOTA 4. En la compactación de árido grueso de tamaños grandes, puede que no sea posible penetrar la capa que se está consolidando, especialmente con los áridos angulares. La compactación se llevará a cabo si se utiliza un esfuerzo vigoroso.

(Continúa)

**5.8.2** Determinar la masa del molde y la masa del molde con su contenido. Registrar los valores con una aproximación de 0,05 kg.

### 5.9 Procedimiento por paladas

**5.9.1** Llenar el molde a rebosar por medio de una pala o cucharón, descargar el árido desde una altura no superior a 50 mm por encima de la parte superior del molde. Tener cuidado para prevenir, tanto como sea posible, la segregación de las partículas que componen la muestra. Nivelar la superficie del árido con los dedos o con una regleta, de tal manera que cualquier ligera proyección de las partículas grandes del árido grueso, equilibren aproximadamente los vacíos mayores en la superficie, por debajo de la parte superior del molde.

**5.9.2** Determinar la masa del molde y la masa del molde con su contenido. Registrar los valores con una aproximación de 0,05 kg.

### 5.10 Cálculos

**5.10.1 Masa unitaria (peso volumétrico).** Calcular la masa unitaria (peso volumétrico) mediante los procedimientos de varillado, de sacudidas o de paladas, de la siguiente manera:

$$M = (G - T) / V \quad (1)$$

o

$$M = (G - T) \times F \quad (2)$$

Donde:

M = masa unitaria (peso volumétrico) del árido, kg/m<sup>3</sup>

G = masa del árido más el molde, kg

T = masa del molde, kg

V = volumen del molde, m<sup>3</sup>, y

F = factor del molde, 1/m<sup>3</sup>.

**5.10.1.1** Si se desea el valor de la masa unitaria (peso volumétrico) en condición saturada superficialmente seca (SSS), utilizar el mismo procedimiento descrito en este método de ensayo y a continuación, calcular la masa unitaria (peso volumétrico) SSS aplicando la siguiente fórmula:

$$M_{sss} = M [1 + (A / 100)] \quad (3)$$

Donde:

M<sub>sss</sub> = masa unitaria (peso volumétrico) en condición SSS, kg/m<sup>3</sup>, y

A = % de absorción, determinado de acuerdo con la NTE INEN 857 o la NTE INEN 856.

**5.10.2 Contenido de vacíos.** Calcular el contenido de vacíos en el árido utilizando la masa unitaria (peso volumétrico) determinada mediante los procedimientos de varillado, de sacudidas o de paladas, de la siguiente manera:

$$\text{Vacíos, \%} = \frac{[(S \times M) - D_a] \times 100}{(S \times D_a)} \quad (4)$$

Donde:

M = masa unitaria (peso volumétrico) del árido, kg/m<sup>3</sup>

S = gravedad específica (en condición seca), determinada de acuerdo con la NTE INEN 857 o la NTE INEN 856.

D<sub>a</sub> = densidad del agua, 998 kg/m<sup>3</sup>.

(Continúa)

**5.10.3 Volumen del molde.** Calcular el volumen del molde, de la siguiente manera:

$$V = (W - M) / D \quad (5)$$

$$F = D / (W - M) \quad (6)$$

Donde:

- V = volumen del molde, m<sup>3</sup>
- W = masa del agua, placa de vidrio y molde, kg.
- M = masa de la placa de vidrio y molde, kg
- D = densidad del agua para la temperatura de medición, kg/m<sup>3</sup>, y
- F = factor del molde, 1/m<sup>3</sup>.

**5.11 Informe de resultados.** Se debe elaborar un informe de resultados que contenga al menos lo siguiente:

- a) Fecha de muestreo y ensayo,
- b) Nombre del laboratorio y del laboratorista que efectuó el ensayo,
- c) Identificación de la muestra de árido,
- d) Resultado de la masa unitaria (peso volumétrico), con una aproximación de 10 kg/m<sup>3</sup>, ya sea para el método por varillado, por sacudidas o suelta,
- e) Resultado de contenido de vacíos, con una aproximación de 1%, ya sea: vacíos en el árido compactado por varillado, vacíos en el árido compactado por sacudidas o vacíos en el árido suelto.
- f) Otros detalles necesarios para la completa identificación de la muestra.

## 5.12 Precisión y desviación

**5.12.1** Las siguientes estimaciones de precisión para este método de ensayo, se basan en los resultados del Programa de muestras de referencia del laboratorio de materiales de la AASHTO (AMRL), los ensayos fueron realizados de acuerdo a la norma ASTM C 29 y a la norma AASHTO T 19/T19M. No existen diferencias significativas entre estos dos métodos de ensayo. Los datos se basan en el análisis de más de 100 pares de resultados de ensayos de 40 a 100 laboratorios.

### 5.12.2 Árido grueso (masa unitaria (peso volumétrico)):

**5.12.2.1 Precisión para un solo operador.** Se ha encontrado que la desviación estándar para un solo operador es de 14 kg/m<sup>3</sup> (1s). Por lo tanto, los resultados de dos ensayos correctamente realizados por el mismo operador, en un material similar, no deben diferir en más de 40 kg/m<sup>3</sup> (d2s).

**5.12.2.2 Precisión multilaboratorio.** Se ha encontrado que la desviación estándar multilaboratorio es de 30 kg/m<sup>3</sup> (1s). Por lo tanto, los resultados de dos ensayos correctamente realizados por dos laboratorios diferentes, en un material similar, no deben diferir en más de 85 kg/m<sup>3</sup> (d2s).

**5.12.2.3** Estos números representan los límites (1s) y (d2s) respectivamente, como se describen en la norma ASTM C 670. Las estimaciones de precisión fueron obtenidas del análisis de los datos de muestra de AMRL para la masa unitaria (peso volumétrico) de áridos de densidad normal, mediante el procedimiento de varillado, que tienen un tamaño máximo nominal de 25,0 mm y utilizando un molde de 14 litros.

### 5.12.3 Árido fino (masa unitaria (peso volumétrico)):

**5.12.3.1 Precisión para un solo operador.** Se ha encontrado que la desviación estándar para un solo operador es de 14 kg/m<sup>3</sup> (1s). Por lo tanto, los resultados de dos ensayos correctamente realizados por el mismo operador, en un material similar, no deben diferir en más de 40 kg/m<sup>3</sup> (d2s).

**5.12.3.2 Precisión multilaboratorio.** Se ha encontrado que la desviación estándar multilaboratorio es de 44 kg/m<sup>3</sup> (1s). Por lo tanto, los resultados de dos ensayos correctamente realizados por dos laboratorios diferentes, en un material similar, no deben diferir en más de 125 kg/m<sup>3</sup> (d2s).

(Continúa)

**5.12.3.3** Estos números representan los límites (1s) y (d2s) respectivamente, como se describen en la norma ASTM C 670. Las estimaciones de precisión fueron obtenidas del análisis de los datos de muestras de AMRL para la masa unitaria (peso volumétrico) suelta de laboratorios que utilizan un molde de 2,8 litros.

**5.12.4** No están disponibles datos de precisión sobre el contenido de vacíos. Sin embargo, como el contenido vacíos en el árido se calcula a partir de la masa unitaria (peso volumétrico) y la gravedad específica, la precisión del contenido de vacíos refleja la precisión de estos parámetros de medición señalados en los numerales 5.12.2 y 5.12.3 de esta norma y de la NTE INEN 857 y la NTE INEN 856.

**5.12.5** *Desviación.* El procedimiento de este método de ensayo para la medición de la masa unitaria (peso volumétrico) y contenido de vacíos, no tiene desviación puesto que los valores para masa unitaria (peso volumétrico) y contenido de vacíos pueden ser definidos solamente en términos de un método de ensayo.

(Continúa)

## APÉNDICE Z

### Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 154	<i>Tamices de ensayo. Dimensiones nominales de las aberturas.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 694	<i>Hormigón y áridos para elaborar hormigón. Terminología.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 695	<i>Áridos para hormigón. Muestreo.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 856	<i>Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 857	<i>Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido grueso.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 566	<i>Áridos. Reducción de muestras a tamaño de ensayo.</i>
Norma ASTM C 138	<i>Método de ensayo para determinar la densidad (masa unitaria), rendimiento y contenido de aire (gravimétrico) del hormigón.</i>
Norma ASTM C 670	<i>Práctica para la preparación de informes de precisión y desviación para métodos de ensayo para materiales de construcción</i>
Norma AAASHTO T 19	<i>Método de ensayo para determinar la masa unitaria (peso volumétrico) y contenido de vacíos en el árido.</i>

### Z.2 BASE DE ESTUDIO

ASTM C 29 – 09. *Standard Test Method for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate.* American Society for Testing and Materials. Philadelphia, 2009.

## INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

<b>Documento:</b> NTE INEN 858 Primera revisión	<b>TÍTULO:</b> ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO) Y EL PORCENTAJE DE VACÍOS	<b>Código:</b> CO 02.03-309
---	---	--------------------------------

<b>ORIGINAL:</b> Fecha de iniciación del estudio:	<b>REVISIÓN:</b> Fecha de aprobación anterior del Consejo Directivo 1982-12-09 Oficialización con el Carácter de <b>OBLIGATORIA</b> por Acuerdo Ministerial No. 501 del 1983-09-27 publicado en el Registro Oficial No. 597 del 1983-10-12 Fecha de iniciación del estudio: 2010-03-10
--	---

Fechas de consulta pública: de \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_

Subcomité Técnico: **Hormigones, áridos y morteros**

Fecha de iniciación: 2010-03-16

Fecha de aprobación: 2010-04-29

Integrantes del Subcomité Técnico:

**NOMBRES:**

**INSTITUCIÓN REPRESENTADA:**

Ing. Guillermo Realpe (Presidente)  
 Ing. José Arce (Vicepresidente)  
 Ing. Jaime Salvador  
 Ing. Raúl Ávila  
 Ing. Hugo Egüez  
 Ing. Raúl Cabrera  
 Sr. Carlos Aulestia  
 Ing. Xavier Arce  
 Ing. Marlon Valarezo  
 Arq. Soledad Moreno  
 Ing. Carlos González  
 Ing. Víctor Buri  
 Ing. Douglas Alejandro  
 Ing. Verónica Miranda  
 Ing. Diana Sánchez  
 Ing. Stalin Serrano  
 Ing. Xavier Herrera  
 Ing. Mireya Martínez  
 Ing. Rubén Vásquez  
 Ing. Víctor Luzuriaga  
 Ing. Patricio Torres  
 Ing. Luis Balarezo  
 Ing. Eric Galarza  
 Ing. Nelson Alvear  
 Ing. Carlos Castillo (Prosecretario Técnico)

FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR  
 HORMIGONES HÉRCULES S. A.  
 INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y DEL HORMIGÓN. INECYC.  
 ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE HORMIGÓN PREMEZCLADO DEL ECUADOR, APRHOPEC.  
 HOLCIM ECUADOR S. A. AGREGADOS  
 HOLCIM ECUADOR S. A. HORMIGONES  
 LAFARGE CEMENTOS S. A.  
 CÁMARA DE LA CONSTRUCCIÓN DE GUAYAQUIL.  
 UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA  
 INTACO ECUADOR S. A.  
 INTACO ECUADOR S. A.  
 HORMIGONES HÉRCULES S. A.  
 MUNICIPIO DE GUAYAQUIL.  
 COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DE PICHINCHA / HORMIGONERA EQUINOCCIAL  
 FACULTAD DE INGENIERÍA. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR.  
 HORMIGONERA EQUINOCCIAL.  
 HORMIGONERA QUITO  
 CAMINOSCA CIA. LTDA.  
 CEMENTO CHIMBORAZO C. A.  
 INDUSTRIAS GUAPÁN S. A.  
 DICOPLAN CIA. LTDA.  
 CUERPO DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO  
 SIKA ECUATORIANA S. A.  
 SIKA ECUATORIANA S. A.  
 INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y DEL HORMIGÓN. INECYC

Otros trámites: ♦<sup>4</sup> La NTE INEN 858:1983 sin ningún cambio en su contenido fue **DESREGULARIZADA**, pasando de **OBLIGATORIA a VOLUNTARIA**, según Acuerdo Ministerial No. 235 de 1998-05-04 publicado en el Registro Oficial No. 321 del 1998-05-20.

Esta NTE INEN 858:2010 (Primera Revisión), reemplaza a la NTE INEN 858:1983

El Directorio del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 2010-10-29

Oficializada como: Voluntaria  
 Registro Oficial No. 348 de 2010-12-24

Por Resolución No. 128-2010 de 2010-11-30

---

**Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre  
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815  
Dirección General: E-Mail: [direccion@inen.gov.ec](mailto:direccion@inen.gov.ec)  
Área Técnica de Normalización: E-Mail: [normalizacion@inen.gov.ec](mailto:normalizacion@inen.gov.ec)  
Área Técnica de Certificación: E-Mail: [certificacion@inen.gov.ec](mailto:certificacion@inen.gov.ec)  
Área Técnica de Verificación: E-Mail: [verificacion@inen.gov.ec](mailto:verificacion@inen.gov.ec)  
Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail: [inencati@inen.gov.ec](mailto:inencati@inen.gov.ec)  
Regional Guayas: E-Mail: [inenguayas@inen.gov.ec](mailto:inenguayas@inen.gov.ec)  
Regional Azuay: E-Mail: [inencuenca@inen.gov.ec](mailto:inencuenca@inen.gov.ec)  
Regional Chimborazo: E-Mail: [inenriobamba@inen.gov.ec](mailto:inenriobamba@inen.gov.ec)  
URL: [www.inen.gov.ec](http://www.inen.gov.ec)**





# INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

---

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 857:2010**  
**Primera revisión**

---

---

## **ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL ÁRIDO GRUESO.**

**Primera Edición**

STANDARD TEST METHOD FOR DENSITY, RELATIVE DENSITY (SPECIFIC GRAVITY), AND ABSORPTION OF COARSE AGGREGATE.

First Edition

---

DESCRIPTORES: Materiales de construcción y edificación, materiales y productos minerales, áridos, árido grueso, densidad, absorción, ensayo.

CO 02.03-308  
CDU: 691.22 :531.755  
CIU: 2901  
ICS: 91.100.15

<b>Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria</b>	<b>ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL ÁRIDO GRUESO</b>	<b>NTE INEN 857:2010 Primera revisión 2010-10</b>
---	---	---

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN – Casilla 17-01-3999 – Baquerizo Moreno E8-29 y Almagro – Quito-Ecuador – Prohibida la reproducción

### 1. OBJETO

1.1 Esta norma establece el método de ensayo para determinar: la densidad, la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del árido grueso.

### 2. ALCANCE

2.1 Este método de ensayo se aplica para la determinación de la densidad promedio en una muestra de árido grueso (sin incluir el volumen de vacíos entre partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del árido. Dependiendo del procedimiento utilizado, la densidad es expresada como: seca al horno (SH), saturada superficialmente seca (SSS) o como densidad aparente. De la misma manera, la densidad relativa (gravedad específica), una cantidad adimensional, es expresada como SH, SSS o como densidad relativa aparente (gravedad específica aparente). La densidad SH y la densidad relativa SH se determinan luego de secar el árido. La densidad SSS, densidad relativa SSS y la absorción se determinan luego de saturar el árido en agua por un periodo definido.

2.2 Este método de ensayo es utilizado para determinar la densidad de la porción sólida de un número grande de partículas de árido y proporcionar un valor promedio, que representa la muestra. La diferencia entre la densidad de las partículas del árido, determinadas por éste método, y la masa unitaria (peso volumétrico) de los áridos, determinada de acuerdo al procedimiento de la NTE INEN 858, radica en que éste último método incluye el volumen de los vacíos entre las partículas del árido.

2.3 Este método de ensayo no es aplicable para ser utilizado con áridos livianos.

2.4 El texto de esta norma hace referencia a notas en pie de página, las cuales proveen material explicativo. Estas notas, exceptuando aquellas ubicadas en tablas y figuras, no deben ser consideradas como requisitos de esta norma.

2.5 Esta norma no tiene el propósito de contemplar todo lo concerniente a seguridad, si es que hay algo asociado con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadamente saludables y seguras y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras antes de su uso.

### 3. DEFINICIONES

3.1 Para los efectos de esta norma se adoptan las definiciones de la NTE INEN 694 y además las siguientes:

3.1.1 *Absorción.* Incremento de la masa del árido debido a la penetración de agua en los poros de las partículas durante un determinado período de tiempo, sin incluir el agua adherida a la superficie externa de las partículas, se expresa como un porcentaje de la masa seca.

3.1.2 *Seco al horno (SH), relacionado a las partículas del árido.* Condición en la cual los áridos han sido secados por calentamiento en un horno a  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  por el tiempo necesario para conseguir una masa constante.

3.1.3 *Saturado superficialmente seco (SSS), relacionado a las partículas del árido.* Condición en la cual los poros permeables de las partículas del árido se llenan con agua al sumergirlos por un determinado período de tiempo, pero sin agua libre en la superficie de las partículas.

(Continúa)

DESCRIPTORES: Materiales de construcción y edificación, materiales y productos minerales, áridos, árido grueso, densidad, absorción, ensayo.

**3.1.4 Densidad.** Masa por unidad de volumen de un material, expresada en kilogramos por metro cúbico.

**3.1.4.1 Densidad (SH).** Masa de las partículas del árido, seco al horno, por unidad de volumen, incluyendo el volumen de los poros permeables e impermeables, sin incluir los vacíos entre partículas.

**3.1.4.2 Densidad (SSS).** Masa de las partículas del árido, saturado superficialmente seco, por unidad de volumen, incluyendo el volumen de poros impermeables y poros permeables llenos de agua, sin incluir los vacíos entre partículas.

**3.1.4.3 Densidad aparente.** Masa por unidad de volumen, de la porción impermeable de las partículas del árido.

**3.1.5 Densidad relativa (gravedad específica).** Relación entre la densidad de un material y la densidad del agua destilada a una temperatura determinada; los valores son adimensionales.

**3.1.5.1 Densidad relativa (gravedad específica) (SH).** Relación entre la densidad (SH) de los áridos y la densidad del agua destilada a una temperatura determinada.

**3.1.5.2 Densidad relativa (gravedad específica) (SSS).** Relación entre la densidad (SSS) de los áridos y la densidad del agua destilada a una temperatura determinada.

**3.1.5.3 Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente).** Relación entre la densidad aparente del árido y la densidad del agua destilada a una temperatura determinada.

#### 4. DISPOSICIONES GENERALES

**4.1** La densidad relativa (gravedad específica) es la característica generalmente utilizada para el cálculo del volumen ocupado por el árido en las mezclas que contienen áridos, incluyendo hormigón de cemento portland, hormigón bituminoso y otras mezclas que son dosificadas o analizadas en base al volumen absoluto. La densidad relativa (gravedad específica) también se la utiliza para el cálculo de vacíos entre partículas en el árido, de acuerdo a la NTE INEN 858. La densidad relativa (gravedad específica) (SSS) se la utiliza si el árido está húmedo, esto es, si ha alcanzado su absorción; por el contrario, la densidad relativa (gravedad específica) (SH) se la utiliza para los cálculos cuando el árido está seco o se asume que está seco.

**4.2** La densidad aparente y la densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) corresponden al material sólido que conforman las partículas constitutivas, sin incluir los vacíos de poros dentro de las partículas, a los cuales es accesible el agua.

**4.3** Los valores de absorción se utilizan para calcular los cambios en la masa de un árido debido al agua absorbida por los poros de las partículas constitutivas, comparado con la condición seca, cuando se considera que el árido ha estado en contacto con agua el suficiente tiempo para satisfacer la mayoría del potencial de absorción. El valor de absorción determinado en el laboratorio, se consigue después de sumergir en agua el árido seco por un determinado período. Los áridos extraídos de una mina bajo la superficie del agua, comúnmente tienen un contenido de humedad mayor que la absorción determinada por este método, si se utilizan sin secarlos. Por el contrario, algunos áridos que no han sido conservados en una condición continua de humedad hasta ser utilizados, probablemente contendrán una cantidad de agua absorbida menor que en la condición de saturado en 24 horas. Para un árido que ha estado en contacto con agua y que tiene humedad libre en las superficies de las partículas, el porcentaje de humedad libre se determina restando el valor de la absorción, del valor total de humedad que contiene el árido, determinado con la NTE INEN 862.

**4.4** Los procedimientos generales descritos en este método de ensayo son válidos para la determinación de la absorción de áridos que han sido sometidos a condiciones de saturación diferentes que la inmersión en agua por 24 horas, tales como agua en ebullición o saturación al vacío. Los valores de absorción obtenidos mediante otros métodos de ensayo, serán diferentes de los valores obtenidos mediante la saturación indicada en este método, así como también los valores de densidad relativa (gravedad específica) (SSS).

(Continúa)

**4.5** Los poros en los áridos livianos, después de la inmersión por 24 horas, no están necesariamente llenos con agua. En realidad, la absorción potencial para muchos de estos áridos no se alcanza luego de algunos días inmersos en agua. Por lo tanto, este método de ensayo no es apropiado para uso con áridos livianos.

## 5. MÉTODO DE ENSAYO

**5.1 Resumen.** Se sumerge en agua por  $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$ , una muestra de árido previamente secada, hasta conseguir masa constante, con el propósito de llenar con agua sus poros. Se retira la muestra del agua, se seca el agua superficial de las partículas y se determina su masa. Luego, se determina el volumen de la muestra por el método del desplazamiento de agua; finalmente, la muestra se seca al horno y se determina su masa. Utilizando los valores de masa obtenidos y mediante las fórmulas de este método de ensayo, es posible calcular la densidad, la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción.

### 5.2 Equipos

**5.2.1 Balanza.** Equipo para determinar masa, que sea sensible y legible, con una aproximación de 0,05% de la masa de la muestra en cualquier punto dentro del rango de uso para este ensayo, o 0,5 g, la que sea mayor. La balanza debe estar equipada con un dispositivo apropiado para suspender el recipiente para la muestra en agua, desde el centro de la plataforma o recipiente de la balanza.

**5.2.2 Recipiente para la muestra:** Canasta de alambre con una abertura de 3,35 mm (No. 6) o de malla más fina o un cubo de ancho y altura aproximadamente iguales, con una capacidad de 4 litros a 7 litros, para un árido con tamaño máximo nominal de 37,5 mm o menor, o una canasta más grande, según sea necesario, para el ensayo de áridos de mayor tamaño máximo. El recipiente debe ser construido de tal forma que evite retener aire cuando esté sumergido.

**5.2.3 Tanque de agua.** Tanque hermético, dentro del cual se coloca el recipiente para la muestra mientras se suspende bajo la balanza.

**5.2.4 Tamices.** Tamiz de 4,75 mm (No. 4) o de otros tamaños según sean necesarios (ver los numerales 5.3.2 a 5.3.4), que cumplan con los requisitos de la NTE INEN 154.

**5.2.5 Horno.** De tamaño suficiente, capaz de mantener una temperatura uniforme de  $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

### 5.3 Muestreo

**5.3.1** Tomar las muestras del árido, de acuerdo a la NTE INEN 695.

**5.3.2** Mezclar íntegramente la muestra de árido y reducirlo hasta aproximadamente la cantidad necesaria, utilizando el procedimiento de la NTE INEN 2 566. Rechazar todo el material que pasa el tamiz de 4,75 mm (No. 4) mediante tamizado en seco y por medio de lavado remover el polvo u otro recubrimiento de la superficie. Si el árido grueso contiene una cantidad importante de material más fino que 4,75 mm (tal como los áridos de tamaño No. 8 y No. 9, según la clasificación de la norma ASTM D 448), utilizar el tamiz de 2,36 mm (No. 8) en lugar del de 4,75 mm. Alternativamente, separar y ensayar el material más fino que 4,75 mm, de acuerdo con la NTE INEN 856 (ver nota 1).

**5.3.3** La masa mínima de la muestra de ensayo a ser utilizada se presenta en la tabla 1. Se permite ensayar el árido grueso en varias fracciones de tamaño. Si más del 15% de la muestra es retenida en el tamiz de 37,5 mm, ensayar el material más grande que 37,5 mm en una o más fracciones separadas, desde la fracción más pequeña. Cuando se ensaya un árido en fracciones separadas, la masa mínima de la muestra de ensayo para cada fracción debe ser la diferencia entre las masas señaladas para los tamaños máximo y mínimo de la fracción.

NOTA 1. Si la muestra contiene áridos más pequeños que 4,75 mm (tamiz No. 4), revisar el recipiente para la muestra para asegurarse que el tamaño de sus aberturas sean más pequeñas que el tamaño mínimo del árido.

(Continúa)

**TABLA 1. Masa mínima de la muestra de ensayo**

Tamaño máximo nominal, mm	Masa mínima de la muestra para ensayo, kg
12,5 o menor	2
19,0	3
25,0	4
37,5	5
50	8
63	12
75	18
90	25
100	40
125	75

**5.3.4** Si la muestra es ensayada en dos o más fracciones de tamaño, determinar la granulometría de la muestra, de acuerdo a la NTE INEN 696, incluyendo los tamices utilizados para la separación de las fracciones en las determinaciones de este método. Al calcular el porcentaje de material en cada fracción, ignorar la cantidad de material más fino que 4,75 mm (tamiz No. 4) (o 2,36 mm (tamiz No. 8) si se utiliza ese tamiz de acuerdo con el numeral 5.3.2) (ver nota 2).

#### 5.4 Procedimiento

**5.4.1** Secar la muestra en el horno a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , hasta conseguir una masa constante. Enfriar la muestra al aire, a temperatura ambiente, entre 1 hora a 3 horas, para muestras de ensayo de tamaño máximo nominal de hasta 37,5 mm o por más tiempo para tamaños más grandes, hasta que el árido se haya enfriado a una temperatura que sea confortable para su manipulación (aproximadamente  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ); seguidamente sumergir el árido en agua a temperatura ambiente por un período de  $24\text{ h} \pm 4\text{ h}$ .

**5.4.2** Cuando se utilizan los valores de absorción y densidad relativa (gravedad específica) en la dosificación de mezclas de hormigón, en las que el árido estará en condición de humedad natural; el requisito del numeral 5.4.1 sobre el secado inicial es opcional y si la superficie de las partículas de la muestra ha sido conservada húmeda continuamente hasta el ensayo, el requisito del numeral 5.4.1 sobre la inmersión por  $24\text{ h} \pm 4\text{ h}$ , también es opcional (ver nota 3).

**5.4.3** Retirar la muestra de ensayo del agua, colocarla sobre un paño absorbente y con el mismo frotarla hasta que sea eliminada toda lámina visible de agua. Secar las partículas grandes individualmente. Se puede utilizar una corriente de aire para ayudar a la operación de secado. Evitar la evaporación de agua desde los poros del árido durante la operación de secado superficial. Determinar la masa de la muestra de ensayo en condición saturada superficialmente seca, registrar esta y todas las masas subsiguientes con una aproximación de 0,5 g o 0,05% de la masa de la muestra, la que sea mayor.

**5.4.4** Después de determinar la masa en aire, inmediatamente colocar la muestra de ensayo saturada superficialmente seca en el recipiente para la muestra y determinar su masa aparente en agua a  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Remover todo el aire atrapado antes de determinar la masa mediante la agitación del recipiente mientras se lo sumerge (ver notas 4 y 5).

NOTA 2. Cuando se ensaye árido grueso que por su tamaño máximo nominal, requiera muestras grandes, puede ser más conveniente realizar el ensayo con dos o más submuestras y combinar los valores obtenidos con el cálculo descrito en el numeral 5.5.

NOTA 3. Los valores de absorción y densidad relativa (gravedad específica) (SSS) potenciales del árido pueden ser significativamente más altos que los calculados en áridos que no se los ha secado en el horno antes de la inmersión, respecto al mismo árido tratado de acuerdo con numeral 5.4.1, esto es especialmente real para partículas mayores de 75 mm puesto que el agua puede no ser capaz de penetrar hasta los poros del centro de la partícula en el período de inmersión.

NOTA 4. La diferencia entre la masa en aire y la masa en agua, es igual a la masa del agua desplazada por la muestra.

NOTA 5. El recipiente y la muestra de ensayo deben sumergirse a una profundidad suficiente para ser cubiertos mientras se determina la masa aparente en agua. El alambre que sostiene al recipiente debe ser del más pequeño tamaño práctico, para minimizar cualquier efecto posible de una longitud variable sumergida.

(Continúa)

**5.4.5** Secar la muestra en el horno a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , hasta conseguir una masa constante. Enfriar la muestra al aire, a temperatura ambiente, entre 1 hora a 3 horas o hasta que el árido se haya enfriado a una temperatura que sea confortable para el manejo (aproximadamente  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) y determinar su masa.

## 5.5 Cálculos

**5.5.1** *Densidad relativa (gravedad específica):*

**5.5.1.1** *Densidad relativa (gravedad específica) (SH).* Calcular la densidad relativa (gravedad específica) del árido en condición seca al horno, de la siguiente manera:

$$\text{Densidad relativa (gravedad específica) (SH)} = \frac{A}{(B - C)} \quad (1)$$

Donde:

- A = masa en aire de la muestra seca al horno, g,
- B = masa en aire de la muestra saturada superficialmente seca, g, y
- C = masa aparente en agua de la muestra saturada, g.

**5.5.1.2** *Densidad relativa (gravedad específica) (SSS).* Calcular la densidad relativa (gravedad específica) del árido en condición saturada superficialmente seca, de la siguiente manera:

$$\text{Densidad relativa (gravedad específica) (SSS)} = \frac{B}{(B - C)} \quad (2)$$

**5.5.1.3** *Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente).* Calcular la densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) de la siguiente manera:

$$\text{Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) (SSS)} = \frac{A}{(A - C)} \quad (3)$$

**5.5.2** *Densidad:*

**5.5.2.1** *Densidad (SH).* Calcular la densidad del árido en condición seca al horno, de la siguiente manera:

$$\text{Densidad (SH), kg/m}^3 = \frac{997,5 A}{(B - C)} \quad (4)$$

**5.5.2.2** *Densidad (SSS).* Calcular la densidad del árido en condición saturada superficialmente seca, de la siguiente manera:

$$\text{Densidad (SSS), kg/m}^3 = \frac{997,5 B}{(B - C)} \quad (5)$$

**5.5.2.3** *Densidad aparente.* Calcular la densidad aparente de la siguiente manera:

$$\text{Densidad aparente, kg/m}^3 = \frac{997,5 A}{(A - C)} \quad (6)$$

**5.5.3** *Valores promedio de densidad y de densidad relativa (gravedad específica).* Cuando la muestra se ensaya en fracciones separadas, calcular el promedio de los valores de densidad o de densidad relativa (gravedad específica) de cada fracción de tamaño, calculada de acuerdo con los numerales 5.5.1 ó 5.5.2, utilizando la siguiente ecuación:

(Continúa)

$$G = \frac{1}{\frac{P_1}{100G_1} + \frac{P_2}{100G_2} + \dots + \frac{P_n}{100G_n}} \quad (\text{ver el Apéndice X}) \quad (7)$$

Donde:

G = promedio de densidad o de densidad relativa (gravedad específica). Todas las formas de expresión de densidad o de densidad relativa (gravedad específica) pueden ser promediadas de esta manera,

$G_1, G_2 \dots G_n$  = valores apropiados del promedio de densidad o de densidad relativa (gravedad específica) para cada fracción, en función del tipo de densidad o de densidad relativa (gravedad específica) a ser promediada, y

$P_1, P_2 \dots P_n$  = porcentajes de la masa de cada fracción presente en la muestra original (no se incluye el material más fino, ver el numeral 5.3.4).

**5.5.4 Absorción.** Calcular el porcentaje de absorción, de la siguiente manera:

$$\text{Absorción, \%} = \frac{(B - A)}{A} \times 100 \quad (8)$$

**5.5.5 Promedio del valor de absorción.** Cuando la muestra se ensaya en fracciones separadas, el valor promedio de absorción es el promedio de los valores calculados de acuerdo al numeral 5.5.4, ponderado en proporción a los porcentajes de masa de cada fracción presente en la muestra original de la siguiente manera (no se incluye el material más fino, ver el numeral 5.3.4):

$$A = \frac{P_1 A_1}{(100)} + \frac{P_2 A_2}{(100)} + \dots + \frac{P_n A_n}{(100)} \quad (9)$$

Donde:

A = promedio de absorción, %,

$A_1, A_2 \dots A_n$  = porcentajes de absorción para cada fracción, y

$P_1, P_2 \dots P_n$  = porcentajes de la masa de cada fracción presente en la muestra original.

(ver nota 6)

**5.6 Informe de resultados.** Se debe elaborar un informe de resultados que contenga al menos lo siguiente:

- Fecha de muestreo y ensayo,
- Nombre del laboratorio y del laboratorista que efectuó el ensayo,
- Identificación de la muestra de árido fino,
- Resultados de densidad con una aproximación de 10 kg/m<sup>3</sup>, resultados de densidad relativa (gravedad específica) con una aproximación de 0,01 e indicar la condición del árido para densidad o densidad relativa (gravedad específica), ya sea (SH), (SSS) o aparente,
- Resultado de absorción con una aproximación de 0,1%,
- Si los valores de densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción fueron determinados sin el secado preliminar del árido, según lo permitido en el numeral 5.4.2, registrar este particular en el informe,
- Otros detalles necesarios para la completa identificación de la muestra.

NOTA 6. El valor constante (997,5 kg/m<sup>3</sup>), utilizado en los cálculos de los numerales 5.5.2.1 a 5.5.2.3 es la densidad del agua a 23 °C. Algunas autoridades recomiendan utilizar la densidad del agua a 4 °C (1 000 kg/m<sup>3</sup> o 1,000 Mg/m<sup>3</sup>) valor suficientemente preciso.

(Continúa)

## 5.7 Precisión y desviación

**5.7.1** La estimación de la precisión de este método de ensayo, que figura en la tabla 2, se basa en los resultados del Programa de muestras de referencia del laboratorio de materiales de la AASHTO, los ensayos fueron realizados de acuerdo con las normas ASTM C 127 y AASHTO T 85. La diferencia significativa entre estos métodos es que la norma ASTM C 127 requiere un período de saturación de  $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$  mientras que la norma AASHTO T 85 requiere un período de saturación de mínimo 15 horas. Se ha encontrado que esta diferencia tiene un efecto insignificante sobre los índices de precisión. Los datos se basan en el análisis de más de 100 pares de resultados de ensayos de 40 a 100 laboratorios. La estimación de la precisión para densidad fue calculada a partir de valores determinados de densidad relativa (gravedad específica), utilizando la densidad del agua a  $23 \text{ }^\circ\text{C}$  para la conversión.

**TABLA 2. Precisión**

	<b>Desviación estándar (1s)<sup>A</sup></b>	<b>Rango aceptable de dos resultados (d2s)<sup>A</sup></b>
<b>Precisión para un solo operador:</b>		
Densidad (SH), $\text{kg/m}^3$	9	25
Densidad (SSS), $\text{kg/m}^3$	7	20
Densidad aparente, $\text{kg/m}^3$	7	20
Densidad relativa (gravedad específica) (SH)	0,009	0,025
Densidad relativa (gravedad específica) (SSS)	0,007	0,020
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	0,007	0,020
<b>Precisión multilaboratorio:</b>		
Densidad (SH), $\text{kg/m}^3$	13	38
Densidad (SSS), $\text{kg/m}^3$	11	32
Densidad aparente, $\text{kg/m}^3$	11	32
Densidad relativa (gravedad específica) (SH)	0,013	0,038
Densidad relativa (gravedad específica) (SSS)	0,011	0,032
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	0,011	0,032

<sup>A</sup> Estos números representan los límites (1s) y (d2s) respectivamente, como se describen en la norma ASTM C 670. La estimación de la precisión fue obtenida del análisis de los resultados de las muestras de referencia combinadas del laboratorio de materiales de la AASHTO, obtenidos de laboratorios que utilizaron un mínimo de 15 h para la saturación y otros laboratorios que utilizaron  $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$  de saturación. Los ensayos se realizaron en áridos de masa normal y comenzó con los áridos en condición seca al horno.

**5.7.2 Desviación.** Puesto que no hay un material de referencia aceptado, que sea adecuado para determinar la desviación de este método de ensayo, no se ha hecho ninguna declaración de desviación.

(Continúa)



**APÉNDICE X**  
**(Información opcional)**

**DESARROLLO DE LA ECUACIÓN**

**X.1** El desarrollo de la ecuación No. 7 proviene de los siguientes casos simplificados, utilizando dos sólidos. Sólido 1: tiene una masa  $M_1$  en gramos y un volumen  $V_1$  en  $\text{cm}^3$ ; su densidad relativa (gravedad específica) ( $G_1$ ) es por lo tanto  $M_1/V_1$ . Sólido 2: tiene una masa  $M_2$  y un volumen  $V_2$ ;  $G_2 = M_2/V_2$ . Si se considera que los dos sólidos están juntos, la densidad relativa (gravedad específica) de la combinación es la masa total en gramos dividida para el volumen total en  $\text{cm}^3$ .

$$G = \frac{M_1 + M_2}{V_1 + V_2} \quad (\text{X.1})$$

Mediante el desarrollo de esta ecuación se obtiene:

$$G = \frac{1}{\frac{V_1 + V_2}{M_1 + M_2}} = \frac{1}{\frac{V_1}{M_1 + M_2} + \frac{V_2}{M_1 + M_2}} \quad (\text{X.2})$$

$$G = \frac{1}{\frac{M_1}{M_1 + M_2} \left(\frac{V_1}{M_1}\right) + \frac{M_2}{M_1 + M_2} \left(\frac{V_2}{M_2}\right)} \quad (\text{X.3})$$

Sin embargo, los porcentajes en masa de los dos sólidos son:

$$\frac{M_1}{M_1 + M_2} = \frac{P_1}{100} \quad \text{y} \quad \frac{M_2}{M_1 + M_2} = \frac{P_2}{100} \quad (\text{X.4})$$

Además,

$$\frac{1}{G_1} = \frac{V_1}{M_1} \quad \text{y} \quad \frac{1}{G_2} = \frac{V_2}{M_2} \quad (\text{X.5})$$

Sustituyendo estas relaciones en la ecuación X.3, se obtiene

$$G = \frac{1}{\frac{P_1}{100} \frac{1}{G_1} + \frac{P_2}{100} \frac{1}{G_2}} \quad (\text{X.6})$$

Un ejemplo de este cálculo está dado en la tabla X.1

**TABLA X.1 Ejemplo de cálculos de valores de masas de densidad relativa (gravedad específica) y absorción para áridos gruesos ensayados por separado**

Fracción de tamaño, mm	% en la muestra original	Masa de la muestra utilizada, g	Densidad relativa (gravedad específica) (SSS)	Absorción, %
4,75 a 12,5	44	2 213,0	2,72	0,4
12,5 a 37,5	35	5 462,0	2,56	2,5
37,5 a 63	21	12 593,0	2,54	3,0

(Continúa)

Promedio de densidad relativa (gravedad específica) (SSS)

$$G_{SSS} = \frac{1}{\frac{0,44}{2,72} + \frac{0,35}{2,56} + \frac{0,21}{2,54}} = 2,62$$

Promedio de absorción

$$A = (0,44 \times 0,4) + (0,35 \times 2,5) + (0,21 \times 3,0) = 1,7\%$$

(Continúa)

**APÉNDICE Y**  
**(Información opcional)**

**INTERRELACIÓN ENTRE DENSIDADES RELATIVAS (GRAVEDADES ESPECÍFICAS) Y  
ABSORCIÓN, SEGÚN SE DEFINEN EN LAS NTE INEN 857 Y NTE INEN 856**

**Y.1** Este apéndice proporciona relaciones matemáticas entre los tres tipos de densidad relativa (gravedad específica) y la absorción. Estos valores pueden ser útiles para controlar la correspondencia de los datos reportados o calcular un valor que no se ha reportado mediante el uso de otros datos reportados:

Donde:

$S_d$  = densidad relativa (gravedad específica) (SH),  
 $S_s$  = densidad relativa (gravedad específica) (SSS),  
 $S_a$  = densidad relativa aparente (gravedad específica aparente), y  
 A = absorción en %.

**Y.2** Calcular los valores de cada uno, de la siguiente manera:

$$S_s = \left(1 + \frac{A}{100}\right) S_d \quad (\text{Y.1})$$

$$S_a = \frac{1}{\frac{1}{S_d} - \frac{A}{100}} = \frac{S_d}{1 - \frac{AS_d}{100}} \quad (\text{Y.2})$$

$$S_a = \frac{1}{\frac{1 + A/100}{S_s} - \frac{A}{100}} = \frac{S_s}{1 - \left[\frac{A}{100}(S_s - 1)\right]} \quad (\text{Y.3})$$

$$A = \left(\frac{S_s}{S_d} - 1\right) 100 \quad (\text{Y.4})$$

$$A = \left(\frac{S_a - S_s}{S_a(S_s - 1)}\right) 100 \quad (\text{Y.5})$$

(Continúa)

## APÉNDICE Z

### Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 154	<i>Tamices de ensayo. Dimensiones nominales de las aberturas</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 694	<i>Hormigón y áridos para elaborar hormigón. Terminología</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 695	<i>Áridos. Muestreo.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 696	<i>Áridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 856	<i>Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 858	<i>Áridos. Determinación de la masa unitaria y del porcentaje de huecos</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 862	<i>Áridos para hormigón. Determinación del contenido total de humedad.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 566	<i>Áridos. Reducción de muestras a tamaño de ensayo.</i>
Norma ASTM C 127	<i>Método de ensayo para determinar la densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del árido grueso.</i>
Norma ASTM C 670	<i>Práctica para la preparación de informes de precisión y desviación para métodos de ensayo para materiales de construcción</i>
Norma ASTM D 448	<i>Clasificación por tamaños del árido para la construcción de caminos y puentes.</i>
Norma AASHTO T 85	<i>Gravedad específica y absorción del árido grueso</i>

### Z.2 BASE DE ESTUDIO

ASTM C 127 – 07. *Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate.* American Society for Testing and Materials. Philadelphia, 2007.

## INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

**Documento:** TÍTULO: ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, Código:  
**NTE INEN 857** DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y **CO 02.03-308**  
**Primera revisión** ABSORCIÓN DEL ÁRIDO GRUESO.

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior del Consejo Directivo 1982-12-09 Oficialización con el Carácter de <b>OBLIGATORIA</b> por Acuerdo Ministerial No. 503 del 1983-09-27 publicado en el Registro Oficial No. 598 del 1983-10-13  Fecha de iniciación del estudio: 2010-02-03
---	--

Fechas de consulta pública: de \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_

Subcomité Técnico: HORMIGONES, ÁRIDOS Y MORTEROS

Fecha de iniciación: 2010-02-10

Fecha de aprobación: 2010-02-18

Integrantes del Subcomité Técnico:

### NOMBRES:

### INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

Ing. Guillermo Realpe (Presidente)

FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

Ing. José Arce (Vicepresidente)

HORMIGONES HÉRCULES S. A.

Ing. Jaime Salvador

INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y DEL  
HORMIGÓN. INECYC.

Ing. Raúl Ávila

ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE HORMIGÓN  
PREMEZCLADO DEL ECUADOR. APRHOPEC.

Ing. Hugo Egüez

HOLCIM ECUADOR S. A. AGREGADOS

Ing. Raúl Cabrera

HOLCIM ECUADOR S. A. HORMIGONES

Sr. Carlos Aulestia

LAFARGE CEMENTOS S. A.

Ing. Xavier Arce

CÁMARA DE LA CONSTRUCCIÓN DE  
GUAYAQUIL.

Ing. Marlon Valarezo

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

Arq. Soledad Moreno

INTACO ECUADOR S. A.

Ing. Carlos González

INTACO ECUADOR S. A.

Ing. Víctor Buri

HORMIGONES HÉRCULES S. A.

Ing. Douglas Alejandro

MUNICIPIO DE GUAYAQUIL.

Ing. Verónica Miranda

COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DE  
PICHINCHA / HORMIGONERA EQUINOCCIAL

Ing. Diana Sánchez

FACULTAD DE INGENIERÍA. PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR.

Ing. Stalin Serrano

HORMIGONERA EQUINOCCIAL.

Ing. Xavier Herrera

HORMIGONERA QUITO

Ing. Mireya Martínez

CAMINOSCA CIA. LTDA.

Ing. Rubén Vásquez

CEMENTO CHIMBORAZO C. A.

Ing. Víctor Luzuriaga

INDUSTRIAS GUAPÁN S. A.

Ing. Patricio Torres

DICOPLAN CIA. LTDA.

Ing. Luis Balarezo

CUERPO DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO

Ing. Eric Galarza

SIKA ECUATORIANA S. A.

Ing. Carlos Castillo (Prosecretario Técnico)

INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y DEL  
HORMIGÓN. INECYC.

Otros trámites: ♦<sup>4</sup> La NTE INEN 857:1982 sin ningún cambio en su contenido fue **DESREGULARIZADA**, pasando de **OBLIGATORIA a VOLUNTARIA**, según Acuerdo Ministerial No. 235 de 1998-05-04 publicado en el Registro Oficial No. 321 del 1998-05-20.

Esta NTE INEN 857:2010 (Primera Revisión), reemplaza a la NTE INEN 857:1982

El Directorio del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 2010-07-30

Oficializada como: **Voluntaria**  
Registro Oficial No. 303 de 2010-10-19

Por Resolución No. 104-2010 de 2010-07-30

---

**Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre  
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815  
Dirección General: E-Mail: [direccion@inen.gov.ec](mailto:direccion@inen.gov.ec)  
Área Técnica de Normalización: E-Mail: [normalizacion@inen.gov.ec](mailto:normalizacion@inen.gov.ec)  
Área Técnica de Certificación: E-Mail: [certificacion@inen.gov.ec](mailto:certificacion@inen.gov.ec)  
Área Técnica de Verificación: E-Mail: [verificacion@inen.gov.ec](mailto:verificacion@inen.gov.ec)  
Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail: [inencati@inen.gov.ec](mailto:inencati@inen.gov.ec)  
Regional Guayas: E-Mail: [inenguayas@inen.gov.ec](mailto:inenguayas@inen.gov.ec)  
Regional Azuay: E-Mail: [inencuenca@inen.gov.ec](mailto:inencuenca@inen.gov.ec)  
Regional Chimborazo: E-Mail: [inenriobamba@inen.gov.ec](mailto:inenriobamba@inen.gov.ec)  
URL: [www.inen.gov.ec](http://www.inen.gov.ec)**



# INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

---

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 860:2011**  
**Primera Revisión**

---

---

## **ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DEGRADACIÓN DEL ÁRIDO GRUESO DE PARTÍCULAS MENORES A 37,5 mm MEDIANTE EL USO DE LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES.**

**Primera Edición**

STANDARD OF TEST METHOD FOR RESISTANCE TO DEGRADATION OF COARSE AGGREGATE PARTICLES SMALLER THAN 37,5 mm USING THE LOS ANGELES MACHINE.

First Edition

---

DESCRIPTORES: Materiales de construcción y edificación, materiales y productos minerales y cerámicos, árido grueso, ensayo, degradación .  
CO 02.03-316  
CDU: 691.322 :620.178.16  
CIU: 2901  
ICS: 91.100.15

<b>Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria</b>	<b>ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DEGRADACIÓN DEL ÁRIDO GRUESO DE PARTÍCULAS MENORES A 37,5 mm MEDIANTE EL USO DE LA MÁQUINA DE LOS ANGELES</b>	<b>NTE INEN 860:2011 Primera Revisión 2011-06</b>
---	--	---

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN – Casilla 17-01-3999 – Baquerizo Moreno E8-29 y Almagro – Quito-Ecuador – Prohibida la reproducción

## 1. OBJETO

1.1 Esta norma establece el método de ensayo para determinar el valor de la degradación del árido grueso de tamaño inferior a 37,5 mm, mediante la pérdida de masa por desgaste e impacto utilizando la máquina de Los Ángeles (ver nota 1).

## 2. ALCANCE

2.1 El valor de la degradación es utilizado como indicador de la calidad relativa o de la competencia de áridos y fuentes de áridos, que tienen composiciones mineralógicas similares. Los resultados obtenidos por este ensayo no permiten realizar comparaciones entre fuentes de diferente origen, composición o estructura (ver nota 2).

2.2 Los áridos referidos en esta norma pueden ser gravas, piedras naturales, así como otros materiales obtenidos por trituración.

## 3. DEFINICIONES

3.1 Para los efectos de esta norma se adoptan las definiciones de la NTE INEN 694.

## 4. DISPOSICIONES GENERALES

4.1 Esta norma no tiene el propósito de contemplar todo lo concerniente a seguridad, si es que hay algo asociado con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadamente saludables y seguras y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras antes de su uso.

## 5. MÉTODO DE ENSAYO

**5.1 Resumen.** Este ensayo determina la pérdida de masa de los agregados minerales con gradación normalizada, resultante de una combinación de acciones que incluyen la abrasión o desgaste, el impacto y la molienda en un tambor giratorio de acero que contiene un número especificado de esferas de acero, cuyo número depende de la gradación de la muestra de ensayo. A medida que el tambor gira, una plataforma recoge la muestra y las esferas de acero, elevándolas hasta que caigan al lado opuesto del tambor, creando un efecto de impacto y trituración. El contenido gira conjuntamente con el tambor, en una acción de molido, hasta que la plataforma recoja nuevamente la muestra y las esferas de acero y se repite el ciclo. Luego de un número especificado de revoluciones, se retiran los contenidos del tambor y la porción de árido se tamiza para medir la degradación como un porcentaje de pérdida.

NOTA 1. El procedimiento de ensayo para árido grueso de tamaño mayor a 19,0 mm se presenta en la NTE INEN 861.

NOTA 2. Al elaborar especificaciones se debe tener especial cuidado al establecer límites, hay que considerar los tipos de áridos disponibles y su historial de rendimiento para usos específicos.

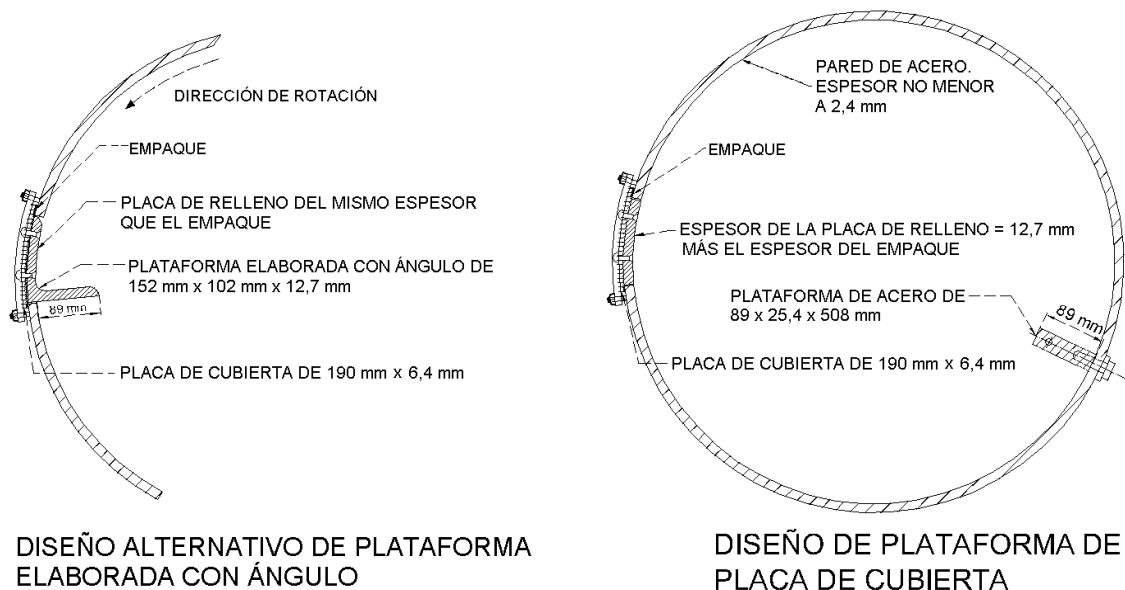
(Continúa)

DESCRIPTORES: Materiales de construcción y edificación, materiales y productos minerales y cerámicos, árido grueso, ensayo, degradación.



## 5.2 Equipos

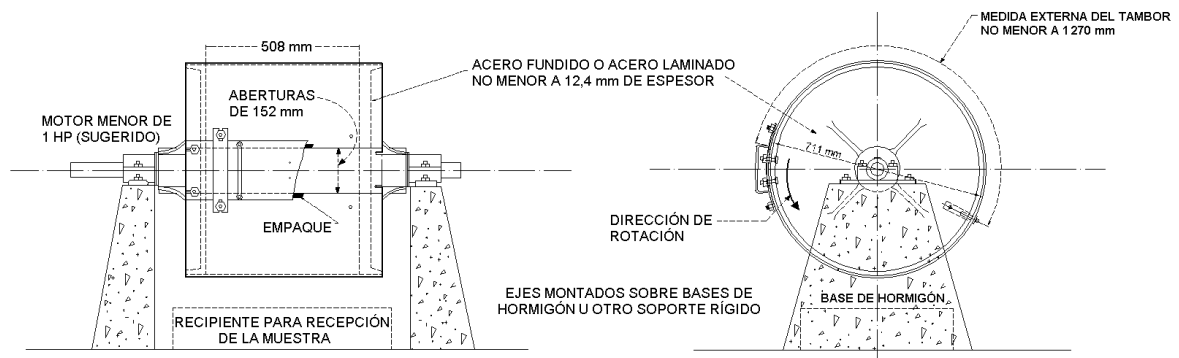
**5.2.1 Máquina de Los Ángeles.** Se debe utilizar una máquina de Los Ángeles que cumpla con todas las características esenciales del diseño mostrado en la figura 1. La máquina debe estar compuesta por un cilindro de acero hueco, con espesor de pared no menor que 12,4 mm (ver nota 3), cerrado en ambos extremos, que cumpla con las dimensiones que se muestran en la figura 1, que tenga diámetro interno de  $711 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$  y longitud interna de  $508 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ . La superficie interior del cilindro debe estar libre de protuberancias que interrumpan la trayectoria de la muestra y de las esferas de acero, a excepción de la plataforma que se describe más adelante. El cilindro debe ser montado sobre puntas de ejes acoplados a los extremos del cilindro, pero no deben entrar en él y debe estar colocado de tal manera que gire con el eje en posición horizontal con una tolerancia en la pendiente de 1%. Se debe proveer una abertura en el cilindro para la introducción de la muestra y las esferas. Para cubrir la abertura, debe estar provisto de una tapa apropiada que no deje escapar el polvo, con dispositivos para atornillar la tapa en su lugar. La tapa debe estar diseñada para mantener el contorno cilíndrico de la superficie interior, a menos que la plataforma esté localizada de modo que la carga no caiga sobre la tapa o entre en contacto con ésta durante el ensayo. En el interior de la superficie cilíndrica se debe acoplar una plataforma de acero, extendida toda la longitud del cilindro y proyectada hacia el interior en  $89 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ , de tal manera que un plano centrado entre las caras grandes coincida con un plano axial. La plataforma debe ser montada por medio de tornillos u otros medios adecuados y tener un espesor que le permita estar firme y rígida. La posición de la plataforma debe ser tal que la muestra y las esferas de acero no golpeen en o cerca de la abertura y su tapa. La distancia desde la plataforma a la abertura, medida a lo largo de la circunferencia exterior del cilindro en el sentido del giro, no debe ser menor a 1 270 mm (ver nota 4). Inspeccionar periódicamente la plataforma para determinar que no se ha doblado longitudinalmente, ni tampoco se ha modificado su posición normal radial con respecto al cilindro. Si se encuentra cualquiera de estas condiciones, se debe reparar o reemplazar la plataforma antes de que se lleven a cabo más ensayos.



NOTA 3. Esta es la mínima tolerancia permitida en una plancha de acero laminado de 12,7 mm, como se describe en la norma ASTM A 6.

NOTA 4. Es preferible el uso de una plataforma de acero resistente al desgaste, de sección transversal rectangular y montada independientemente de la tapa. Se puede utilizar una plataforma de cubierta, siempre que el sentido de giro sea tal que la carga sea recogida por la cara externa del ángulo.

(Continúa)



**FIGURA 1. Máquina de Los Ángeles**

**5.2.1.1** La máquina debe estar balanceada y operar de tal forma que mantenga una velocidad periférica sustancialmente uniforme (ver nota 5). Si se utiliza un ángulo como plataforma, la dirección de rotación debe ser tal que la carga sea recogida por la superficie externa del ángulo.

**5.2.2** *Tamices.* Que cumplan con los requisitos de la NTE INEN 154.

**5.2.3** *Balanza.* Con una precisión de por lo menos 0,1% de la carga de ensayo en cualquier punto dentro del rango de uso para este método de ensayo.

**5.2.4** *Carga.* La carga consiste en esferas de acero que promedien aproximadamente 47 mm de diámetro, que cada una tenga una masa de entre 390 g y 445 g.

**5.2.4.1** La carga, dependiendo de la gradación de la muestra de ensayo descrita en el numeral 5.4, debe cumplir lo indicado en la tabla 1 (ver nota 6).

**TABLA 1. Especificaciones para la carga**

Gradación	Número de esferas	Masa de la carga (g)
A	12	5 000 ± 25
B	11	4 584 ± 25
C	8	3 330 ± 20
D	6	2500 ± 15

**5.3 Muestreo.** Obtener la muestra de campo, de acuerdo con la NTE INEN 695 y reducirla hasta el tamaño de muestra adecuado, de acuerdo con la NTE INEN 2 566.

**5.4 Preparación de la muestra de ensayo.** Lavar la muestra reducida y secarla al horno a  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta obtener masa prácticamente constante (ver el numeral 5.5.1.1), separar en fracciones individuales por tamaño y recombinarlas para obtener la gradación indicada en la tabla 2 que mejor represente al rango de tamaños del árido proporcionado para el ensayo. Registrar la masa de la muestra antes del ensayo con aproximación de 1 g.

NOTA 5. Es muy probable que movimientos de reacción o deslizamiento en el mecanismo de conducción proporcione resultados de ensayos que no se dupliquen en otras máquinas de Los Ángeles que tengan una velocidad periférica constante.

NOTA 6. Las esferas de acero, con diámetros entre 46,0 mm y 47,6 mm, que tienen una masa aproximadamente de 400 g y 440 g cada una, respectivamente, se adquieren fácilmente. Las esferas de acero de 46,8 mm de diámetro que tengan una masa de aproximadamente 420 g también pueden obtenerse. La carga puede consistir en una mezcla de estos tamaños, que se ajusten a los límites de tolerancia de masa de los numerales 5.2.4 y 5.2.4.1.

(Continúa)

**TABLA 2. Gradación de las muestras de ensayo**

Tamaño de las aberturas de tamiz (mm) (aberturas cuadradas)		Masa por tamaños indicada (g)			
Pasante de	Retenido en	Gradación			
		A	B	C	D
37,5	25,0	1 250 ± 25	---	---	---
25,0	19,0	1 250 ± 25	---	---	---
19,0	12,5	1 250 ± 10	2 500 ± 10	---	---
12,5	9,5	1 250 ± 10	2 500 ± 10	---	---
9,5	6,3	---	---	2 500 ± 10	---
6,3	4,75	---	---	2 500 ± 10	---
4,75	2,36	---	---	---	5 000 ± 10
Total		5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10

### 5.5 Procedimiento

**5.5.1** Colocar la muestra y la carga para el ensayo en la máquina de Los Ángeles, girar la máquina 500 revoluciones (ver nota 7) a una velocidad entre 30 r/min y 33 r/min. Después del número prescrito de revoluciones, descargar el material de la máquina y realizar una separación preliminar de la muestra sobre un tamiz de mayor abertura que el de 1,70 mm. Tamizar la porción fina por el tamiz de 1,70 mm, según el procedimiento descrito en la NTE INEN 696. Lavar el material más grueso que 1,70 mm y secarlo al horno a 110 °C ± 5 °C hasta obtener masa prácticamente constante (ver el numeral 5.5.1.1) y determinar la masa con aproximación de 1 g.

**5.5.1.1** Si el árido esencialmente no contiene recubrimientos adherentes y polvo, el requisito del lavado luego del ensayo es opcional (ver nota 8). Sin embargo, para el caso de ensayos de arbitraje, se debe realizar el procedimiento de lavado.

**5.6 Cálculos.** El valor de la degradación es la pérdida de masa (diferencia entre la masa inicial y la masa final de la muestra) expresada en porcentaje respecto a la masa inicial (ver nota 9)

$$D = \frac{B - C}{B} \times 100$$

Donde:

D = valor de la degradación, en porcentaje

B = masa inicial de la muestra de ensayo

C = masa de la muestra retenida en el tamiz de 1,70 mm, después del ensayo.

NOTA 7. Se puede obtener información valiosa sobre la uniformidad de la muestra a ser ensayada mediante la determinación de la pérdida después de 100 revoluciones. La pérdida debe ser determinada por tamizado en seco del material sin lavar, por el tamiz de 1,70 mm. La relación de la pérdida después de 100 revoluciones a la pérdida después de 500 revoluciones no debería ser mayor a 0,20 para un material de dureza uniforme. Cuando se realiza esta determinación, trabajar con cuidado para evitar la pérdida de cualquier parte de la muestra; regresar toda la muestra, incluyendo el polvo de la fractura, a la máquina de ensayo para las 400 revoluciones finales necesarias para completar el ensayo.

NOTA 8. Suprimir el lavado después del ensayo rara vez reducirá la pérdida medida en más de 0,2% respecto a la masa original de la muestra.

NOTA 9. No se conoce ninguna relación coherente entre el porcentaje de pérdida, determinado por este método de ensayo con el porcentaje de pérdida para el mismo material cuando se lo determina de acuerdo con la NTE INEN 861.

(Continúa)

**5.7 Informe de resultados.** Se debe elaborar un informe de resultados que contenga al menos lo siguiente:

- a) Fecha de muestreo y ensayo,
- b) nombre del laboratorio y del laboratorista que efectuó el ensayo,
- c) identificación de la fuente, tipo y tamaño máximo nominal del árido,
- d) designación de la gradación utilizada para el ensayo, según la tabla 2,
- e) valor de la degradación, con una aproximación de 1%, y
- f) otros detalles necesarios para la completa identificación de la muestra.

## **5.8 Precisión y desviación**

**5.8.1** Se ha encontrado que el coeficiente de variación multilaboratorio, para un árido grueso con tamaño máximo nominal de 19,0 mm, con un porcentaje de pérdida dentro del rango de 10% a 45%, es de 4,5%; por lo tanto, los resultados de dos ensayos correctamente realizados por dos laboratorios diferentes, en muestras del mismo árido grueso, no deben diferir en más de 12,7% (ver nota 10) de su promedio (probabilidad del 95%). Se ha encontrado que el coeficiente de variación para un solo operador, es de 2,0%; por lo tanto, los resultados de dos ensayos correctamente realizados por el mismo operador, en muestras del mismo árido grueso, no deben diferir en más de 5,7% de su promedio (probabilidad del 95%) (ver nota 10) (ver nota 11).

**5.8.2 Desviación.** Puesto que no hay un material de referencia aceptado que sea adecuado para determinar la desviación de este método de ensayo, no se ha hecho ninguna declaración de desviación.

NOTA 10. Estos números representan los límites (1s%) y (d2s%) respectivamente, como se describen en la norma ASTM C 670.

NOTA 11. Los límites (1s%) y (d2s%) se han tomado del numeral 12 de la norma ASTM C 131-06.

*(Continúa)*

## APÉNDICE Y

### (Información opcional)

#### MANTENIMIENTO DE LA PLATAFORMA

**Y.1** La plataforma de la máquina de Los Ángeles está sujeta a impacto y a un severo desgaste de la superficie. Con el uso, la superficie de trabajo de la plataforma es martillada por las esferas y tiende a desarrollar un cordón de metal paralelo, alrededor de 32 mm desde la unión de la plataforma con la superficie interior del cilindro. Si la plataforma está fabricada de una sección de ángulo laminado, no solamente puede desarrollar este cordón, sino que la plataforma misma puede doblarse longitudinalmente o transversalmente respecto a su posición original.

**Y.2** Se debe inspeccionar periódicamente la plataforma para determinar que no esté doblada, tanto longitudinalmente como en su posición radial original con respecto al cilindro. Si se encuentra cualquiera de estas condiciones, la plataforma debe ser reparada o reemplazada antes de realizar más ensayos. No se conoce la influencia del cordón desarrollado por el martilleo de la cara de trabajo de la plataforma sobre el resultado del ensayo. Sin embargo, para uniformizar las condiciones de ensayo, se recomienda que el cordón sea limado si su altura es superior a 2 mm.

*(Continúa)*

## APÉNDICE Z

### Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 154	<i>Tamices de ensayo. Dimensiones nominales de las aberturas.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 694	<i>Hormigón y áridos para elaborar hormigón. Terminología.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 695	<i>Áridos para hormigón. Muestreo.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 696	<i>Áridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 861	<i>Áridos. Determinación del valor de la degradación del árido grueso de partículas mayores a 19 mm mediante el uso de la máquina de los ángeles.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 566	<i>Áridos. Reducción de muestras a tamaño de ensayo.</i>
Norma ASTM C 670	<i>Práctica para la preparación de informes de precisión y desviación para métodos de ensayo para materiales de construcción.</i>
Norma ASTM A 6	<i>Especificaciones para los requisitos generales para barras, placas, formas y tablestacas de acero laminado estructural.</i>

### Z.2 BASE DE ESTUDIO

ASTM C 131 – 06. *Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine.* American Society for Testing and Materials. Philadelphia, 2006.

## INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

<b>Documento:</b> NTE INEN 860 Primera Revisión	<b>TÍTULO:</b> ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA <b>DEGRADACIÓN DEL ÁRIDO GRUESO DE PARTÍCULAS</b> <b>MENORES A 37,5 MM MEDIANTE EL USO DE LA MÁQUINA</b> <b>DE LOS ÁNGELES</b>	<b>Código:</b> CO 02.03-316
---	--	--------------------------------

<b>ORIGINAL:</b> Fecha de iniciación del estudio: 2010-06-14	<b>REVISIÓN:</b> Fecha de aprobación anterior del Consejo Directivo 1982-12-09 Oficialización con el Carácter de Obligatoria por Acuerdo Ministerial No. 112 de 1983-03-30 publicado en el Registro Oficial No. 471 de 1983-04-14  Fecha de iniciación del estudio: 2010-06-14
---	--

Fechas de consulta pública: de \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_

Subcomité Técnico: Hormigones, áridos y morteros

Fecha de iniciación: 2010-06-21

Fecha de aprobación: 2010-10-28

Integrantes del Subcomité Técnico:

### NOMBRES:

### INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

Ing. Guillermo Realpe (Presidente)  
  
Ing. José Arce (Vicepresidente)  
Ing. Jaime Salvador  
  
Ing. Raúl Ávila  
  
Ing. Hugo Egüez  
Sr. Carlos Aulestia  
Ing. Luis Quinteros  
Ing. Víctor Luzuriaga  
Ing. Marlon Valarezo  
  
Ing. Carlos González  
Ing. Verónica Miranda  
  
Ing. Xavier Herrera  
Dr. Juan José Recalde  
Ing. Mireya Martínez  
Ing. Patricio Torres  
Ing. Luis Balarezo  
Ing. Carlos Castillo (Prosecretario Técnico)

FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA  
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL  
ECUADOR  
HORMIGONES HÉRCULES S. A.  
INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y  
DEL HORMIGÓN, INECYC.  
ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE  
HORMIGÓN PREMEZCLADO DEL ECUADOR.  
APRHOPEC.  
HOLCIM ECUADOR S. A. (AGREGADOS)  
LAFARGE CEMENTOS S. A.  
CEMENTO CHIMBORAZO C. A.  
INDUSTRIAS GUAPÁN S. A.  
UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE  
LOJA  
INTACO ECUADOR S. A.  
CONCRETOS V. M. / COLEGIO DE  
INGENIEROS CIVILES DE PICHINCHA  
HORMIGONERA QUITO CIA. LTDA.  
CAMINOSCA CIA. LTDA.  
CAMINOSCA CIA. LTDA.  
DICOPLAN CIA. LTDA.  
CUERPO DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO  
INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y  
DEL HORMIGÓN, INECYC.

Otros trámites: ♦<sup>4</sup> La NTE INEN 860:1983, sin ningún cambio en su contenido fue **DESREGULARIZADA**, pasando de **OBLIGATORIA a VOLUNTARIA**, según Acuerdo Ministerial No. 235 de 1998-05-04 publicado en el Registro Oficial No. 321 del 1998-05-20.

Esta NTE INEN 860:2011 (Primera Revisión), reemplaza a la NTE INEN 860:1983

La Subsecretaría de Industrias, Productividad e Innovación Tecnológica del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

Oficializada como: Voluntaria  
Registro Oficial No. 480 de 2011-06-29

Por Resolución No. 11 129 de 2011-05-20

---

**Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre  
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815  
Dirección General: E-Mail: [direccion@inen.gov.ec](mailto:direccion@inen.gov.ec)  
Área Técnica de Normalización: E-Mail: [normalizacion@inen.gov.ec](mailto:normalizacion@inen.gov.ec)  
Área Técnica de Certificación: E-Mail: [certificacion@inen.gov.ec](mailto:certificacion@inen.gov.ec)  
Área Técnica de Verificación: E-Mail: [verificacion@inen.gov.ec](mailto:verificacion@inen.gov.ec)  
Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail: [inenlaboratorios@inen.gov.ec](mailto:inenlaboratorios@inen.gov.ec)  
Regional Guayas: E-Mail: [inenguayas@inen.gov.ec](mailto:inenguayas@inen.gov.ec)  
Regional Azuay: E-Mail: [inencuenca@inen.gov.ec](mailto:inencuenca@inen.gov.ec)  
Regional Chimborazo: E-Mail: [inenriobamba@inen.gov.ec](mailto:inenriobamba@inen.gov.ec)  
URL: [www.inen.gov.ec](http://www.inen.gov.ec)**



# *ANEXO 4*

# ESPECIFICACIONES

# MTOP

## CAPITULO 400

### ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

---

#### SECCION 401 SUPERFICIES DE RODADURA

##### **401-1. Superficie de Grava - Arcilla.**

**401-1.01. Descripción.-** Este trabajo consistirá en la construcción de una capa estabilizada de grava y arcilla o arena y arcilla, según sea la granulometría del árido, sobre una subrasante terminada con los alineamientos, pendientes y secciones transversales indicados en los planos contractuales, a fin de dotar al camino de una superficie uniforme y resistente para circulación vehicular de baja intensidad.

La arcilla, grava o arena necesarias para este trabajo podrán provenir de la excavación para la plataforma del camino o de fuentes de fuera de los límites del proyecto. En ambos casos, los materiales y sus sitios de explotación deberán ser autorizados por el Fiscalizador.

**401-1.02. Materiales.-** Para este trabajo pueden utilizarse materiales existentes en la subrasante construida, sea directamente de la excavación; o con material proveniente de préstamos; o materiales escogidos de fuentes existentes fuera de los límites del proyecto.

Deberán utilizarse mezclas homogéneas de grava y arcilla o arena y arcilla, exentas de materiales vegetales, que formen una capa de espesor compactado uniforme como lo indiquen los planos del contrato.

La mezcla de materiales deberá tener un límite líquido máximo de 35 y un índice de plasticidad no mayor de 9, y la granulometría deberá cumplir los requisitos indicados en la Tabla 401-1.1.

**401-1.03. Equipos.-** El Contratista deberá disponer en el trabajo del equipo que sea necesario para la construcción de la superficie de rodadura, según el procedimiento de trabajo que se emplee, equipo que deberá ser aprobado por el Fiscalizador.

El equipo mínimo deberá constar de motoniveladora con escarificador, pulverizadora-mezcladora de paletas rotatorias o rastra de discos, rodillos lisos de ruedas de acero o neumáticos, equipo de transporte y tanqueros para hidratación.

**Tabla 401-1.1.**

<b>TAMIZ</b>	<b>Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada</b>				
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
2" (50.8 mm )	100				
1 1/2" (38.10 mm )	80 - 100				
1" (25.4 mm.)	60 - 80	100	100	100	100
3/8" (9.5 mm.)	--	50 - 85	60 - 100	--	--
Nº 4 (4.75 mm.)	45 - 65	35 - 70	45 - 85	--	--
Nº 10 (2.00 mm.)	--	25 - 50	30 - 65	40 - 100	55 - 100
Nº 40 (0.425 mm.)	--	12 - 30	15 - 40	20 - 50	30 - 70
Nº 200 (0.075 mm.)	5 - 15	4 - 12	5 - 15	6 - 20	8 - 25

**401-1.04. Ensayos y Tolerancias.-** La granulometría de la mezcla deberá ser comprobada mediante los ensayos INEN 696,(AASHTO T-11 y T-27), los mismos que serán realizados inmediatamente después de completado el mezclado.

El índice de plasticidad y los límites de consistencia serán determinados mediante los ensayos INEN 691 y 692, (AASHTO T-89 y T-90).

Para controlar la calidad de la construcción se deberá efectuar los ensayos correspondientes de Densidad Máxima y Humedad Óptima, de acuerdo con las exigencias de AASHTO T-180, método D. La densidad de campo deberá ser comprobada por medio de equipo nuclear debidamente calibrado o del ensayo AASHTO 205-64, y no deberá ser menor del 95% de la Densidad Máxima obtenida en laboratorio.

El espesor de la capa determinada deberá comprobarse a intervalos de 100 m de longitud, tomando medidas a los lados y eje de la vía alternadamente; el espesor medido no será inferior en más de dos centímetros al establecido en los planos, y en todo caso el promedio de las mediciones será igual o mayor que el espesor indicado en los planos.

Las alineaciones y pendientes transversales son muy importantes para permitir un escurrimiento apropiado y acelerado y evitar empozamientos de agua lluvia. Por los tanto, las cotas de la superficie terminada y la conformación de la sección transversal serán comprobadas con nivel, y no se permitirá desviaciones mayores a dos centímetros en ningún punto.

**401-1.05. Procedimiento de trabajo.-** La construcción de la superficie de rodadura de grava - arcilla o arena - arcilla podrá ser llevada a cabo utilizando materiales que se hallen formando la subrasante, provenientes directamente de la excavación o de préstamos, o materiales transportados de las fuentes más convenientes para el proyecto.

Cuando se trate de aprovechar el suelo de la subrasante, se deberá escarificar el espesor deseado utilizando una motoniveladora, para luego pulverizar el suelo mediante el uso de una máquina pulvi-mixer o una rastra de discos aprobada por el Fiscalizador. A continuación se agregará la proporción necesaria de grava, arena o arcilla, según el caso, tendiendo este material en una capa uniforme a todo el ancho de la vía, mediante el empleo de una motoniveladora. La mezcla deberá efectuarse utilizando la pulvi-mixer o la rastra de discos, hasta que todo el material se halle homogéneo. Se continuará el proceso añadiendo el agua necesaria para obtener la humedad óptima y una vez humedecido uniformemente se conformará la superficie para proceder a la compactación mediante rodillos lisos o neumáticos.

La superficie terminada debe ser uniforme y lisa. De existir exceso de humedad o áreas secas se deberá remover el material y dejarlo evaporar o añadir agua, respectivamente, para volverlo a compactar.

Cuando sea necesario transportar al sitio los dos tipos de material para cumplir con los requisitos de plasticidad y granulometría, se deberá colocar el primer material y esparcirlo en una capa uniforme a un costado de la vía, a fin de colocar sobre él el segundo material en la dosificación necesaria para proceder a mezclarlo mediante el uso de motoniveladora, pulverizadoras-mezcladoras o rastras de discos, hasta conseguir una mezcla homogénea del material de acuerdo con el diseño, luego de lo cual se continuará con el proceso de tendido, humedecimiento, conformación y compactación descritos anteriormente.

**401-1.06. Medición.-** La cantidad por pagarse por la construcción de la superficie estabilizada de grava - arcilla o arena - arcilla corresponderá al volumen compactado de la capa tratada, terminada y aceptada por el Fiscalizador. La medición se efectuará en base al área considerada como proyección en un plano horizontal y al espesor especificado y efectivamente construido.

**401-1.07. Pago.-** Las cantidades de obra, determinadas en la forma indicada en el numeral anterior, se pagarán a los precios determinados en el contrato para el rubro designado a continuación.

El pago efectuado y el precio contractual constituirán la compensación total por la explotación total y suministro de los materiales necesarios; por su escarificación, preparación, mezcla, hidratación, compactación y conformación; así como por el equipo empleado, la mano de obra, herramientas, materiales, operaciones conexas necesarias para completar el trabajo descrito en esta sección.

N° del Rubro de Pago y Designación	Unidad de Medición
401-1	Superficie de grava-arcilla.....Metro cúbico (m <sup>3</sup> )

**401-2. Superficie de Agregados no Tratados.**

**401-2.01. Descripción.-** Este trabajo consistirá en la construcción de una capa de agregados no tratados, colocada sobre la subrasante terminada con los alineamientos, pendientes y secciones transversales indicados en los planos, con el fin de proveer a la vía de una superficie estable, resistente e impermeable para circulación vehicular de baja intensidad.

Los áridos no tratados pueden consistir de fragmentos de roca, gravas, aglomerados, combinados con suelos de partículas finas como arenas, arcillas, limos, en cantidad suficiente para ligar las partículas gruesas entre sí, y de acuerdo con el diseño que someta el Contratista a la aprobación del Fiscalizador.

Los materiales a utilizarse deberán provenir de fuentes autorizadas por el Fiscalizador.

**401-2.02. Materiales.-** Los materiales necesarios para este trabajo pueden ser explotados en fuentes fuera de los límites del proyecto, o pueden provenir de la excavación de la plataforma del camino. Los áridos no necesitan ser tratados, pero se los tamizará para separar las partículas gruesas que salgan de los límites granulométricos.

Los agregados gruesos consistirán de partículas resistentes y durables que tengan un porcentaje de desgaste a la abrasión de 50% como máximo. Las partículas finas consistirán de una mezcla de arena y arcilla o limo, y no deberán contener material vegetal; el índice de plasticidad de la fracción que pasa el tamiz N° 40 será como máximo de 9 y su límite líquido no será mayor de 35; la fracción que pasa el tamiz N° 200 no deberá ser mayor que las dos terceras partes de la fracción que pasa el tamiz N° 40.

En caso de no encontrarse materiales originales que cumplan los requisitos para estas superficies de áridos no tratados, podrán utilizarse mezclas de materiales en las proporciones que señale el Fiscalizador. En todo caso, se deberá cumplir los límites de una de las granulometrías especificadas en la Tabla 401-2.1.

**401-2.03. Equipo.-** El Contratista deberá disponer del equipo necesario aprobado por el Fiscalizador. Dispondrá como mínimo de motoniveladoras, vehículos de transporte de material, equipo de cribado, tanqueros para hidratación, rodillos lisos de tres ruedas de acero o rodillos vibratorios y rodillos neumáticos si es del caso.

**Tabla 401-2.1.**

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada			
	A	B	C	D
3" (76.2 mm.)	100	--	--	--
2" (50.8 mm.)	80 - 100	100	--	--
1" (25.4 mm.)	55 - 85	75 - 95	100	100
3/8" (9.50 mm.)	--	--	50 - 85	60 - 100
Nº 4 (4.750 mm.)	30 - 55	30 - 60	35 - 65	50 - 85
Nº 200 (0.075 mm.)	5 - 15	5 - 15	5 - 15	5 - 20

**401-2.04. Ensayos y Tolerancias.-** La granulometría del material colocado en la vía será comprobada mediante los ensayos INEN 696 (AASHTO T-11 y T-27).

El porcentaje máximo de desgaste de los agregados gruesos no será mayor del 50% a 500 revoluciones, determinado mediante los ensayos INEN 860 y 861.(AASHTO T-96).

El índice de plasticidad y los límites de la fracción que pasa el tamiz Nº 40 serán comprobados mediante los ensayos INEN 691 y 692.(AASHTO T-89 y T-90)

La densidad máxima y humedad óptima serán establecidas a partir del ensayo AASHTO T-180, Método D y la densidad en la obra se comprobará mediante método nuclear o el ensayo AASHTO T-147 y su valor no deberá ser menor que el 95% de la densidad obtenida en laboratorio.

El espesor de la capa deberá ser comprobado mediante nivelación o efectuando perforaciones a intervalos de 100 m en forma alternada en el eje y a los costados del camino; el promedio de los espesores no deberá ser inferior al establecido en los planos.

Las alineaciones y pendientes transversales deberán ser revisadas minuciosamente para impedir empozamientos de agua. Las cotas y la conformación de la superficie terminada serán comprobadas mediante nivelación, y no se permitirán desviaciones mayores a 2 cm. en ningún punto.

En caso de que la comprobación de los espesores se haya efectuado mediante perforaciones, el Contratista deberá rellenarlas, a su costo, con el mismo material que el empleado para la superficie de agregados no tratados, debidamente compactado.

**401-2.05. Procedimientos de Trabajo.-** La construcción de la superficie de agregados no tratados puede ser llevada a cabo con una sola clase de material o

con mezclas de dos o más en caso de ser necesario, para cumplir los requerimientos del diseño y no encontrarse un material apropiado para ser usado directamente.

En el primer caso, el agregado será transportado al sitio y será depositado sobre la subrasante aprobada, en los volúmenes apropiados a los costados del camino, desde donde será regado con una motoniveladora, evitando la segregación de tamaños. Durante el regado a todo lo ancho de la vía se deberá humedecer el material hasta lograr la humedad óptima y luego se procederá a compactarlo con rodillos lisos de tres ruedas o rodillos vibrantes.

La compactación deberá progresar gradualmente desde los costados hacia el centro en sentido paralelo al eje del camino, a fin de evitar desplazamientos del material.

En el caso de usar dos materiales provenientes de fuentes separadas, se transportará en primer lugar el material grueso, el cual será esparcido con una motoniveladora en una capa uniforme a un costado del camino; sobre esta capa se colocará el agregado fino en la proporción necesaria y se procederá a la mezcla con una motoniveladora u otro equipo aprobado por el Fiscalizador.

Durante el mezclado se realizará paulatinamente la hidratación y luego de que la mezcla se halle homogénea se esparcirá a todo lo ancho de la vía en una capa de espesor uniforme para efectuar la compactación.

El espesor máximo de la capa por compactar dependerá del tipo de rodillos que se utilicen; en todo caso, esta relación deberá ser autorizada por el Fiscalizador, pero en ningún caso el espesor compactado de cada capa será mayor a 30 cm.

**401-2.06. Medición.-** La cantidad a pagarse por la construcción de la superficie de agregados no tratados será el número de metros cúbicos colocados en la obra, aprobados y medidos después de la compactación, en base a la longitud terminada y a las dimensiones de la sección transversal constante en los planos.

**401-2.07. Pago.-** El pago de las cantidades determinadas según lo indicado en el numeral anterior se pagarán a los precios constantes en el contrato para al rubro consignado a continuación.

El pago efectuado y el precio contractual constituirán la compensación total por los trabajos de explotación y el suministro de los materiales necesarios para construir esta superficie; por su mezclado, hidratación, regado, compactación y conformación; así como por el equipo empleado, la mano de obra, herramientas y operaciones conexas necesarias para ejecutar los trabajos descritos en esta sección.

**Nº del Rubro de Pago y Designación**

**Unidad de Medición**

401-2 Superficie de agregados no tratados.....Metro cúbico (m<sup>3</sup>)

### **401-3. Suelo Estabilizado con Material Bituminoso.**

**401-3.01. Descripción.-** Este trabajo consistirá en la construcción de una capa de suelo estabilizada con material bituminoso, sobre una subrasante terminada con los alineamientos, pendientes y secciones indicados en los planos contractuales, a fin de conseguir un mejoramiento de las características resistentes del suelo, y disminución de la permeabilidad, que permitan proveer al camino de una superficie uniforme y resistente para circulación vehicular de baja intensidad.

Los suelos que se utilizarán en este trabajo podrán provenir de la excavación para la plataforma del camino o de fuentes de fuera de los límites del proyecto. En ambos casos, los suelos y sus sitios de explotación serán autorizados por el Fiscalizador.

**401-3.02. Materiales.-** Para este trabajo pueden utilizarse los suelos de que está formada la subrasante del camino, o materiales existentes fuera de los límites del proyecto; en todo caso, exentos de cantidades perjudiciales de materia orgánica, arcilla de alta plasticidad y de materiales micáceos.

Pueden utilizarse suelos cohesivos o materiales no cohesivos como limos, arenas, o mezclas de ellos. Su granulometría no es absolutamente restrictiva, pero es recomendable que más del 50% del suelo pase a través del tamiz N° 4 (4.75 mm.) y que entre el 10 y el 50% pasen a través del tamiz N°. 200 (0.075 mm.). El límite líquido deberá ser menor a 35 y el índice de plasticidad será menor a 9.

El material bituminoso estará constituido por asfaltos diluidos o por emulsiones asfálticas que cumplan los requisitos especificados en las subsecciones 810-3 y 810-4 respectivamente. En todo caso, el tipo y grado del material bituminoso estará determinado en el contrato; sin embargo, en caso de necesidad el Fiscalizador podrá cambiar a uno de los grados más próximos, sin que haya modificación en el precio unitario señalado en el contrato.

**401-3.03. Equipo.-** El Contratista deberá disponer del equipo necesario para la debida ejecución de estos trabajos, el cual deberá contar con la aprobación del Fiscalizador.

El equipo mínimo dependerá del procedimiento que se emplee para la estabilización de los materiales que formarán la superficie de rodadura. Según el caso, estará conformado por una planta central de mezclado o mezcladoras portátiles de paletas rotativas o de tambor, equipo de transporte, distribuidor de asfalto autopropulsado según está especificado en el numeral 405-1.03, motoniveladoras con escarificador, pulverizadoras-mezcladoras de paletas rotativas o rastras de discos, rodillos lisos de ruedas de acero o preferentemente neumáticos con carga por rueda y presión de inflado apropiadas para el espesor de la superficie estabilizada.



**401-3.04. Ensayos y Tolerancias.-** La granulometría del material deberá comprobarse mediante el ensayo INEN 696.(AASHTO T-11 y T-27).

La mezcla será diseñada utilizando el suelo, bitumen y agua. El contratista deberá preparar la fórmula de trabajo que pretende emplear, a fin de someterla a consideración del Fiscalizador para su autorización, antes de lo cual, no se deberá iniciar ningún trabajo.

La fórmula de trabajo señalará el porcentaje en peso del ligante bituminoso en relación al peso del suelo seco, el porcentaje de agua que debe contener el suelo en el momento del mezclado y compactación y la densidad máxima de la mezcla.

La tolerancia en la dosificación del material bituminoso establecida en la fórmula de trabajo será de  $\pm 1\%$  del peso seco del material a estabilizar.

Los ensayos específicos para resistencia a la compresión, estabilidad y densidad en sitio, deberán ser determinados para el caso concreto en las disposiciones contractuales.

El espesor de la capa estabilizada deberá ser comprobado a intervalos de 100 metros tomando medidas de los lados y al eje del camino alternadamente; el espesor no deberá variar en más de 1.5 cm. de lo especificado en los planos; el promedio de los espesores no deberá ser inferior al estipulado en el contrato. Las alineaciones y pendientes transversales son muy importantes para permitir un escurrimiento óptimo y acelerado y evitar empozamientos de agua lluvia. Por lo tanto, las cotas de la superficie terminada y la conformación de la sección transversal serán comprobadas con nivel y no se permitirá desviaciones mayores a 2 cm. en ningún punto.

**401-3.05. Procedimientos de trabajo.-** El tratamiento puede efectuarse en sitio o en una planta central. En el primer caso, la construcción de la superficie estabilizada de suelo-asfalto podrá ser llevada a cabo con el suelo existente en la subrasante, y en el segundo caso, se podrá utilizar materiales provenientes de fuentes de fuera del proyecto.

Cuando se trate de aprovechar el suelo de la subrasante, que será el caso más común, se deberá en primer lugar escarificar el espesor deseado utilizando las motoniveladoras, para luego pulverizar el suelo meticulosamente por medio de máquinas pulvi-mixer o rastras de discos. Se recogerá el suelo pulverizado a un costado del camino usando motoniveladoras y formando con él una faja de ancho y espesor uniformes. A continuación se añadirá el asfalto mediante distribuidores autopropulsados, los cuales regularán la proporción debida, y luego se mezclará el material con las motoniveladoras pasándolo varias veces a uno y otro costado del camino. En caso de formarse grumos se empleará nuevamente la pulvi-mixer o la rastra de discos.

Cuando la mezcla suelo-asfalto se halle homogénea, se la tenderá a todo el

ancho, mientras se añade el agua necesaria establecida en el diseño para lograr la humedad óptima total antes de la compactación. Se conformará la capa con las alineaciones y sección transversal especificadas y se procederá a la compactación.

La compactación se iniciará con los rodillos lisos de ruedas de acero, empezando por los costados del camino y avanzando hacia el centro, traslapando una parte del ancho del rodillo en cada pasada. Se continuará la compactación con rodillos neumáticos apropiados, hasta alcanzar la densidad especificada. El contratista cuidará que los rodillos que se empleen en este tratamiento tengan el riego necesario de agua para humedecer las ruedas o neumáticos, a fin de que no se pegue el material. En ningún caso se humedecerán las ruedas con diesel u otros aceites livianos. Se continuará la compactación hasta lograr uniformemente un 95% de la densidad máxima establecida en el Laboratorio, mediante el método AASHTO T-180.

Si es necesario utilizar suelos diferentes a los de la subrasante por no cumplir éstos los requisitos especificados, podrán usarse materiales extraídos de las fuentes más convenientes para el proyecto. En este caso se los podrá también estabilizar luego de transportarlos al sitio, utilizando el procedimiento descrito en los párrafos anteriores, se podrá emplear una planta mezcladora central, en la cual preparará la mezcla con la humedad necesaria y luego la transportará al camino para colocarla con máquinas distribuidoras o tenderla con motoniveladora, conformarla y compactarla como se indicó en los párrafos anteriores, hasta alcanzar la densidad especificada.

Al iniciarse los trabajos el Contratista deberá construir un tramo de prueba de aproximadamente 500 metros de longitud que será ensayado para determinar la densidad, el grado de disgregación del suelo si lo hubiere, proporciones del material bituminoso, espesor de la capa y más requerimientos exigidos por el Fiscalizador, luego de lo cual éste deberá autorizar la prosecución de los trabajos, requisito sin el cual el Contratista no podrá continuar éste trabajo.

**401-3.06. Medición.-** La cantidad a pagarse por la superficie estabilizada de suelo-asfalto, corresponderá al volumen de la capa tratada, terminada y aceptada por el Fiscalizador y la cantidad de material bituminoso efectivamente empleada.

La medición de la capa estabilizada se efectuará en metros cúbicos, en base al área considerada como proyección en un plano horizontal, y al espesor compactado especificado y efectivamente construido.

La medición del material bituminoso se efectuará por litros, reduciendo el volumen empleado a la correspondiente temperatura de aplicación, al volumen a 15.6 °C, de acuerdo con los datos constantes en la subsección 810-5. para asfaltos diluidos y para las emulsiones asfálticas.

**401-3.07. Pago.-** Las cantidades de obra, determinadas en la forma indicada en el numeral anterior, se pagarán a los precios establecidos en el contrato para los rubros designados a continuación.

El pago efectuado y el precio contractual constituirán la compensación total por los trabajos de transporte y suministro del material bituminoso; si es del caso, la explotación, transporte y suministro de los suelos necesarios para construir esta superficie, o por la escarificación y pulverización de los suelos de la subrasante, la mezcla, hidratación, distribución, conformación y compactación, así como por el equipo empleado, la mano de obra, herramientas, operaciones conexas y necesarias para ejecutar los trabajos descritos en esta sección.

<b>Nº del Rubro de Pago y Designación</b>	<b>Unidad de Medición</b>
401-3 (1) Suelo estabilizado con material Bituminoso.....	Metro cúbico (m <sup>3</sup> )
401-3 (2) Asfalto diluido tipo.....grado.....	Litro (1)
401-3 (2) Emulsión asfáltica tipo.....	Litro (1)

#### **401-4. Adoquinado.**

**401-4.01. Descripción.-** Este trabajo consistirá en la construcción de superficies de rodadura formadas por bloques regulares de piedra o de hormigón hidráulico, colocados sobre una subrasante adecuadamente terminada, y de acuerdo con los requerimientos contractuales y las instrucciones del Fiscalizador.

Este trabajo incluirá también la preparación de la piedra para formar el adoquín o la provisión del adoquín de hormigón, de la forma y tamaño especificados; la colocación de una capa de asiento de arena y el suministro y colocación de todos los elementos necesarios para completar la obra, de acuerdo con los detalles indicados en los planos.

**401-4.02. Materiales.-** El adoquín de piedra estará formado por fragmentos de roca resistentes y durables, que cumplan con los requisitos establecidos en la subsección 813-3. La roca original será cortada manual o mecánicamente para formar paralelepípedos rectangulares, con la cara superior labrada, para conseguir regularidad geométrica y textura uniformes; los cuatro costados serán cortados en ángulo recto y su cara inferior podrá no ser regularizada, aunque no tendrá proyecciones tales que causen punzonamiento excesivo en las capas inferiores. Sus dimensiones serán las indicadas en el contrato.

Los adoquines de hormigón serán construidos en prensas mecánicas, y serán así mismo paralelepípedos rectangulares con todas sus caras regulares y uniformes formadas en ángulo recto. Serán premoldeados en las dimensiones especificadas para utilizarlos sin ninguna adecuación posterior. En todo caso la forma y dimensiones exactas estarán establecidas en los documentos contractuales. El hormigón para la preparación de los adoquines estará formado por agregados gruesos y finos cribados o triturados, que cumplan con los requisitos de la subsección 813-4, cemento Portland tipos I ó II, acordes con las exigencias de la Sección 802, y agua.

La arena para la capa de asiento deberá cumplir con los requisitos indicados en la subsección 813-5.

**401-4.03. Equipo.-** El Contratista deberá disponer de todo el equipo necesario para la provisión de los adoquines y su puesta en obra, equipo que deberá ser autorizado por el Fiscalizador.

Los adoquines serán fabricados usando una máquina estática para la fabricación de bloques, que disponga de compactación por presión y vibratoria, en el caso de utilizarse adoquines de hormigón; se dispondrá en obra de rodillos lisos tandem de 6 a 10 toneladas o rodillos vibratorios de energía de compactación equivalente.

**401-4.04. Ensayos y Tolerancias.-** El contratista deberá suministrar al Fiscalizador, por lo menos con 30 días de anticipación, muestras representativas de los adoquines de piedra fabricados a fin de realizar los ensayos de calidad determinados en la subsección 813-3.

En caso de adoquines de hormigón, el contratista suministrará al Fiscalizador, también con un mínimo de 30 días de anticipación, muestras representativas de los agregados para la comprobación de calidad en atención al numeral 813-4.02. La granulometría se comprobará mediante el ensayo INEN 696.(AASHTO T-11 y T-27).

El Fiscalizador comprobará la resistencia a la compresión del adoquín de cada parada de fabricación de acuerdo con lo establecido en la norma INEN 1485. Los requisitos necesarios para la fabricación de los adoquines de hormigón empleados en pavimentos deberán cumplir lo establecido en la norma INEN 1488.

Una vez asentados los adoquines y terminado el relleno de las juntas, la superficie deberá presentar uniformidad y regularidad y cumplir con las pendientes, alineaciones y anchos especificados. El Fiscalizador efectuará las comprobaciones mediante nivelación y utilizando una regla de 3 metros de longitud, que será colocada transversal y longitudinalmente de acuerdo con las cotas y perfiles constantes en los planos. La separación máxima tolerable entre la regla y la superficie será de un centímetro.

Las irregularidades mayores que las tolerancias admitidas deberán ser corregidas levantando los adoquines en la sección afectada, nivelando la capa de asiento o cambiando los adoquines, a satisfacción del Fiscalizador, y a costa del Contratista.

**401-4.05. Procedimientos de trabajo.-** La superficie de apoyo debe hallarse conformada de acuerdo con lo estipulado en los documentos contractuales y estas especificaciones. Antes de iniciar la colocación de la capa de asiento, deberá ser humedecida uniformemente.

Luego, se colocará una capa de arena de aproximadamente 5 cm. de espesor en toda superficie que recibirá el adoquín. Sobre esta capa se asentarán los bloques maestros para continuar, en base a ellos, la colocación del resto de adoquines nivelados y alineados utilizando hilos guías que se colocarán en sentido longitudinal y transversal. La penetración y fijado preliminar del adoquín se conseguirá mediante un pisón de madera con el cual se acomodarán y nivelarán los adoquines.

Todos los espacios mayores al 25% del área de un adoquín deberán ser ocupados por fracciones cortadas; las áreas inferiores al 25% podrán ser rellenas con hormigón de  $300 \text{ Kg/cm}^2$  de resistencia a la rotura por compresión como mínimo, y su superficie será tratada con la misma textura del adoquín de piedra o de hormigón.

Los adoquines deberán quedar separados por espacios máximos de unos 5 mm. aproximadamente, los cuales serán rellenos con arena fina o polvo de piedra de trituración, cuyo 100% deberá atravesar el tamiz N°. 4 y entre el 15 y el 50% deberá atravesar el tamiz N°. 200. Este material se esparcirá uniformemente sobre la superficie y se ayudará a su penetración mediante el uso de escobas y riego de agua.

Una vez completada la colocación de los adoquines y relleno de las juntas, se procederá a la fijación y asentamiento mediante el uso de rodillos lisos tandem de 6 a 8 toneladas. Finalmente, se barrerá el exceso del agregado fino.

**401-4.06. Medición.-** Las cantidades a pagarse por la construcción de la superficie adoquinada serán los metros cuadrados debidamente ejecutados y aceptados por el Fiscalizador, medidos como la proyección de la superficie en un plano horizontal.

No se medirán para el pago las cajas de revisión, sumideros, pozos u otros elementos que se hallen incluidos en la calzada.

No serán medidos para el pago los materiales utilizados para la capa de asiento ni para el relleno de las juntas, los cuales se considerarán dentro del precio del adoquinado.

**401-4.07. Pago.-** Las cantidades determinadas de acuerdo al numeral anterior serán pagadas a los precios contractuales para los rubros abajo designados y que consten en el contrato.

Estos precios y pagos constituirán la compensación total por la fabricación, suministro, manejo, transporte, colocación sobre una capa de asiento y relleno de juntas de adoquines; suministro y colocación de la arena para asiento y del material para las juntas; así como la mano de obra, equipo, herramientas y operaciones conexas, necesarios para la ejecución de los trabajos descritos en esta sección, incluyendo la remoción y reemplazo de los tramos no aceptados por el Fiscalizador.

<b>N° del Rubro de Pago y Designación</b>	<b>Unidad de Medición</b>
401-4 (1) Adoquinado de piedra.....	Metro cuadrado (m <sup>2</sup> )
401-4 (1) Adoquinado de bloques de hormigón.....	Metro cuadrado (m <sup>2</sup> )

#### **401-5. Empedrado.**

**401-5.01. Descripción.-** Este trabajo consistirá en el recubrimiento de la superficie de la vía con una capa de cantos rodados o de piedra partida. El recubrimiento se efectuará sobre la capa de apoyo debidamente terminada y de acuerdo con los requerimientos de los documentos contractuales y las instrucciones del Fiscalizador.

Este trabajo incluirá también la formación de una capa de asiento de arena, en la cual se acomodarán los fragmentos de piedra para el empedrado.

**401-5.02. Materiales.-** El empedrado se realizará con cantos rodados o con piedra fracturada, en concordancia con lo establecido en los documentos contractuales y con la disponibilidad de los mismos.

Este trabajo no deberá ser efectuado sobre una subrasante que tenga un valor de soporte CBR menor al 6%.

La piedra partida o canto rodado deberá tener de 15 a 20 cm. de diámetro para las maestras y de 10 a 15 cm. de diámetro para el resto de la calzada y cunetas empedradas. La clasificación y selección de las piedras adecuadas se hará en el lugar de explotación y no se permitirá el transporte o uso de piedras que no satisfagan los requerimientos de tamaño establecidos.

Las piedras deberán ser duras, limpias, no presentarán fisuras, serán lo más equidimensionales posible y deberán cumplir con los requerimientos previstos en la subsección 813-2.

La capa de asiento y el relleno de arena cumplirán los requisitos establecidos en la subsección 813-5.

**401-5.03. Equipo.-** La capa de piedra partida o canto rodado será colocada a mano, pero se requiere de equipo de compactación que puede estar formado por rodillos lisos de 8 a 12 toneladas o rodillos vibrantes de fuerza de compactación equivalente.

**401-5.04. Ensayos y Tolerancias.-** La comprobación del tamaño de las piedras se hará por cribado o en forma visual, a criterio del Fiscalizador.

Se comprobará la granulometría de las capas de asiento o material de relleno de acuerdo al ensayo INEN 696.

Las cotas y perfiles longitudinales o transversales no podrán variar en más de 2.5 cm., comprobados con el nivel o con una regla de 3.0 m de largo, colocada en sentido paralelo y transversal al eje del camino.

Los lugares donde se encuentren fallas inaceptables deberán ser removidos y corregidos a costa del Contratista.

**401-5.05. Procedimiento de trabajo.-** La subrasante sobre la que se colocará el empedrado deberá hallarse debidamente conformada y compactada, de acuerdo a las condiciones estipuladas en el contrato y en estas especificaciones. Luego, se tenderá sobre la subrasante una capa de arena uniforme, de unos 4 cm. de espesor, sobre la cual se irá acomodando a mano la piedra o canto rodado, cuidando que la cara más uniforme y lisa forme la superficie de rodadura.

Se deben colocar maestras o hileras con la piedra de mayor tamaño en los bordes, eje o límite de carriles, así como también en filas transversales cada 3 ó 3.5 m, formando así un encajonamiento que evite desprendimientos.

En el resto de la calzada se colocarán las piedras o cantos rodados con una adecuada pendiente transversal, para permitir el drenaje superficial hacia las cunetas.

No se usará de ninguna manera piedras pequeñas o gravas para llenar los intersticios en el empedrado; estos espacios se rellenarán con una mezcla aprobada de arena y material ligante o arcilla.

Se requiere de un pisón pequeño para hacer penetrar la piedra partida o canto rodado aproximadamente 2 cm. en la capa de asiento.

Inmediatamente después se esparcirá material de relleno en los espacios entre las piedras, para aumentar la adhesión entre éstas y disminuir la filtración de aguas lluvias.

Se conseguirá una penetración completa y uniforme de este material, por medio de escobas y riego de agua.

El emporado deberá cubrir completamente las piedras para facilitar el rodillado.

La compactación y fijación se llevará a cabo de inmediato, utilizando rodillos lisos o rodillos vibratorios, iniciando el trabajo en los costados y desplazándose hacia el centro, mientras se mantiene húmeda la superficie. Después del rodillado se eliminará de la calzada el material de relleno que se encuentre en exceso.

**401-5.06. Medición.-** Las cantidades a pagarse por la construcción de empedrados serán los metros cuadrados debidamente ejecutados y aceptados, medidos en obra como la proyección del empedrado en un plano horizontal.

No se medirán los pozos, cajas de revisión, sumideros u otros elementos que se hallen incluidos en la calzada.

No será medido para el pago el material utilizado para la capa de asiento y para el relleno de las piedras o cantos rodados, el cual se considerará dentro del precio del empedrado.

**401-5.07. Pago.-** Las cantidades determinadas en la forma indicada en el numeral anterior se pagarán a los precios contractuales para los rubros abajo designados y que consten en el contrato.

Estos precios y pago constituirán la compensación total por el suministro, transporte, clasificación, colocación sobre una capa de asiento y relleno del empedrado, suministro y colocación de la arena para asiento y relleno; así como toda la mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas en la ejecución de los trabajos descritos en esta sección, incluyendo la remoción y reemplazo de los tramos no aceptados por el Fiscalizador.

<b>N° del Rubro de Pago y Designación</b>	<b>Unidad de Medición</b>
401-5 (1)	Empedrado con piedra partida.....Metro cuadrado (m <sup>2</sup> )
401-5 (1)	Empedrado con canto rodado.....Metro cuadrado (m <sup>2</sup> )



## SECCION 402. MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE

### 402-1. Descripción

**402-1.01.Generalidades.-** Cuando así se establezca en el proyecto, o lo determine el Fiscalizador, la capa superior del camino, es decir, hasta nivel de subrasante, ya sea en corte o terraplén, se formará con suelo seleccionado, estabilización con cal; estabilización con material pétreo, membranas sintéticas, empalizada, o mezcla de materiales previamente seleccionados y aprobados por el Fiscalizador, en las medidas indicadas en los planos, o en las que ordene el Fiscalizador.

**402-2. Mejoramiento con suelo seleccionado.-** El suelo seleccionado se obtendrá de la excavación para la plataforma del camino, de excavación de préstamo, o de cualquier otra excavación debidamente autorizada y aprobada por el Fiscalizador.

Deberá ser suelo granular, material rocoso o combinaciones de ambos, libre de material orgánico y escombros, y salvo que se especifique de otra manera, tendrá una granulometría tal que todas las partículas pasarán por un tamiz de cuatro pulgadas (100 mm.) con abertura cuadrada y no más de 20 por ciento pasará el tamiz N° 200 (0,075 mm), de acuerdo al ensayo AASHO-T.11.

La parte del material que pase el tamiz N° 40 (0.425 mm.) deberá tener un índice de plasticidad no mayor de nueve (9) y límite líquido hasta 35% siempre que el valor del CBR sea mayor al 20%, tal como se determina en el ensayo AASHO-T-91. Material de tamaño mayor al máximo especificado, si se presenta, deberá ser retirado antes de que se incorpore al material en la obra.

El Contratista deberá desmenuzar, cribar, mezclar o quitar el material, conforme sea necesario, para producir un suelo seleccionado que cumpla con las especificaciones correspondientes.

De no requerir ningún procesamiento para cumplir las especificaciones pertinentes, el suelo seleccionado será transportado desde el sitio de excavación e incorporado directamente a la obra.

La distribución, conformación y compactación del suelo seleccionado se efectuará de acuerdo a los requisitos de los numerales 403-1.05.3 y 403-1.05.4 de las Especificaciones Generales; sin embargo, la densidad de la capa compactada deberá ser el 95% en vez del 100% de la densidad máxima, según AASHO-T-180, método D.

En casos especiales, siempre que las características del suelo y humedad y más condiciones climáticas de la región del proyecto lo exijan, se podrá considerar otros límites en cuanto al tamaño, forma de compactar y el porcentaje de

compactación exigible. Sin embargo, en estos casos, la capa de 20 cm., inmediatamente anterior al nivel de subrasante, deberá necesariamente cumplir con las especificaciones antes indicadas.

**402-2.01. Equipo.-** El Contratista deberá dedicar a estos trabajos todo el equipo adecuado necesario para la debida u oportuna ejecución de los mismos. El equipo deberá ser mantenido en óptimas condiciones de funcionamiento.

Como mínimo este equipo deberá constar de equipo de transporte, esparcimiento, mezclado, humedecimiento, conformación, compactación y, de ser necesario, planta de cribado.

**402-2.02. Tolerancias.-** Previa a la colocación de las capas de subbase, base y superficie de rodadura, se deberá conformar y compactar el material a nivel de subrasante, de acuerdo a los requisitos de las subsecciones 305-1 y 305-2. Al final de estas operaciones, la subrasante no deberá variar en ningún lugar de la cota y secciones transversales establecidas en los planos o por el Fiscalizador, en más de 2 cm.

**402-2.03. Medición.-** La cantidad a pagarse por la construcción de mejoramiento de subrasante con suelo seleccionado, será el número de metros cúbicos efectivamente ejecutados y aceptados, medidos en su lugar, después de la compactación.

Con fines del cómputo de la cantidad de pago, deberá utilizarse las dimensiones de ancho indicadas en los planos o las dimensiones que pudieran ser establecidas por escrito por el Fiscalizador.

La longitud utilizada será la distancia horizontal real, medida a lo largo del eje del camino, del tramo que se está midiendo. El espesor utilizado en el cómputo será el espesor indicado en los planos u ordenados por el Fiscalizador.

**402-2.04. Pago.-** La cantidad determinada en el numeral anterior se pagará al precio contractual para el rubro abajo designado y que consta en el contrato.

Estos precios y pago constituirán la compensación total por las operaciones de obtención, procesamiento, transporte y suministro de los materiales, distribución, mezclado, conformación y compactación del material de mejoramiento, así como por toda la mano de obra, equipo, herramientas, materiales, operaciones conexas, necesarias para la ejecución de los trabajos descritos en esta Sección.

<b>Nº del Rubro de Pago y Designación</b>	<b>Unidad de Medición</b>
402-2 (1) Mejoramiento de la subrasante con suelo seleccionado.....	Metro cúbico (m <sup>3</sup> )

### **402-3. Subrasante Estabilizada con cal.**

**402-3.01. Descripción.-** Este trabajo consistirá en la incorporación de una proporción determinada de cal hidratada al suelo de la subrasante previamente escarificado y pulverizado a fin de mejorar su capacidad de soporte y disminuir la plasticidad y sensibilidad a la presencia de agua.

**402-3.02. Materiales.-** Para este trabajo se deberá utilizar el suelo de la subrasante construida, directamente de la excavación o suelos provenientes de préstamos, exentos en todo caso de cantidades perjudiciales de materia orgánica, y cal hidratada que cumpla los requisitos establecidos en las Normas INEN 247 y 248.

Los suelos que se utilicen para esta estabilización con cal, no deberán contener partículas de tamaño superior a 80 mm.

La cal deberá hallarse lo suficientemente seca al momento de su incorporación al suelo, a fin de que fluya libremente, y, por tanto, deberá mantenerse protegida del efecto de la humedad hasta el momento de su utilización.

El agua que se utilice durante las operaciones de mezclado, así como para el curado de la mezcla preparada deberá cumplir con los requisitos establecidos en la Sección 804.

El material bituminoso que se utilice para el curado, si es del caso, deberá ser asfalto diluido de curado rápido o medio, cuyo tipo y cantidad serán fijados por el Fiscalizador o establecido en el contrato.

**402-3.03. Equipo.-** El Contratista deberá disponer en el trabajo, de todo el equipo necesario y adecuado para la construcción de la capa de subrasante estabilizada con cal, equipo que deberá ser aprobado por el Fiscalizador.

El equipo mínimo deberá constar de una motoniveladora con escarificador, una pulverizadora-mezcladora de paletas rotativas o un arado de discos, rodillos pata de cabra, rodillos lisos y neumáticos, equipo de transporte para la cal, esparcidores mecánicos (opcional), tanqueros para riego de la lechada o tanqueros para hidratación.

**402-3.04. Ensayos y Tolerancias.-** Para controlar el contenido de cal en la mezcla y su homogeneidad, se deberá llevar a cabo ensayos para determinar el PH, mediante el siguiente procedimiento:

- a) Se tomará una muestra de 20 gr. de la mezcla preparada en la obra, que pase por el tamiz N° 40, secada al aire y pesada con una aproximación de 0,1 gr. y se la introducirá en un recipiente plástico de 150 ml.;

- b) Se añadirá 100 ml. de agua destilada, se tapaná la botella y se mezclará todo agitándola durante 30 segundos cada 10 minutos, en el lapso de una hora;
- c) Al cabo de la hora se medirá el PH utilizando equipo apropiado y debidamente calibrado. El valor mínimo del PH será de 11,0.

Adicionalmente para controlar la calidad de la construcción, se deberán realizar ensayos de granulometría durante la etapa de compactación final, a fin de comprobar que el 100% de la mezcla pase el tamiz de 1" (25,4 mm.) y no menos del 60% pase el tamiz N° 4 (4,75 mm.).

Se deberán realizar los ensayos correspondientes de Densidad Máxima y Humedad Optima de acuerdo con AASHTO T-180 método D. La densidad de campo deberá ser comprobada por medio del ensayo AASHTO T-147 y no deberá ser menor que el 95% de la densidad máxima obtenida en laboratorio.

Deberá comprobarse la resistencia a la compresión simple en muestras in disturbadas tomadas en la vía, cuyo valor mínimo será el señalado en el diseño o en la fórmula de trabajo.

El espesor de la capa de subrasante estabilizada será comprobado mediante nivelaciones, y en ningún punto podrá variar en más de dos centímetros del espesor estipulado en el contrato.

#### **402-3.05. Procedimientos de trabajo.-**

**402-3.05.1.Preparación de la subrasante.-** Una vez conformada la subrasante de acuerdo a lo establecido en los documentos contractuales y en estas Especificaciones, dentro de las tolerancias permitidas, se procederá a la escarificación con la motoniveladora o roturación con el arado en el ancho y hasta la profundidad especificados para la estabilización; luego de lo cual se efectuará una pulverización minuciosa con el empleo de la pulverizadora-mezcladora rotativa, hasta conseguir un suelo uniformemente suelto y pulverizado, libre de cualquier material inadecuado como raíces, piedras y terrones de tamaño mayor a cinco centímetros de diámetro.

**402-3.05.2.Distribución de cal.-** El porcentaje de cal hidratada que deba añadirse al suelo deberá estar establecido en las Disposiciones Especiales en base a los ensayos pertinentes de laboratorio.

Sin embargo, será condición indispensable para iniciar la ejecución de la mezcla, que le Contratista prepare y obtenga la autorización del Fiscalizador, de la correspondiente Fórmula de Trabajo, en la cual deberá señalar el contenido de cal, el contenido de agua para la mezcla y la compactación, la densidad máxima, el valor del PH y el valor mínimo de la resistencia a la compresión simple.

A partir de la distribución de la cal, el tránsito vehicular extraño al trabajo estará

totalmente prohibido hasta el curado final. El Contratista podrá utilizar cualquiera de los métodos indicados a continuación:

- a) **Método seco.**- Una vez pulverizado el suelo en la longitud, ancho y profundidad necesarios, y determinada el área para que el tratamiento pueda ser terminado en una sola jornada, se colocarán los sacos de cal a las distancias calculadas para cumplir con el porcentaje especificado. Los sacos serán abiertos de inmediato y se regará la cal manualmente, en montones transversalmente alargados, que deberán ser regularizados usando rastrillos rectos. No se permitirá el empleo de motoniveladoras para esparcir los montones de cal.

En caso de emplearse cal transportada a granel, ésta deberá mantenerse cubierta con una lona durante el transporte y la espera para su empleo; luego podrá ser distribuida desde los camiones mediante esparcidores mecánicos, que permitan una repartición uniforme y controlada sobre el área de la calzada preparada para el tratamiento. No se permitirá la distribución de cal a granel por métodos manuales o sin emplear un esparcidor mecánico aprobado por el Fiscalizador.

Una vez distribuida la cal en una de las formas indicadas, se deberá impedir su arrastre por el viento, sea cubriéndola o efectuando riegos livianos de agua para evitar la formación de polvo. En todo caso, no se permitirá efectuar la distribución de cal cuando soplen vientos que impidan la ejecución de los trabajos, ni cuando la humedad del suelo a estabilizar sea mayor al 2% de su peso seco.

- b) **Método húmedo.**- Para este caso, la cal podrá ser distribuida mediante el empleo de tanqueros distribuidores, en forma de lechada preparada con agua, en una proporción que determine el diseño efectuado por el Contratista y aprobado por el Fiscalizador, pero que puede estar alrededor de 1.000 Kg de cal en 2.000 litros de agua.

La lechada podrá ser preparada directamente en los tanqueros distribuidores que deben estar provistos de un equipo de agitación y circulación apropiado, o puede ser preparado en la planta central, en un tanque mezclador provisto del equipo de agitación y recirculación adecuado, para ser enviada de inmediato a su distribución en la obra.

La aplicación de la lechada deberá ser efectuada en el número de riegos necesarios para lograr la proporción especificada y no inundar el suelo.

**402-3.05.3.Mezclado y Pulverización.**- Una vez concluida la distribución de la cal en el suelo, se procederá a un mezclado inicial utilizando pulverizadoras-mezcladoras de paletas rotatorias a fin de distribuir uniformemente la cal en el área y profundidad especificadas. El proceso de mezclado y pulverización de la mezcla se incrementará hasta conseguir que el

100% del material pase por el tamiz de 2.54 cm. (1") y no menos del 60% pase el tamiz N° 4 (4.75 mm.).

Durante el mezclado y pulverización se regará el agua necesaria hasta obtener la humedad óptima de la mezcla. Una vez conseguida una mezcla homogénea, con el contenido de cal especificado y la humedad óptima, el material deberá ser conformado con motoniveladoras a las pendientes, alineaciones y secciones transversales especificadas antes de proceder a su compactación.

**402-3.05.4.Compactación.-** La compactación de la capa de suelo mezclado con cal deberá realizarse durante las 24 horas posteriores al mezclado. Para permitir un curado más eficiente, el espesor de cada capa compactada no deberá ser mayor que 15 centímetros. Si el espesor total compactado especificado es mayor de 15 centímetros, el mezclado y compactación se efectuará en capas de espesores aproximadamente iguales y menores al máximo indicado.

La compactación se iniciará a los costados de la vía e irá progresando hacia el centro hasta lograr un 95% de la densidad máxima obtenida en el laboratorio para la mezcla. Se deberá usar rodillos pata de cabra y luego rodillos lisos de tres ruedas de acero o rodillos neumáticos, y otros tipos de compactadores autorizados por el Fiscalizador.

Al final de cada jornada deberá terminarse el trabajo formando una junta de construcción vertical del espesor completo, perpendicular al eje del camino y en todo el ancho. Esta junta deberá ser inspeccionada y aprobada por el Fiscalizador antes de reiniciar la estabilización en adelante. En caso de que la estabilización de la capa no alcance el ancho de la vía en cada vez, se deberá formar una junta de construcción longitudinal con cara vertical de espesor completo, unos 5 a 10 centímetros adentro del borde del material tratado. El material sobrante podrá formar parte del ancho restante que se estabilice al lado.

**402-3.05.5.Curado.-** La capa mezclada y compactada deberá ser curada por un lapso de 3 a 7 días, antes de proceder a la colocación de nuevas capas.

Hasta completar el período de curado que establezca el Fiscalizador debe mantenerse cerrado el tránsito de vehículos, a excepción de los tanqueros para la hidratación o distribuidores para el sellado, cuya velocidad no excederá los 20 Km/h.

El curado de todas las capas estabilizadas podrá efectuarse mediante riegos ligeros de agua, que mantengan la superficie húmeda mientras se rodilla con compactadoras neumáticas hasta su curado completo.

Para la capa superior de estabilización puede emplearse un sellado bituminoso en vez de la hidratación permanente. Esta aplicación de material asfáltico deberá efectuarse inmediatamente después de terminada la compactación, usando el tipo de asfalto y la cantidad de riego indicados por el Fiscalizador, y de acuerdo con lo establecido en la subsección 406-6 para sello bituminoso solo.

Al iniciarse los trabajos el Contratista deberá construir un tramo de prueba de aproximadamente 500 metros de longitud que será ensayado para determinar la granulometría, la densidad máxima, resistencia a la compresión simple, espesor de la capa, contenido de cal en la mezcla y más requerimientos exigidos por el Fiscalizador, luego de lo cual éste deberá autorizar la prosecución de los trabajos, requisito sin el cual el Contratista no podrá continuar este trabajo.

**402-3.06. Medición.-** Las cantidades a pagarse por el trabajo de mejoramiento de la subrasante con cal hidratada serán el volumen compactado de la subrasante tratada y el peso de la cal incorporada a la obra, de acuerdo con las estipulaciones contractuales y las instrucciones del Fiscalizador.

La unidad de medida de la subrasante efectivamente tratada será el metro cúbico, y el volumen será computado en base a la proyección del área de la superficie en plano horizontal y al espesor especificado y aceptado por el Fiscalizador.

La unidad de medida para la cal hidratada efectivamente utilizada para la estabilización, será la tonelada aceptada en la obra por el Fiscalizador.

No será motivo de pago ni el agua empleada para la mezcla y compactación ni para el curado; pero el asfalto que pueda emplearse para el curado de la capa superior será pagado en litros, en base al volumen efectivamente colocado y reducido al volumen de 15.6 °C, de acuerdo con los datos constantes en la subsección 810-5.

**402-3.07. Pago.-** Las cantidades determinadas en la forma indicada en el numeral anterior se pagarán a los precios señalados en el contrato para los rubros designados a continuación.

Estos precios y pago constituirán la compensación total por el suministro, transporte y distribución de la cal hidratada que se emplee en la obra, y por la escarificación, pulverizado, conformación, compactación y curado de la subrasante estabilizada así como por toda la mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas en la ejecución completa de los trabajos descritos en esta subsección.

<b>Nº del Rubro de Pago y Designación</b>	<b>Unidad de Medición</b>
402-3 (1) Estabilización de la subrasante con cal hidratada.....	Metro cúbico (m <sup>3</sup> )
402-3 (2) Suministro y distribución de cal hidratada.....	Tonelada (Ton)
402-6 Material bituminoso tipo..... grado..... para capa bituminosa de sellado.....	Litro (l)

**402-4. Estabilización con material pétreo**

**402-4.01. Descripción.-** En la zona oriental y en lugares que por sus condiciones climáticas y excesiva humedad y con el objeto de dar un reforzamiento a la obra básica a construirse, se colocará para su estabilización, en el cimientado de los terraplenes, en los espesores y anchos que se indiquen en los planos, material pétreo que provendrá de la excavación de cortes de roca, o de lugares de préstamo que se destinarán en cada oportunidad.

**402-4.02. Materiales.-** Los materiales que se empleen deberán estar constituidos por piedras o pedazos de roca, de un tamaño de 10 a 30 cm., exento de materiales arcillosos, con un contenido no mayor de 20% de partículas que pasen el tamiz de 2 pulgadas y de 5% que pasen por el tamiz N° 4.

**402-4.03. Procedimiento de trabajo.-** Los materiales se transportarán desde su origen hasta su lugar de colocación en volquetas que los depositarán en montones, y luego serán distribuidos sobre el suelo natural previamente desbrozado y despejado mediante el empleo de tractor bulldozer, en capas uniformes, en las medidas que ordene el Fiscalizador. La compactación se hará con estos mismos tractores hasta obtener la suficiente consolidación, que se verificará por la ausencia de hundimientos y desplazamientos de los materiales al paso de los tractores. Una vez conseguido este objetivo, se continuará con la construcción de los terraplenes en la forma especificada en las subsecciones 305-1 y 305-2 de estas Especificaciones, con los materiales previstos para dicho trabajo, provenientes de excavaciones de cortes o de préstamos, según el caso.

**402-4.04. Medición.-** La cantidad a pagarse por la construcción de este cimientado de terraplén, será el número de metros cúbicos de materiales efectivamente colocados en la obra y aceptados por el Fiscalizador, medidos en las volquetas, al llegar al lugar de su colocación. El transporte de estos materiales se pagará por el rubro correspondiente del numeral 309-1.03.

**402-4.05. Pago.-** Las cantidades determinadas en la forma indicada en el numeral anterior se pagarán al precio contractual para el rubro designado a continuación y que conste en el contrato.

Estos precios y pago constituirán la compensación total por la obtención, suministro, distribución y compactación del material para el reforzamiento de la obra básica, así como por toda la mano de obra, equipo, herramientas, etc.\_ y todas las operaciones conexas para la ejecución de los trabajos descritos anteriormente, a excepción del transporte de los materiales, que se pagará por el rubro contractual correspondiente al numeral 309-1.03.

<b>N° del Rubro de Pago y Designación</b>	<b>Unidad de Medición</b>
402-4 (1) Estabilización con material pétreo.....	Metro cúbico (m <sup>3</sup> )

**402-5. Empalizada.-**

**402-5.01. Descripción.-** En las zonas pantanosas del país, cuya obra básica



tenga excesiva humedad, se podrá emplear la empalizada, sobre la cual se colocarán las capas de afirmado, previstas en el contrato o autorizadas por el Fiscalizador.

También se empleará cuando se requiera construir un paso provisional en un terreno pantanoso, en cualquier zona del país que no pueda soportar el peso del equipo caminero, trabajo que constituirá obra provisional.

**402-5.02. Materiales.-** La madera se obtendrá de las zonas adyacentes al camino, las mismas que serán fuertes, de una longitud de cuatro a cinco metros de largo y un diámetro de 15 a 20 cm.

**402-5.03. Procedimiento de trabajo.-** La madera será colocada una a continuación de otra, de manera de no dejar espacios de separación de más de 10 cm., y en el caso de ser necesario, el Fiscalizador autorizará colocar una o más empalizadas, cada una de ellas sobrepuestas a 90 grados.

**402-5.04. Medición.-** La cantidad de empalizada se medirá por metro cuadrado, de cada una de las capas a utilizarse.

**402-5.05. Pago.-** La cantidades determinadas en la forma indicada se pagarán al precio contractual para el rubro designado a continuación y que consten en el contrato.

Este precio y pago constituirá la compensación total por el corte, traslado, elaboración y colocación en la obra así como por toda mano de obra, equipo, herramientas, etc. y todas las operaciones conexas para la ejecución de los trabajos descritos anteriormente.

<b>N° del Rubro de Pago y Designación</b>	<b>Unidad de Medición</b>
402-5 (1) Empalizada de madera.....	Metro cuadrado (m <sup>2</sup> )

**402-6. Geotextil para Estabilización de Subrasante .-**

**402.6.01. Descripción** Este trabajo consistirá en la colocación de geotextil de fibras sintéticas sobre la subrasante de una vía, a fin de mejorar su capacidad portante, de acuerdo con los requerimientos del diseño.

La colocación de esta geotextil deberá completarse además con la colocación de una capa de material granular adecuado, que proteja al geotextil y permita la circulación vehicular sobre la misma.

**402.6.02. Materiales** Los geotextiles deberán satisfacer los requerimientos especificados en las disposiciones del contrato.

Estos geotextiles deberán ser tejidos por procedimientos mecánicos.

Los geotextiles serán fabricados con materiales inertes que no se descompongan por la acción de las bacterias u hongos. No les debe afectar los ácidos, los álcalis y los aceites, deben ser resistentes al desgaste rasgaduras y perforaciones.

**402.6.03. Ensayos y tolerancias** La calidad de los geotextiles deberán ser comprobados mediante los ensayos indicados en la Tabla 402.6.1.

**402.6.04. Procedimiento de trabajo** La colocación se llevará acabo manualmente sobre una subrasante que se halle terminada, de acuerdo con las alineaciones y niveles determinados en los planos. La superficie deberá hallarse limpia y el terminado no deberá presentar depresiones o elevaciones mayores de 5 centímetros.

Las uniones longitudinales y transversales del geotextil deberán tener un traslapo entre 40 y 100 centímetros, de acuerdo a la capacidad portante del suelo y las recomendaciones del fabricante. Este traslapo deberá también mantenerse en el caso que sea necesario efectuar reparaciones con parches o remiendos.

Una vez extendido el geotextil en forma uniforme y regular, se procederá de inmediato a distribuir sobre el geotextil, el material granular para protección o relleno, de acuerdo con los requerimientos del diseño, sin dejar expuesto el geotextil a la acción directa del sol para evitar su deterioro. En ningún caso, el espesor de este material será inferior a 30 centímetros. El material será esparcido uniformemente, y su clase y valor de compactación estarán especificados en el diseño. El fiscalizador deberá comprobar que se cumplan los requerimientos establecidos.

Ninguna clase de equipo deberá circular directamente sobre el geotextil antes de que se haya colocado el material de protección.

**402.6.05. Medición** Las cantidades a pagarse por la colocación de los geotextiles, de acuerdo a los documentos contractuales y a las indicaciones del Fiscalizador, serán las de la superficie colocada del geotextil, medida en metros cuadrados.

**TABLA 402.6.1  
CARACTERISTICAS Y ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL  
GEOTEXTIL TEJIDO UTILIZADO PARA REFUERZO**

Se pagará además el volumen de material granular o de relleno efectivamente empleado, de acuerdo con las dimensiones especificadas en los planos y

<b>PROPIEDADES</b>	<b>NORMA</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR</b>
<b>MECANICAS</b>			
Método Grab Resistencia a la Tensión Elongación	ASTM D- 4632	N(lb) %	1490(335) 18
Método Tira Ancha Sentido Longitudinal Elongación	ASTM D- 4595	kN/m %	35 21
Sentido Transversal Elongación	ASTM D- 4595	kN/m %	40 15
Resistencia al Punzonamiento	ASTM D- 4833	N (lb)	810 (182)
Resistencia al Rasgado Trapezoidal	ASTM D - 4533	N(lb)	480 (108)
Método Mullen Burst Resistencia al Estallido	ASTM D- 3786	kPa(psi)	4820(700)
<b>HIDRÁULICAS</b>			
Tamaño de Abertura Aparente	ASTM D- 4751	mm(No. Tamiz)	0.30 (50)
Permeabilidad	ASTM D- 4491	cm/s	$1.2 \times 10^{-2}$
Permitividad	ASTM D- 4491	$s^{-1}$	0.70
<b>PRESENTACIÓN</b>			
Espesor	ASTM D- 5199	mm	0.80
Tipo de Polímero	Fabricante		Polipropileno
Ancho del Rollo	Medido	m	3.85
Largo del Rollo	Medido	m	100
Área del Rollo	Calculado	m <sup>2</sup>	385

medido en metros cúbicos compactados, en los rubros correspondientes del contrato.

**402.6.06. Pago** Las cantidades determinadas en la forma indicada en el numeral anterior, se pagarán a los precios establecidos en el contrato para los rubros consignados a continuación;

Estos precios y pagos constituirán el valor total por el suministro, transporte y colocación de los geotextiles; el suministro, transporte, colocación y compactación del material granular o relleno; así como por toda la mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas en la ejecución de los trabajos descritos en esta subsección.

<b>No. Del Rubro de Pago y Designación</b>	<b>Unidad de medición</b>
402-6 (1) Geotextil tejido.....	Metro cuadrado (m2)

**402.7. Geomalla biaxial para estabilización de subrasantes .-**

**402.7.01. Descripción** Este trabajo consistirá en la colocación de una Geomalla Biaxial de fibra sintética sobre la subrasante de una vía, a fin de mejorar la capacidad portante y estructural del suelo, de acuerdo con los requerimientos del diseño.

La colocación de la geomalla biaxial, deberá complementarse además con la colocación de un geotextil, que sirve como separador del suelo y de una capa de material granular adecuado, que proteja a la geomalla y permita la circulación vehicular sobre la misma.

**402.7.02. Materiales** La geomalla biaxial deberá satisfacer los requerimientos especificados en el contrato. Las geomallas son elementos elaborados con resinas selectas de polipropileno, las cuales son química y biológicamente inertes y muy resistentes a procesos degenerativos de los suelos, deben ser resistentes al desgaste, rasgaduras y punzonamiento, a fin de resistir cargas dinámicas aplicadas en cualquier dirección en el plano de la geomalla.

El geotextil que sirve de separador entre el suelo de la subrasante y el material granular, podrá ser tejido o no tejido, dependiendo de la influencia del contenido de humedad del suelo. Se usará el geotextil tejido para suelo de bajo contenido de humedad y geotextil de tipo no tejido, para suelos con alto contenido de humedad. Los geotextiles son productos elaborados a base de polímeros, química y biológicamente inertes que no se descompongan por la acción de las bacterias u hongos. No los debe afectar los ácidos, los álcalis y los aceites. Deben ser resistentes al desgaste, rasgadura y perforaciones.

**402.7.03. Ensayos y tolerancias** La calidad de los materiales sintéticos; geomalla biaxial y geotextil (separador), deberán cumplir las características y especificaciones técnicas mínimas indicadas en las tablas 402.7.1. y 402.7.2.(Geotextil Tejido) o la tabla 822.2.1 (Geotextil no tejido)

TABLA 402.7.1

**CARACTERISTICAS Y ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LA  
GEOMALLA BIAIXIAL PARA REFUERZO ESTRUCTURAL**

PROPIEDAD	METODO DE ENSAYO	UNIDAD	VALOR	
			TIPO 1	TIPO 2
<b>TAMAÑO DE ABERTURA:</b> MD (Sentido Máquina) XD (Sentido Contrario Máquina)	ASTM D 4751	Pulg. Pulg.	1.0 nom. 1.3 nom.	1.0 nom. 1.3 nom.
<b>ESPESOR:</b> COSTILLA JUNTA	ASTM D 1777-(64) ASTM D 1777-(64)	Pulg. Pulg.	0.03 nom 0.11 nom.	0.05 nom. 0.16 nom.
<b>MODULO INICIAL REAL EN USO:</b> MD XD	GR1-GG1-87 GR1-GG1-87	kN/m(Ib/ft)	226.4(15,170) 360.1(24,685)	481,2(32,980) 652.5(44,725)
<b>CAPACIDAD A LA TENSION AL 2% DE ELONGACION</b> MD XD	GR1-GG1-87 GR1-GG1-87	kN/m(Ib/ft)	4.09(280) 6.57(450)	5.98(410) 9.78(670)
<b>CAPACIDAD A LA TENSION AL 5% DE ELONGACION</b> MD XD	GR1-GG1-87 GR1-GG1-87	kN/m(Ib/ft)	8.46(580) 13.42(920)	11.82(810) 19.55(1,340)
<b>CAPACIDAD DE LAS JUNTAS</b> MD XD	GR1-GG1-87 GR1-GG1-87	kN/m(Ib/ft)	11.2(765) 17.1(1,170)	17.2(1,180) 25.9(1,778)
<b>RIGIDEZ FLEXURAL</b>	ASTM D 1388-96 OPCION A	Mg/cm	250,000	750,000
<b>RIGIDEZ TORSIONAL</b>	US COE PRELIMINAR	kg-cm/deg	3.2	6.5
<b>RESISTENCIA A LA DEGRADACION A LARGO PLAZO</b>	EPA 900 INMERSION	%	100	100

MD Sentido del Rollo Longitudinal

XD Sentido del Rollo Transversal

TABLA 402.7.2

**CARACTERISTICAS Y ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL  
GEOTEXTIL TEJIDO UTILIZADO PARA SEPARACIÓN EN  
SUELOS CON BAJO CONTENIDO DE HUMEDAD**

PROPIEDAD	NORMA	UNIDAD	VALOR
<b>MECANICAS</b>			
Método Grab Resistencia a la Tensión Elongación	ASTM D-4632	N (lb) %	920 (207) 16
Método Tira Ancha Sentido Longitudinal Elongación	ASTM D-4595	kN/m %	24 17
Sentido Transversal Elongación	ASTM D-4595	kN/m %	24 12
Resistencia al Punzonamiento	ASTM D-4833	N (lb)	530 (119)
Resistencia al Rasgado Trapezoidal	ASTM D-4533	N(lb)	235 (53)
Método Mullen Burst Resistencia al Estallido	ASTM D-3786	kPa(psi)	3034(440)
<b>HIDRÁULICAS</b>			
Tamaño de Abertura Aparente	ASTM D-4751	mm(No. Ta miz)	0.21 (70)
Permeabilidad	ASTM D-4491	cm/s	$1.2 \times 10^{-2}$
Permitividad	ASTM D-4491	s <sup>-1</sup>	0.20
<b>PRESENTACIÓN</b>			
Espesor	ASTM D-5199	mm	0.60
Tipo de Polímero	Fabricante		Polipropileno
Ancho del Rollo	Medido	m	3.85
Largo del Rollo	Medido	m	160
Área del Rollo	Calculado	m <sup>2</sup>	616

**402.7.04. Procedimiento de trabajo** La colocación se llevará a cabo manualmente sobre el suelo natural o sobre una subrasante que está terminada, primero se colocará el geotextil separador y sobre este la geomalla biaxial.

Las uniones longitudinales y transversales de la geomalla y geotextil deberán tener un traslape entre 40 cm. y 100 cm., de acuerdo a la capacidad portante del suelo de la subrasante y a las recomendaciones del fabricante, etc. Este traslape deberá también mantenerse en el caso de que sea necesario efectuar reparaciones con parches o remiendos.

Una vez extendido el geotextil separador y la geomalla biaxial en forma uniforme y regular, se procederá de inmediato a distribuir sobre la geomalla el material granular para protección o relleno, de acuerdo con los requerimientos del diseño, sin dejar expuestos los materiales sintéticos a la acción directa del sol, para evitar su deterioro. En ningún caso el espesor del material granular será inferior a 30 centímetros. El material será esparcido uniformemente y su clase y valor de compactación estarán especificados en el diseño. El fiscalizador deberá comprobar que se cumplan los requerimientos establecidos. Ninguna clase de equipo deberá circular sobre los geosintéticos antes que se haya colocado el material de protección.

**402.7.05. Mediciones** La cantidad a pagarse por la colocación del geotextil separador y la geomalla biaxial, de acuerdo a los documentos contractuales y las indicaciones del Fiscalizador, serán los de la superficie colocada de los materiales geosintéticos, medidos en metros cuadrados.

Se pagará además el volumen de material granular o de relleno efectivamente empleado, de acuerdo con las dimensiones especificadas en los planos y medido en metros cúbicos compactados, en los rubros correspondientes del contrato.

**402.7.06. Pago** Las cantidades determinadas en la forma indicada en el numeral anterior, se pagarán a los precios establecidos en el contrato para los rubros consignados a continuación.

Estos precios y pagos constituirán el valor total por el suministro, transporte, colocación y de los materiales geosintéticos (geomalla y geotextil); el suministro, transporte, colocación y compactación del material granular o relleno, así como por toda la mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas en la ejecución de los trabajos descritos en esta subsección.

<b>No. De Rubro de Pago y Designación</b>	<b>Unidad de medición</b>
402-7. (1) Geomalla Biaxial	Metro cuadrado (m <sup>2</sup> )
402-7. (2) Geotextil (separador)	Metro cuadrado (m <sup>2</sup> )

#### **402.8 Membranas sintéticas, para estabilización e impermeabilización (encapsulado) de la subrasante.-**

**402.8.01 Descripción** Este trabajo consistirá en la colocación de una geomembrana de fibra sintética que puede ser de polietileno o PVC con un espesor mínimo de 0.75 mm., sobre la subrasante de una vía, con el objeto de mejorar la inestabilidad de los suelos, especialmente suelos expansivos.

Las geomembranas son materiales esencialmente impermeables, usadas en fundaciones, suelos, roca, tierra o cualquier otro material relacionado con la Ingeniería Geotécnica como la parte integral de un proyecto, estructura o sistema. Son utilizadas en obras tales como : carreteras, reservorios, lagunas

de oxidación, piscinas de recolección de lodos, embalses, canales y/o rellenos sanitarios, construcción de túneles, gracias a su baja permeabilidad.

**402.8.02 Materiales** Las geomembranas deberán satisfacer los requerimientos especificados en el contrato. Las geomembranas son elementos elaborados con resinas vírgenes y selectas de polímeros (PVC o polietileno), las cuales son química y biológicamente inertes muy resistentes a procesos degenerativos de los suelos.

Para la ejecución de la impermeabilización, es decir el encapsulado de suelo, es necesario la utilización de una geomembrana y un geotextil de tipo no tejido. Estos materiales geosintéticos se utilizan en suelos afectados por el fenómeno de expansividad, debido a la presencia de arcillas expansivas y consiste en la colocación de una geomembrana en la subrasante, la cual impide la entrada o salida del agua en el suelo natural, manteniendo de esta forma una humedad constante y permanente, para así eliminar este fenómeno.

El geotextil actúa como medio filtrante para la evacuación de aguas provenientes de los costados de la vía, cumpliendo específicamente con la función de subdrenaje.

**402.8.03 Ensayos y tolerancias** La calidad de los materiales sintéticos; geomembranas y geotextiles, deberán cumplir las características y especificaciones técnicas mínimas, indicadas en la Tabla 402.8.1 y Tabla 208.1.1.



TABLA 402.8.1

**CARACTERISTICAS Y ESPECIFICACIONES DE LAS GEOMEMBRANAS PARA IMPERMEABILIZACION Y  
REVESTIMIENTO DE SUELOS**

<b>PROPIEDAD</b>	<b>NORMA</b>	<b>VALORES MINIMOS</b>				
Espesor, mils (mm)	ASTM D751/159/5199	30(0,75)	40 (1,0)	60 (1,5)	80 (2,0)	100 (2,5)
Densidad, g/cm <sup>3</sup>	ASTM D 792/1505	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
Resistencia a la tracción (cada dirección)	ASTM D 638, Type IV					
Resistencia a la rotura, lb/in-ancho (N/mm)	Dumbell, 2 ipm	122 (21)	162 (28)	243 (43)	324 (57)	405 (71)
Resistencia al límite elástico, lb/in-ancho (N/mm)		65 (11)	86 (15)	130 (23)	173 (30)	216 (38)
Alargamiento a rotura %	G.L.= 64mm (2,5 in.)	560	560	560	560	560
Alargamiento al límite elástico, %	G.L.= 33mm (1,3 in.)	13	13	13	13	13
Resistencia al desgarro, lb (N)	ASTM D 1004	22 (98)	30 (133)	45 (200)	60 (267)	75 (334)
Resistencia a la perforación, lb (N)	FTMS 101, Método 2065	39 (174)	52 (231)	80 (356)	105 (467)	130 (579)
Contenido de negro de humo, %	ASTM D 1603	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Stress cracking, hrs	ASTM D1693, Cond. B	1500	1500	1500	1500	1500

**402.8.04 Procedimiento de trabajo** La colocación de la geomembrana se llevará a cabo manualmente sobre el suelo natural o sobre una subrasante que esté determinada. Primero se colocará la geomembrana, luego el suelo a encapsular debidamente compactado y posteriormente en los costados de la vía el geotextil que cumpla la función de subdrenaje.

Las uniones longitudinales y transversales de la geomembrana, deberán ser pegadas y/o termoselladas con un traslapo entre 3 y 7 cm., de acuerdo a la naturaleza del polímero con que esté fabricada la geomembrana (PVC o polietileno) y a las recomendaciones del fabricante. Este traslapo deberá también mantenerse en el caso de que sea necesario efectuar reparaciones con parches o remiendos.

A continuación se procederá a colocar el material granular para protección o relleno, de acuerdo con los requerimientos de l diseño, sin dejar expuestos los materiales sintéticos a la acción directa del sol, para evitar su deterioro. En ningún caso el espesor del material granular será inferior a 30 centímetros. El material será esparcido uniformemente y su clase y valor de compactación estarán especificados en el diseño. El fiscalizador deberá comprobar que se cumplan los requerimientos establecidos. Ninguna clase de equipo deberá circular sobre los geosintéticos antes que se haya colocado el material de protección.

**402.8.05. Mediciones** La cantidad a pagarse por la colocación de la geomembrana y geotextil, de acuerdo a los documentos contractuales y las indicaciones del Fiscalizador, serán los de la superficie colocada de los materiales geosintéticos, medidos en metros cuadrados.

Se pagará además el volumen de material granular o de relleno efectivamente empleado, de acuerdo con las dimensiones especificadas en los planos y medido en metros cúbicos compactados, en los rubros correspondientes del contrato.

**402.8.06. Pago** Las cantidades determinadas en la forma indicada en el numeral anterior, se pagarán a los precios establecidos en el contrato para los rubros consignados a continuación.

Estos precios y pagos constituirán el valor total por el suministro, transporte y colocación de los materiales geosintéticos (geomembrana y geotextil); el suministro, transporte, colocación y compactación del material granular o relleno, así como por toda la mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas en la ejecución de los trabajos descritos en esta subsección.

<b>No. De Rubro de Pago y Designación</b>	<b>Unidad de medición</b>
402-8 (1) Geomembrana.....	Metro cuadrado (m2)
402-8 (2) Geotextil.....	Metro cuadrado (m2)

#### **402 – 9            Estabilización de Subrasante con Enzimas Orgánicas**

**402 – 9.01 Descripción-** En términos de construcción, las bases para las diferentes vías de comunicación son el elemento más importante en la estructura de un camino. El uso del aditivo estabilizador de suelos en bases incrementa el valor estructural de suelos con características plásticas, aumentando su impermeabilidad en contra de la acción del agua mejorando valores soporte, acelera la acción cohesiva como ligante de partículas de suelo creando un firme y permanente estrato. Se obtienen además altas densidades en suelos debido a la acción cohesiva superior durante su compactación y curado.

**402-9.02 Materiales.-** El aditivo estabilizador de suelos es un producto orgánico enzimático líquido o en polvo, no contaminante, libre de substancias nocivas al entorno ambiental, altamente concentrado en su forma de presentación, de olor agradable y fácil manejo. El ingrediente más importante en la formación del estabilizador de suelos son enzimas. Las enzimas son compuestos orgánicos naturales similares a las proteínas que actúan como catalizadores de partículas de suelos.

**402-9.03 Equipos.-** Se utilizará maquinaria convencional para construcción de caminos y solamente en casos excepcionales se recomienda el uso de equipos opcionales:

- a) Motoniveladora convencional equipada con puntas escarificadoras.
- b) Camión tanque equipado con aditamento irrigador posterior cuyo flujo sea por presión o por gravedad.
- c) Máquina compactadora de rodillo metálico sencillo de 12 ton.
- d) Equipo medidor de humedad en campo (tipo Speedy)

#### **Equipo opcional:**

- 1.- Máquina compactadora de rodillo metálico
- 2.- Máquina compactadora pata de cabra para suelos con alto contenido arcilloso
- 3.- Máquina compactadora de neumáticos

**402-9.04 Procedimientos de Trabajo.-** Los caminos deberán de ser construidos basados en un buen diseño de ingeniería. El material de base donde se usará el estabilizador de suelos deberá de poseer una curva granulométrica aceptable con buena distribución de tamaño en sus tamices, que contengan aproximadamente de 20-25% de finos no granulares y cohesivos por naturaleza. Previo a la aplicación del estabilizador de suelos se deberá de efectuar pruebas de laboratorio de los materiales disponibles en campo para determinar sus características.

Se deberá de mantener un apropiado contenido de humedad durante su mezclado, homogeneización y compactación. El estabilizador de suelos trabaja con mejor rendimiento de 2-3% por debajo del contenido óptimo de humedad. Nunca se deberá de compactar cuando la humedad del suelo se encuentre por encima del nivel óptimo de humedad. Antes de aplicar el estabilizador en el material de base o suelo se puede adicionar agua para llevar el contenido de humedad lo más cercano a la cantidad necesaria para su apropiada compactación.

Se deberá de mantener el suficiente esfuerzo de compactación durante su construcción para obtener la densidad máxima, pero se usará menos esfuerzo de compactación cuando se use el estabilizador de suelos.

El camino deberá de curar antes de abrirse el tráfico verificando su estado lo más continuo posible y ejecutar una inspección final. EL camino se podrá usar antes solo en forma ocasional. El secado del material de base creará menos plasticidad y reducirá su impermeabilidad aumentando su resistencia.

**Paso 1.** - Utilizando la hoja de la motoniveladora, se abrirá la base hasta una profundidad de 15 cm. Se deberán de construir camellones con el material removido. Se deberá de retirar material granular (rocas) cuya granulometría exceda 4 pulg. en tamaño, si es necesario agregar el material se deberá de usar suelos naturales disponibles y con alto contenido de finos para reducir sus costos.

**Paso 2.-** Por cada 125 m<sup>3</sup> de material de base se adicionará un galón del aditivo concentrado estabilizador de suelos a la cantidad de agua necesaria para obtener el contenido óptimo de humedad. Se rociará el estabilizador ya diluido sobre los camellones y se procederá a extender el material con la hoja de la motoniveladora para esparcir el estabilizador y homogeneizar la mezcla. Se deberá de utilizar continuamente el equipo medidor de humedad (speedy) todo el tiempo que sea necesario. Si el material se encuentra muy húmedo se seca con la hoja de la máquina extendiéndolo, si por el contrario se encuentra muy seco se adicionará más estabilizador diluido hasta alcanzar el contenido óptimo de humedad. Si es necesario el material puede ser dejado en camellones toda la noche para permitir una completa absorción de la humedad. Después de mezclar (homogeneizar) todo el material se aplicará sobre el camino en 2 capas de 7.5 cm cada una.

**Paso 3.-** Se entenderá con la hoja de la motoniveladora todo el material con su respectiva corona (bombeo) sobre la superficie del camino. Si el material se seca en un día caliente se deberá rociar nuevamente con estabilizador diluido en agua con una proporción de 1: 1000 sobre su superficie para obtener una mejor aglomeración. El uso del compactador para de cabra y el rodillo neumático está recomendado para compactaciones donde el suelo contiene un excesivo porcentaje de arcillas. El uso del compactador de rodillo con vibrador se recomienda solamente en el primero y segundo pases posteriores a esto se deberá de usar el modo estático para evitar

agrietamientos.

**Curado de la base estabilizada.-** Deberá de permitirse su curado antes de abrirse al tráfico, se recomienda un tiempo de curado de 2 a 3 días bajo condiciones de clima óptimas.

**Pruebas de laboratorio recomendadas.-**

Ensayo proctor modificado.- ASTM D – 1557-91

Ensayo de CBR.- ASTM D –1883

Ensayos de permeabilidad.- ASTM D – 5084

**Cálculo de estimaciones en campo para capas de 8 cm de espesor**

Volumen	8 cm x 8 m x 1.000 m	640 m <sup>3</sup>
Peso del material	640 m <sup>3</sup> x 1600 kg./m <sup>3</sup>	1,021.000 Kg
Agua adicional para alcanzar el contenido óptimo de humedad	8% cont. ópti, x 1,024.000 Kg	81,900 lt
Factor de seguridad (para evitar exceso de agua)	70% x 81,920 lt	57,344 lt
Estabilizador de suelo concentrado requerido	1 lt para tratar 33 m <sup>3</sup> de suelo	19 lt
Determinación de la cantidad de agua y estabilizador de suelos necesarios	640 m <sup>3</sup> de material / 33 m <sup>3</sup> (sin humedad)	300 lts agua 1 lt estabilizador

**402-9.05 Pago.-** Las cantidades determinadas en la forma indicada, se pagarán a los precios contractuales. Estos precios y pagos constituirán la compensación total por suministro de materiales, mezclado, transporte, así como por mano de obra, equipo, herramientas y operaciones conexas en la ejecución de los trabajos descritos en esta especificación:

**No. del Rubro de Pago y Designación** **Unidad** **de Medición**

**402-9** Estabilización con enzimas orgánicas  
incluido aditivo.....Metro cúbico (m3)

**402-10 Estabilización de sub-rasante con otros químicos**

**402–10.01 Descripción-** Este trabajo consistirá en la estabilización del suelo de subrasante con el uso de químico más aditivo estabilizador que incrementa el valor soporte de los suelos con características plásticas, aumentando su impermeabilidad en contra de la acción del agua, acelera la acción cohesiva como ligante de partículas de suelo, creando una capa con características mejoradas. Se obtienen además altas densidades en suelos debido a la acción cohesiva durante la compactación y curado.

**402-10.02 Materiales.-** El químico más el aditivo estabilizador de suelos

será un producto no contaminante, libre de sustancias nocivas al entorno ambiental, altamente concentrado en su forma de presentación y debidamente comprobado.

**402-10.03 Equipos.-** Se utilizará maquinaria convencional para construcción de caminos:

- a) Recuperadora de calzada.
- b) Motoniveladora convencional equipada con puntas escarificadoras.
- c) Camión tanque equipado con aditamento irrigador posterior cuyo flujo sea por presión o por gravedad.
- d) Máquina compactadora de rodillo metálico sencillo de 12 ton.
- e) Equipo medidor de humedad en campo (tipo Speedy)

**402-10.04 Procedimientos de Trabajo.-** El material de sub-rasante donde se usará el producto químico más aditivo deberá ser recuperado y luego mezclado homogéneamente. Luego de lo cual se tenderá en una capa uniforme, en el espesor indicado en los diseños a de acuerdo con las instrucciones del fiscalizador, para proceder al rodillado, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

Para verificar las propiedades del producto, en lo referente a valor soporte de suelo (CBR), límites de atterberg etc.. se deberá realizar un tramo de prueba de 200 a 500 m de longitud dentro del proyecto. De acuerdo a los resultados la fiscalización podrá rechazar el producto si no se cumple con las especificaciones de diseño.

**402-10.05 Pago.-** Las cantidades determinadas en la obra, se pagarán a los precios contractuales. Estos precios y pagos constituirán la compensación total por suministro de todos los materiales, mezclado, transporte, así como por mano de obra, equipo, herramientas y operaciones conexas en la ejecución de los trabajos descritos en esta especificación:

<b>No. del Rubro de Pago y Designación</b>	<b>Unidad de Medición</b>
402-10.(1) Capa de suelo estabilizado	
Químicamente .....	Metro
cúbico(m3)	
402-10.(2) Químico + aditivo .....	Litros (lt)

## SECCION 403 SUB - BASES

### 403-1. Sub-base de Agregados

**403-1.01. Descripción.-** Este trabajo consistirá en la construcción de capas de sub-base compuestas por agregados obtenidos por proceso de trituración o de cribado, y deberá cumplir los requerimientos especificados en la Sección 816. La capa de sub-base se colocará sobre la subrasante previamente preparada y aprobada, de conformidad con las alineaciones, pendientes y sección transversal señaladas en los planos.

**403-1.02. Materiales.-** Las sub-bases de agregados se clasifican como se indica a continuación, de acuerdo con los materiales a emplearse. La clase de sub-base que deba utilizarse en la obra estará especificada en los documentos contractuales. De todos modos, los agregados que se empleen deberán tener un coeficiente de desgaste máximo de 50%, de acuerdo con el ensayo de abrasión de los Ángeles y la porción que pase el tamiz N° 40 deberá tener un índice de plasticidad menor que 6 y un límite líquido máximo de 25. La capacidad de soporte corresponderá a un CBR igual o mayor del 30%.

- Clase 1: Son sub-bases construidas con agregados obtenidos por trituración de roca o gravas, de acuerdo con los requerimientos establecidos en la Sección 816, y graduados uniformemente dentro de los límites indicados para la granulometría Clase 1, en la Tabla 403-1.1. Por lo menos el 30 % del agregado preparado deberá obtenerse por proceso de trituración.
- Clase 2: Son sub-bases construidas con agregados obtenidos mediante trituración o cribado en yacimientos de piedras fragmentadas naturalmente o de gravas, de acuerdo con los requerimientos establecidos en la Sección 816, y graduados uniformemente dentro de los límites indicados para la granulometría Clase 2, en la Tabla 403-1.1.
- Clase 3: Son sub-bases construidas con agregados naturales y procesados que cumplan los requisitos establecidos en la Sección 816, y que se hallen graduados uniformemente dentro de los límites indicados para la granulometría Clase 3, en la Tabla 403-1.1.

Cuando en los documentos contractuales se estipulen sub-bases Clases 1 o 2 al menos el 30% de los agregados preparados deberán ser triturados.

Tabla 403-1.1

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada		
	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3
3" (76.2 mm.)	--	--	100
2" (50.4 mm.)	--	100	--
1 1/2 (38,1 mm.)	100	70 - 100	--
Nº 4 (4.75 mm.)	30 - 70	30 - 70	30 - 70
Nº 40 (0.425 mm.)	10 - 35	15 - 40	--
Nº 200 (0.075 mm.)	0 - 15	0 - 20	0 - 20

**403-1.03. Equipo.-** El Contratista deberá disponer en la obra de todo el equipo necesario, autorizado por el Fiscalizador, y en perfectas condiciones de trabajo. Según el caso, el equipo mínimo necesario constará de planta de trituración o de cribado, equipo de transporte, maquinaria para esparcimiento, mezclado y conformación, tanqueros para hidratación y rodillos lisos de tres ruedas o rodillos vibratorios.

**403-1.04. Ensayos y Tolerancias.-** La granulometría del material de sub-base será comprobada mediante los ensayos determinados en la subsección 816-2 los mismos que se llevarán a cabo al finalizar la mezcla en planta o inmediatamente después del mezclado final en la vía. Sin embargo, de haber sido comprobada la granulometría en planta, el Contratista continuará con la obligación de mantenerla en la obra inmediatamente antes del tendido del material.

Deberán cumplirse y comprobarse todos los demás requerimientos sobre la calidad de los agregados, de acuerdo con lo establecido en la subsección 816-2 o en las Disposiciones Especiales.

Para comprobar la calidad de la construcción, se deberá realizar en todas las capas de sub-base los ensayos de densidad de campo, usando equipo nuclear debidamente calibrado o mediante el ensayo AASHTO T - 147. En todo caso, la densidad mínima de la sub-base no será menor que el 100% de la densidad máxima obtenida en laboratorio, mediante los ensayos previos de Humedad Óptima y Densidad Máxima, realizados con las regulaciones AASHTO T-180, método D.

En ningún punto de la capa de sub-base terminada, el espesor deberá variar en más de dos centímetros con el espesor indicado en los planos; sin embargo, el promedio de los espesores comprobados no podrá ser inferior al especificado. Estos espesores serán medidos luego de la compactación final de la capa, cada 100 metros de longitud en puntos alternados al eje y a los costados del camino.



Cuando una medición señale una variación mayor que la tolerancia marcada, se efectuarán las mediciones adicionales que sean necesarias a intervalos más cortos, para determinar el área de la zona deficiente. Para corregir el espesor inaceptable, el Contratista deberá escarificar, a su costa, esa zona y retirar o agregar el material necesario, para proceder luego a conformar y compactar con los niveles y espesores del proyecto. Para el caso de zonas defectuosas en la compactación, se deberá seguir un procedimiento análogo.

En caso de que las mediciones del espesor se hayan realizado mediante perforaciones, el Contratista deberá rellenar los orificios y compactar el material cuidadosamente, a satisfacción del Fiscalizador, sin que se efectúe ningún pago por estos trabajos.

La superficie de la sub-base terminada deberá ser comprobada mediante nivelaciones minuciosas, y en ningún punto las cotas podrán variar en más de dos centímetros con las del proyecto.

#### **403-1.05. Procedimientos de trabajo.**

**403-1.05.1.Preparación de la Subrasante.-** Antes de proceder a la colocación de los agregados para la sub-base, el Contratista habrá terminado la construcción de la subrasante, debidamente compactada y con sus alineaciones, pendientes y superficie acordes con las estipulaciones contractuales. La superficie de la subrasante terminada, en cumplimiento de lo establecido en la Sección 308 deberá además encontrarse libre de cualquier material extraño.

En caso de ser necesaria la construcción de subdrenajes, estos deberán hallarse completamente terminados antes de iniciar el transporte y colocación de la sub-base.

**403-1.05.2.Selección y Mezclado.-** Los agregados preparados para la sub-base deberán cumplir la granulometría especificada para la clase de sub-base establecida en el contrato. Durante el proceso de explotación, trituración o cribado, el Contratista efectuará la selección de los agregados y su mezcla en planta, a fin de lograr la granulometría apropiada en el material que será transportado a la obra.

En caso de que se tenga que conseguir la granulometría y límites de consistencia, mediante la mezcla de varias fracciones individuales, estas fracciones de agregados gruesos, finos y material ligante, serán combinadas de acuerdo con la fórmula de trabajo preparada por el Contratista y autorizada por el Fiscalizador, y mezcladas uniformemente en una planta aprobada por el Fiscalizador, que disponga de una mezcladora de tambor o de paletas. La operación será conducida de manera consistente, para que la producción del material de la sub-base sea uniforme. El mezclado de las fracciones podrá realizarse también en la vía; en este caso, se colocará y esparcirá en primer lugar el material grueso sobre la subrasante, con un espesor y ancho uniformes, y luego se distribuirán los agregados finos proporcionalmente sobre esta primera capa. Pueden formarse

tantas capas como fracciones del material sean necesarias para obtener la granulometría y lograr el espesor estipulado con el total del material. Cuando todos los materiales se hallen colocados, se deberá proceder a mezclarlos uniformemente mediante el empleo de motoniveladoras, mezcladoras de discos u otras máquinas aprobadas por el Fiscalizador, que sean capaces de ejecutar esta operación. Al iniciar y durante el proceso de mezclado, deberá regarse el agua necesaria a fin de conseguir la humedad requerida para la compactación especificada.

Cuando se haya logrado una mezcla uniforme, el material será esparcido a todo lo ancho de la vía en un espesor uniforme, para proceder a la conformación y a la compactación requerida, de acuerdo con las pendientes, alineaciones y sección transversal determinadas en los planos.

No se permitirá la distribución directa de agregados colocados en montones formados por los volquetes de transporte, sin el proceso de mezclado previo indicado anteriormente.

**403-1.05.3.Tendido, Conformación y Compactación.-** Cuando el material de la sub-base haya sido mezclado en planta central, deberá ser cargado directamente en volquetes, evitándose la segregación, y transportando al sitio para ser esparcido por medio de distribuidoras apropiadas, en franjas de espesor uniforme que cubran el ancho determinado en la sección transversal especificada. De inmediato se procederá a la hidratación necesaria, tendido o emparejamiento, conformación y compactación, de tal manera que la sub-base terminada avance a una distancia conveniente de la distribución.

El Fiscalizador podrá autorizar también la colocación del material preparado y transportado de la planta, en montones formados por volquetes, pero en este caso el material deberá ser esparcido en una franja a un costado de la vía, desde la cual se procederá a su regado a todo lo ancho y en un espesor uniforme, mientras se realiza la hidratación. El material no deberá ser movilizado repetidas veces por las motoniveladoras, de uno a otro costado, para evitar la segregación; se procurará más bien que el regado y conformación sean completados con el menor movimiento posible del agregado, hasta obtener una superficie lisa y uniforme de acuerdo a las alineaciones, pendientes y secciones transversales establecidas en los planos.

Cuando se haya autorizado el mezclado de los agregados en la vía, estos deberán tenderse a todo el ancho, una vez terminada la mezcla, completando al mismo tiempo su hidratación, a fin de obtener una capa de espesor uniforme, con una superficie lisa y conformada de acuerdo a las alineaciones, pendientes y sección transversal especificadas.

En todos los casos de construcción de las capas de sub-base, y a partir de la distribución o regado de los agregados, hasta la terminación de la compactación, el tránsito vehicular extraño a la obra estará terminantemente prohibido, y la circulación de los equipos de construcción será dirigida uniformemente sobre las

capas tendidas y regulada a una velocidad máxima de 30 Km/h, a fin de evitar la segregación y daños en la conformación del material.

Cuando se efectúe la mezcla y tendido del material en la vía utilizando motoniveladoras, se deberá cuidar que no se corte el material de la subrasante ni se arrastre material de las cunetas para no contaminar los agregados con suelos o materiales no aceptables.

Cuando sea necesario construir la sub-base completa en más de una capa, el espesor de cada capa será aproximadamente igual, y se emplearán para cada una de ellas los procedimientos aquí descritos hasta su compactación final.

**403-1.05.4.Compactación.-** Inmediatamente después de completarse el tendido y conformación de cada capa de sub-base, el material deberá compactarse por medio de rodillos lisos de 8 a 12 toneladas, rodillos vibratorios de fuerza de compactación equivalente o mayor, u otro tipo de compactadores aprobados.

El proceso de compactación será uniforme para el ancho total de la sub-base, iniciándose en los costados de la vía y avanzando hacia el eje central, traslapando en cada pasada de los rodillos la mitad del ancho de la pasada inmediata anterior. Durante este rodillado, se continuará humedeciendo y emparejando el material en todo lo que sea necesario, hasta lograr la compactación total especificada en toda la profundidad de la capa y la conformación de la superficie a todos sus requerimientos contractuales. Al completar la compactación, el Contratista notificará al Fiscalizador para la comprobación de todas las exigencias contractuales. El Fiscalizador procederá a efectuar los ensayos de densidad apropiados y comprobará las pendientes, alineaciones y sección transversal, antes de manifestar su aprobación o reparos. Si se hubieren obtenido valores inferiores a la densidad mínima especificada o la superficie no se hallare debidamente conformada, se deberá proceder a comprobar la compactación estadísticamente para que el promedio de las lecturas estén dentro del rango especificado, el Contratista deberá efectuar las correcciones necesarias de acuerdo con lo indicado en el numeral 403-1.04, hasta obtener el cumplimiento de los requisitos señalados en el contrato y la aprobación del Fiscalizador.

En caso de existir sitios no accesibles a los rodillos indicados para la compactación, como accesos a puentes, bordillos direccionales u otros, se deberá emplear apisonadores mecánicos de impacto o planchas vibrantes, para obtener la densidad especificada en todos los sitios de la sub-base.

**403-1.06. Medición.-** La cantidad a pagarse por la construcción de una sub-base de agregados, será el número de metros cúbicos efectivamente ejecutados y aceptados por el Fiscalizador medidos en sitio después de la compactación.

Para el cálculo de la cantidad se considerará la longitud de la capa de sub-base terminada, medida como distancia horizontal real a lo largo del eje del camino, y el área de la sección transversal especificada en los planos. En ningún caso se

deberá considerar para el pago cualquier exceso de área o espesor que no hayan sido autorizados previamente por el Fiscalizador.

**403-1.07. Pago.-** Las cantidades determinadas en la forma indicada en el numeral anterior, se pagarán a los precios establecidos en el contrato para cualquiera de los rubros designados a continuación.

Estos precios y pago constituirán la compensación total por la preparación y suministro y transporte de los agregados, mezcla, distribución, tendido, hidratación, conformación y compactación del material empleado para la capa de sub-base, incluyendo la mano de obra, equipo, herramientas, materiales y más operaciones conexas que se hayan empleado para la realización completa de los trabajos descritos en esta sección.

<b>Nº del Rubro de Pago y Designación</b>	<b>Unidad de Medición</b>
---	---------------------------

403-1	Sub-base Clase.....	Metro cúbico (m <sup>3</sup> )
-------	---------------------	--------------------------------

**403-2. Sub-base Modificada con Arena o Limo.**

**403-2.01. Descripción.-** Este trabajo consistirá en la construcción de capas de sub-bases compuestas por agregados obtenidos por proceso de trituración o de cribado, para cumplir los requisitos establecidos en la subsección 816-2, excepto que el límite líquido y el índice plástico sean mayores que los máximos especificados, para reducir los cuales se deberá mezclar los agregados con limo o arena en la proporción establecida por el diseño, añadiendo estos suelos finos no plásticos o eliminando previamente parte o la totalidad de los agregados finos del material, para incorporar limo o arena cuando las condiciones así lo requieran. Las capas de sub-base se colocarán sobre la subrasante previamente preparada y aprobada, y de conformidad con las alineaciones, pendientes y sección transversal señaladas en los planos contractuales.

**403-2.02. Materiales.-** Son susceptibles de modificación cualesquiera de las sub-bases cuya clasificación y condiciones están indicadas en el numeral 403-1.02. La clase de sub-base por utilizarse en la obra estará especificada en los documentos contractuales.

En cualquier caso, el material a incorporar estará constituido por arenas finas o limos inorgánicos no plásticos, aprobados por el Fiscalizador y en las proporciones que sean necesarias para que la mezcla cumpla con los requisitos establecidos en la subsección 816-2 y en las Disposiciones Especiales, caso de haberlas.

**403-2.03. Equipo.-** El Contratista deberá disponer en el trabajo, de todo el equipo necesario, autorizado por el Fiscalizador, y en perfectas condiciones de operación. De acuerdo con la clase de sub-base especificada, el equipo mínimo necesario deberá constar de planta de trituración o de cribado; equipo de transporte; maquinaria para esparcimiento, mezclado y conformación; tanqueros

para hidratación; rodillos lisos de tres ruedas o rodillos vibratorios y rodillos neumáticos para compactación.

**403-2.04. Ensayos y Tolerancias.-** Para esta sub-base modificada con limo o arena regirán las estipulaciones constantes en el numeral 403-1.04.

**403-2.05. Procedimientos de trabajo.-** Los procedimientos de trabajo que deberán emplearse, tanto para la preparación de la subrasante como para la selección y mezclado de los agregados en planta o en la vía, y para el regado, conformación y compactación, serán los establecidos en el numeral 403-1.05.

**403-2.06. Medición.-** Las cantidades a pagarse por la construcción de una sub-base modificada con limo o arena, serán el número de metros cúbicos efectivamente ejecutados y aceptados por el Fiscalizador, medidos en el sitio después de la compactación.

Para el cálculo de las cantidades se considerará la longitud de la capa de sub-base terminada, medida como distancia horizontal real a lo largo del eje del camino, y el área de la sección transversal determinada en los planos. No se medirán, para el pago en forma adicional, el volumen o peso de los suelos no plásticos incorporados a la sub-base, considerándose que están compensados en el precio del metro cúbico de la capa de sub-base. No se deberán considerar para el pago cualquier exceso de área o espesor que no hayan sido autorizados previamente por el Fiscalizador.

**403-2.07. Pago.-** Las cantidades de sub-base determinadas en la forma indicada en el numeral anterior, se pagarán a los precios establecidos en el contrato para cualquiera de los rubros designados a continuación.

Estos precios y pago constituirán la compensación total por la preparación y suministro y transporte de agregados, provisión del suelo no plástico, mezclado, distribución, regado, hidratación, conformación y compactación de todo el material empleado para la capa de sub-base, incluyendo mano de obra, equipo, herramientas, materiales y más operaciones conexas en la realización completa de los trabajos descritos para la construcción de la sub-base modificada con limo o arena.

<b>Nº del Rubro de Pago y Designación</b>	<b>Unidad de Medición</b>
---	---------------------------

403-2	Sub-base Clase....., modificada con suelo no plástico.....Metro cúbico (m <sup>3</sup> )
-------	--

**403-3. Sub-base Modificada con Cal.**

**403-3.01. Descripción.-** Este trabajo consistirá en la construcción de capas de sub-base compuestas por agregados obtenidos por proceso de trituración o de cribado, y que cumplan los requisitos establecidos en la subsección 816-2, excepto el límite líquido y el índice plástico, por lo que deberán ser mejoradas

con la adición de cal hidratada en la proporción establecida en el diseño y de acuerdo a la fórmula de trabajo preparada por el Contratista y aprobada por el Fiscalizador. Las capas de sub-base se colocarán sobre la subrasante, previamente preparada y aprobada, que se halle dentro de las alineaciones, pendientes y sección transversal señaladas en los planos contractuales.

**403-3.02. Materiales.-** Son susceptibles de modificación cualesquiera de las sub-bases cuya clasificación y condiciones están indicadas en el numeral 403-1.02. La clase de sub-base a utilizarse en la obra estará especificada en los documentos del contrato.

El material a incorporar a cualquiera de las sub-bases para controlar el límite líquido y el índice plástico a las especificaciones, será cal hidratada, la cual deberá cumplir con los requisitos establecidos en la subsección 815-3.

**403-3.03. Equipo.-** El Contratista deberá disponer, en el trabajo, de todo el equipo necesario, autorizado por el Fiscalizador, y en perfectas condiciones de operación. De acuerdo con la clase de sub-base especificada, el equipo mínimo necesario constará de planta de trituración o de cribado, equipo de transporte, motoniveladora, pulverizadora-mezcladora de paletas rotatorias, tanqueros o volquetas para cal según el tipo de mezclado, esparcidores mecánicos para cal (opcional), tanqueros para hidratación, rodillos lisos de tres ruedas o vibratorios y rodillos neumáticos para compactación.

**403-3.04. Ensayos y Tolerancias.-** Los ensayos para controlar el contenido de cal en la sub-base estarán de acuerdo con lo establecido en el numeral 402-3.04.

La comprobación de la calidad y cumplimiento de las especificaciones de los agregados será realizada de acuerdo con las estipulaciones del numeral 403-1.04.

La comprobación de los espesores de la sub-base terminada y sus tolerancias serán las mismas anotadas en el numeral 403-1.04.

**403-3.05. Procedimientos de trabajo.**

**403-3.05.1.Preparación de la Subrasante.-** Regirán las estipulaciones del numeral 403-1.05.1.

**403-3.05.2.Distribución y Mezclado.-** La selección y mezclado de los agregados, a los cuales se deberá incorporar la cal en la proporción establecida, podrá efectuarse en planta o en la vía. En todo caso, no se permitirá la iniciación del mezclado hasta que el Contratista no haya estudiado y sometido a la aprobación del Fiscalizador la fórmula de trabajo, en la cual se deberá establecer el contenido de cal, la cantidad de agua para la mezcla y la compactación, la mínima densidad que se obtendrá, y el valor PH.

En caso de utilizarse el procedimiento de mezcla en planta, esta deberá estar

equipada con una dosificadora, preferentemente al peso, para la cal hidratada, y se emplearán los procedimientos indicados para este método en el numeral 403-1.05.2.

Cuando se escoja el método de mezclado en la vía, se procederá con lo establecido para este sistema de mezcla en el numeral 403-1.05.2, con la única variación de que sobre la capa de agregados preparados y tendidos a todo lo ancho de la vía se distribuirá la cal hidratada en la proporción necesaria, de acuerdo con lo indicado para la Distribución de la cal - Método seco - en el numeral 402-3.05.2. Luego se procederá al mezclado mediante pulverizadoras-mezcladoras de paletas rotatorias, a fin de conseguir una mezcla uniforme en todo el ancho y profundidad de cada capa de sub-base, cuyo espesor no será mayor a 15 centímetros, hasta completar el espesor total de diseño. Durante el mezclado se deberá hidratar la mezcla, y luego de conseguida una condición uniforme en todo el material, se procederá a la conformación mediante motoniveladoras, hasta conseguir una superficie lisa, con las alineaciones, pendientes y sección transversal constantes en los planos del contrato.

Puede también emplearse el método húmedo para la distribución de la cal y mezclado, en cuyo caso se emplearán las estipulaciones del numeral 402-1.05.2, del método respectivo, después de los cual se efectuará la conformación, como se indica en el párrafo anterior.

**403-3.05.3.Compactación.-** Para este trabajo se emplearán las especificaciones constantes en el numeral 402-3.05.4.

Al iniciarse los trabajos el Contratista deberá construir un tramo de prueba de aproximadamente 1 Kilómetro. de longitud que será ensayado para determinar la densidad, espesor de la capa, proporción de cal en la sub-base y más requerimientos exigidos por el Fiscalizador, luego de lo cual éste deberá autorizar la prosecución de los trabajos, requisito sin el cual el Contratista no podrá continuar éste trabajo.

**403-3.05.4.Curado.-** El curado de las capas de sub-base modificada con cal hidratada se regirá por las estipulaciones del numeral 402-3.05.5.

**403-3.06. Medición.-** Las cantidades a pagarse por la sub-base modificada con cal hidratada, serán el volumen de la capa de sub-base y la cantidad de cal incorporada a la obra, de acuerdo con las estipulaciones contractuales.

La unidad de medida de la sub-base efectivamente construida bajo estas especificaciones, será el metro cúbico, y el volumen será medido compactado en base a la longitud construida medida horizontalmente a lo largo del eje del camino, y a la sección transversal especificada en los planos y aceptada por el Fiscalizador.

La unidad de medida para la cal hidratada efectivamente utilizada para la modificación de la sub-base, será la tonelada aceptada en la obra por el

Fiscalizador.

No serán objeto de pago ni el agua empleada para la mezcla y compactación ni para el curado, ni tampoco el asfalto que pueda emplearse para el curado de la capa superior; por tanto, estos materiales no serán medidos para el pago.

**403-3.07. Pago.-** Las cantidades calculadas en la forma indicada en el numeral anterior, se pagarán a los precios señalados en el contrato para los rubros designados a continuación.

Los precios contractuales y su pago constituirán la compensación total por la preparación y suministro y transporte de agregados, mezclado, tendido, suministro y distribución de cal hidratada, mezclado, hidratación, conformación y compactación de los materiales empleados para la capa de sub-base, incluyendo la mano de obra, equipo, herramientas, materiales y más operaciones conexas en la realización completa de los trabajos descritos en esta sección.

<b>Nº del Rubro de Pago y Designación</b>	<b>Unidad de Medición</b>
403-3 (1) Sub-base Clase...., modificada con cal hidratada (incluyendo riego de curado).....	Metro cúbico (m <sup>3</sup> )
403-3 (2) Suministro y distribución de cal Hidratada.....	Tonelada



## SECCION 404. BASES.

### 404-1. Base de Agregados.

**404-1.01. Descripción.-** Este trabajo consistirá en la construcción de capas de base compuestas por agregados triturados total o parcialmente o cribados, estabilizados con agregado fino procedente de la trituración, o suelos finos seleccionados, o ambos. La capa de base se colocará sobre una sub-base terminada y aprobada, o en casos especiales sobre una subrasante previamente preparada y aprobada, y de acuerdo con los alineamientos, pendientes y sección transversal establecida en los planos o en las disposiciones especiales.

**404-1.02. Materiales.-** Las bases de agregados podrán ser de las clases indicadas a continuación, de acuerdo con el tipo de materiales por emplearse.

La clase y tipo de base que deba utilizarse en la obra estará especificada en los documentos contractuales. En todo caso, el límite líquido de la fracción que pase el tamiz N° 40 deberá ser menor de 25 y el índice de plasticidad menor de 6. El porcentaje de desgaste por abrasión de los agregados será menor del 40% y el valor de soporte de CBR deberá ser igual o mayor al 80%.

Los agregados serán elementos limpios, sólidos y resistentes, exentos de polvo, suciedad, arcilla u otras materias extrañas.

- Clase 1: Son bases constituidas por agregados gruesos y finos, triturados en un 100% de acuerdo con lo establecido en la subsección 814-2 y graduados uniformemente dentro de los límites granulométricos indicados para los Tipos A y B en la Tabla 404-1.1.

El proceso de trituración que emplee el Contratista será tal que se obtengan los tamaños especificados directamente de la planta de trituración. Sin embargo, si hiciera falta relleno mineral para cumplir las exigencias de graduación se podrá completar con material procedente de una trituración adicional, o con arena fina, que serán mezclados necesariamente en planta.

- Clase 2: Son bases constituidas por fragmentos de roca o grava trituradas, cuya fracción de agregado grueso será triturada al menos el 50% en peso, y que cumplirán los requisitos establecidos en la subsección 814-4.

Estas bases deberán hallarse graduadas uniformemente dentro de los límites granulométricos indicados en la Tabla 404-1.2.

El proceso de trituración que emplee el Contratista será tal que se obtengan los tamaños especificados directamente de la planta de trituración. Sin embargo, si hace falta relleno mineral para cumplir

las exigencias de graduación podrá completarse con material procedente de una trituración adicional, o con arena fina, que serán mezclados preferentemente en planta.

- Clase 3: Son bases constituidas por fragmentos de roca o grava trituradas, cuya fracción de agregado grueso será triturada al menos el 25% en peso, y que cumplirán los requisitos establecidos en la subsección 814-4.

Estas bases deberán hallarse graduadas uniformemente dentro de los límites granulométricos indicados en la Tabla 404-1.3.

Si hace falta relleno mineral para cumplir las exigencias de graduación, se podrá completar con material procedente de trituración adicional, o con arena fina, que podrán ser mezclados en planta o en el camino.

- Clase 4: Son bases constituidas por agregados obtenidos por trituración o cribado de piedras fragmentadas naturalmente o de gravas, de conformidad con lo establecido en la subsección 814-3 y graduadas uniformemente dentro de los límites granulométricos indicados en la Tabla 404-1.4.

**Tabla 404-1.1.**

<b>TAMIZ</b>	<b>Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada</b>	
	<b>Tipo A</b>	<b>Tipo B</b>
2" (50.8 mm.)	100	--
1 1/2" (38,1mm.)	70 - 100	100
1" (25.4 mm.)	55 - 85	70 - 100
3/4"(19.0 mm.)	50 - 80	60 - 90
3/8"(9.5 mm.)	35 - 60	45 - 75
Nº 4 (4.76 mm.)	25 - 50	30 - 60
Nº 10 (2.00 mm.)	20 - 40	20 - 50
Nº 40 (0.425 mm.)	10 - 25	10 - 25
Nº 200 (0.075 mm.)	2 - 12	2 - 12

**Tabla 404-1.2.**

<b>TAMIZ</b>	<b>Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada</b>
1" (25.4 mm.)	100
3/4"(19.0 mm.)	70 - 100
3/8"(9.5 mm.)	50 - 80
Nº 4 (4.76 mm.)	35 - 65
Nº 10 (2.00 mm.)	25 - 50
Nº 40 (0.425 mm.)	15 - 30
Nº 200 (0.075 mm.)	3 - 15

**Tabla 404-1.3**

<b>TAMIZ</b>	<b>Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada</b>
3/4"(19.0 mm.)	100
Nº 4 (4.76 mm.)	45 - 80
Nº 10 (2.00 mm.)	30 - 60
Nº 40 (0.425 mm.)	20 - 35
Nº 200 (0.075 mm.)	3 - 15

**Tabla 404-1.4.**

<b>TAMIZ</b>	<b>Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada</b>
2" (50.8 mm.)	100
1" (25.4 mm.)	60 - 90
Nº 4 (4.76 mm.)	20 - 50
Nº 200 (0.075 mm.)	0 - 15

De ser necesario para cumplir las exigencias de graduación, se podrá añadir a la grava arena o material proveniente de trituración, que podrán mezclarse en planta o en el camino.

**404-1.03. Equipo.-** El Contratista deberá disponer en la obra de todo el equipo necesario, autorizado por el Fiscalizador, y en perfectas condiciones de trabajo. Según el caso, el equipo mínimo necesario constará de planta de trituración y cribado, planta para mezclado, equipo de transporte, maquinaria para distribución, para mezclado, esparcimiento, y conformación, tanqueros para hidratación y rodillos lisos o rodillos vibratorios.

**404-1.04. Ensayos y Tolerancias.-** La granulometría del material de base será comprobada mediante el ensayo INEN 696 y 697 (AASHTO T-11 y T 27), el mismo que se llevará a cabo al finalizar la mezcla en planta o inmediatamente después del mezclado final en el camino. Sin embargo de haber sido comprobada la granulometría en planta, el Contratista continuará con la obligación de mantenerla en la obra.

Deberán cumplirse y comprobarse todas las demás exigencias sobre la calidad de los agregados, de acuerdo con lo establecido en la Sección 814, o en las Disposiciones Especiales.

Para comprobar la calidad de la construcción, se deberá realizar en todas las capas de base los ensayos de densidad de campo, usando equipo nuclear debidamente calibrado o mediante el ensayo AASHTO T-147. o T-191. En todo caso, la densidad mínima de la base no será menor que el 100% de la densidad máxima establecida por el Fiscalizador, mediante los ensayos de Densidad Máxima y Humedad Óptima realizados con las regulaciones AASHTO T-180, método D.

En ningún punto de la capa de base terminada, el espesor deberá variar en más de un centímetro con el espesor indicado en los planos; sin embargo, el promedio de los espesores comprobados no podrá ser inferior al especificado.

Estos espesores y la densidad de la base, serán medidos luego de la compactación final de la base, cada 100 metros de longitud, en puntos alternados al eje y a los costados del camino. Cuando una medición señale una variación mayor que la tolerancia indicada, se efectuarán las mediciones adicionales que sean necesarias a intervalos más cortos, para determinar el área de la zona deficiente. Para corregir el espesor inaceptable, el Contratista deberá escarificar, a su costo, esa zona y retirar o agregar el material necesario, para proceder de inmediato a la conformación y compactación con los niveles y espesores del proyecto. Sin embargo, antes de corregir los espesores deberán tomarse en consideración las siguientes tolerancias adicionales: si el espesor sobrepasa lo estipulado en los documentos contractuales y la cota de la superficie se halla dentro de un exceso de 1.5 centímetros sobre la cota del proyecto, no será necesario efectuar correcciones; así mismo, si el espesor es menor que el estipulado y la cota de la superficie se halla dentro de un faltante de 1.5 centímetros de la cota del proyecto, podrá no corregirse el espesor de la base siempre y cuando el espesor de la base terminada sea mayor a 10 centímetros, y la capa de rodadura sea de hormigón asfáltico y el espesor faltante sea compensado con el espesor de la capa de rodadura hasta llegar a la rasante.

En caso de que las mediciones de espesor y los ensayos de densidad sean efectuados por medio de perforaciones, el Contratista deberá rellenar los orificios y compactar el material cuidadosamente, a satisfacción del Fiscalizador, sin que se efectúe ningún pago por estos trabajos.

Como está indicado, las cotas de la superficie terminada no podrán variar en más de 1.5 centímetros de los niveles del proyecto, para comprobar lo cual deberán realizarse nivelaciones minuciosas a lo largo del eje y en forma transversal.

En caso de encontrarse deficiencias en la compactación de la base, el Contratista deberá efectuar la corrección a su costo, escarificando el material en el área defectuosa y volviendo a conformarlo con el contenido de humedad óptima y compactarlo debidamente hasta alcanzar la densidad especificada.

#### **404-1.05. Procedimiento de trabajo.**

**404-1.05.1.Preparación de la Sub-base.-** La superficie de la sub-base deberá hallarse terminada, conforme a los requerimientos estipulados para la Sección 404. Deberá, así mismo, hallarse libre de cualquier material extraño, antes de iniciar el transporte del material de base a la vía.

**404-1.05.2.Selección y Mezclado.-** Los agregados preparados para la base, deberán cumplir la granulometría y más condiciones de la clase de base especificada en el contrato. Durante el proceso de explotación, trituración o cribado, el Contratista efectuará la selección y mezcla de los agregados en planta, a fin de lograr la granulometría apropiada en el material que será transportado a la obra.

En el caso de que se tenga que conseguir la granulometría y límites de consistencia para el material de base, mediante la mezcla de varias fracciones individuales, estas fracciones de agregados gruesos, finos y relleno mineral, serán combinadas y mezcladas uniformemente en una planta aprobada por el Fiscalizador la cual disponga de una mezcladora de tambor o de paletas. La operación será conducida de una manera consistente en orden a que la producción de agregado para la base sea uniforme.

El mezclado de las fracciones de agregados podrá realizarse también en la vía; en este caso, se colocará y esparcirá en primer lugar una capa de espesor y ancho uniformes del agregado grueso, y luego se distribuirán proporcionalmente los agregados finos sobre la primera capa. Pueden formarse tantas capas como fracciones del material sean necesarias para obtener la granulometría y lograr el espesor necesario con el total del material, de acuerdo con el diseño. Cuando todos los agregados se hallen colocados en sitio, se procederá a mezclarlos uniformemente mediante motoniveladoras, mezcladoras de discos u otras máquinas mezcladoras aprobadas por el Fiscalizador. Desde el inicio y durante el proceso de mezclado, deberá regarse el agua necesaria a fin de conseguir la humedad requerida para la compactación especificada.

Cuando se haya logrado una mezcla uniforme, se controlará la granulometría y se esparcirá el material a todo lo ancho de la vía, en un espesor uniforme, para proceder a la conformación y a la compactación requerida, de acuerdo con las pendientes, alineaciones y sección transversal determinadas en los planos.

En ningún caso se permitirá el tendido y conformación directa de agregados colocados en montones formados por los volquetes de transporte, sin el proceso de mezclado previo y alternado indicado en los párrafos anteriores.

**404-1.05.3.Tendido y Conformación.-** Cuando el material de la base haya sido mezclado e hidratado en planta central, deberá cargarse directamente en volquetes, evitándose la segregación, y transportado al sitio para ser esparcido por medio de distribuidoras apropiadas, en franjas de espesor uniforme que cubran el ancho determinado en la sección transversal especificada. De inmediato se procederá a la conformación y compactación, de tal manera que la base terminada avance a una distancia conveniente de la distribución.

El Fiscalizador podrá autorizar también la colocación del material preparado y transportado de la planta, en montones formados por volquetes; pero, en este caso, el material deberá ser esparcido en una franja a un costado de la vía, desde la cual se procederá a su regado a todo lo ancho y en un espesor uniforme, mientras se realiza la hidratación. El material no deberá ser movilizad repetidas veces por las motoniveladoras, de uno a otro costado, para evitar la segregación; se procurará más bien que el regado y conformación se completen con el menor movimiento posible del agregado, hasta obtener una superficie lisa y uniforme, de acuerdo a las alineaciones, pendientes y secciones transversales establecidas en los planos.

Cuando se haya autorizado el mezclado de los agregados en la vía, estos deberán ser regados a todo el ancho, una vez terminada la mezcla, completando al mismo tiempo su hidratación, a fin de obtener una capa de espesor uniforme, con una superficie lisa y conformada de acuerdo a las alineaciones, pendientes y sección transversal especificadas.

En todos los casos de construcción de las capas de base, y a partir de la distribución o regado de los agregados, hasta la terminación de la compactación, el tránsito vehicular extraño a la obra estará terminantemente prohibido, y la circulación de los equipos de construcción será dirigida uniformemente sobre las capas tendidas, a fin de evitar la segregación y daños en la conformación del material.

Cuando sea necesario construir la base completa en más de una capa, el espesor de cada capa será aproximadamente igual, y se emplearán para cada una de ellas los procedimientos arriba descritos, hasta su compactación final. En ningún caso el espesor de una capa compactada podrá ser menor a 10 centímetros.

Cuando se tenga que construir capas de base en zonas limitadas de forma

irregular, como intersecciones, islas centrales y divisorias, rampas, etc. podrán emplearse otros métodos de distribución mecánicos o manuales que produzcan los mismos resultados y que sean aceptables para el Fiscalizador.

**404-1.05.4. Compactación.-** Inmediatamente después de completarse el tendido y conformación de la capa de la base, el material deberá compactarse por medio de rodillos lisos de mínimo 8 Toneladas, rodillos vibratorios de energía de compactación equivalente o mayor.

El proceso de compactación será uniforme para el ancho total de la base, iniciándose en los costados de la vía y avanzando hacia el eje central, traslapando en cada pasada de los rodillos la mitad del ancho de la pasada inmediata anterior. Durante este rodillado, se continuará humedeciendo y emparejando el material en todo lo que sea necesario, hasta lograr la compactación total especificada en toda la profundidad de la capa y la conformación de la superficie a todos sus requerimientos contractuales.

Al completar la compactación, el Contratista notificará al Fiscalizador para la comprobación de todas las exigencias contractuales. El Fiscalizador procederá a efectuar los ensayos de densidad apropiados y comprobará las pendientes, alineaciones y sección transversal, antes de manifestar su aprobación o reparos. Si se hubieren obtenido valores inferiores a la densidad mínima especificada o la superficie no se hallare debidamente conformada, se deberá proceder a comprobar la compactación estadísticamente para que el promedio de las lecturas estén dentro del rango especificado, el Contratista deberá efectuar las correcciones necesarias de acuerdo con lo indicado en el numeral 404-1.04, hasta obtener el cumplimiento de los requisitos señalados en el contrato y la aprobación del Fiscalizador, previamente a la imprimación de la base.

En caso de existir sitios no accesibles a los rodillos indicados para la compactación, como accesos a puentes, bordillos direccionales u otros, se deberá emplear apisonadores mecánicos de impacto o placas vibratorias, para obtener la densidad especificada en todos los sitios de la base.

**404-1.06. Medición.-** La cantidad a pagarse por la construcción de una base de agregados, será el número de metros cúbicos efectivamente ejecutados y aceptados por el Fiscalizador, medidos en sitio después de la compactación.

Para el cálculo de la cantidad, se considerará la longitud de la capa de base terminada, medida como distancia horizontal real a lo largo del eje del camino, y el área de la sección transversal especificada en los planos. En ningún caso se deberá considerar para el pago cualquier exceso de área o espesor que no hayan sido autorizados previamente por el Fiscalizador.

**404-1.07. Pago.-** Las cantidades determinadas en la forma indicada en el numeral anterior, se pagarán a los precios establecidos en el contrato para cualquiera de los rubros designados a continuación.

Estos precios y pago constituirán la compensación total por la preparación y suministro y transporte de los agregados, mezcla, distribución, tendido, hidratación, conformación y compactación del material empleado para la capa de base, incluyendo mano de obra, equipo, herramientas, materiales y más operaciones conexas en la realización completa de los trabajos descritos en esta sección.

**Nº del Rubro de Pago y Designación** **Unidad de Medición**

404-1 Base, Clase.....Metro cúbico (m<sup>3</sup>)

**404-2. Base de Agregados Estabilizada con Cemento Portland.**

**404-2.01. Descripción.-** Este trabajo consistirá en la construcción de capas de base compuestas de agregados triturados o cribados, o de una combinación de ambos, cemento Portland y agua, mezclados en una planta central o sobre el camino. Se llevará a cabo para mejorar las características mecánicas de los agregados en caso de que no cumplan los requisitos especificados en el numeral 404-1.02, para la base de agregados. La capa de base se colocará sobre una sub-base terminada y aprobada que se halle dentro de las alineaciones, pendientes y sección transversal señaladas en los planos contractuales.

**404-2.02. Materiales.-** Los materiales que se emplearán en la construcción de las capas de base de agregados estabilizada con cemento Portland, serán agregados triturados o cribados o una mezcla de ambos. En todo caso los agregados deberán hallarse uniformemente graduados dentro de los límites granulométricos indicados en la Tabla 404-2.1. para el agregado grueso y el agregado fino, cuyo diseño y fórmula de trabajo será proporcionada por el Contratista y aprobada por el Fiscalizador.

Los materiales bien graduados contendrán entre un 55% y un 65% de agregado grueso retenido en el tamiz N° 4.

El aglutinante para la mezcla estará constituido por cemento Portland tipo I o tipo II, que cumpla con los requisitos de la Sección 802.

El agua para la hidratación de la mezcla deberá cumplir las exigencias de la Sección 804.

Los yacimientos que serán explotados para la obtención de los agregados de base, estarán señalados en los documentos contractuales.

**Tabla 404-2.1**

<b>TAMIZ</b>	<b>Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada</b>
	IV-57



<b>Agregado grueso</b>		<b>Agregado fino</b>
2" (50.8 mm.)	100	--
1 1/2" (38,1mm.)	95 - 100	--
3/4"(19.0 mm.)	40 - 100	--
Nº 4 (4.76 mm.)	0 - 5	80 - 100
Nº 10 (2.00 mm.)	--	50 - 85
Nº 40 (0.425 mm.)	--	15 - 45
Nº 200 (0.075 mm.)	--	0 - 10

**404-2.03. Equipo.-** El Contratista deberá disponer, en el trabajo, de todo el equipo necesario, autorizado por el Fiscalizador, y en perfectas condiciones de trabajo. Por lo general, el equipo mínimo necesario según el procedimiento de construcción, contará con planta de trituración o de cribado; planta dosificadora-mezcladora para la incorporación del cemento, mezcladoras móviles o rastras de discos, motoniveladoras, equipo de transporte, distribuidoras de base, tanqueros para hidratación, rodillos lisos de tres ruedas, rodillos vibratorios y neumáticos.

**404-2.04. Ensayos y Tolerancias.-** La granulometría de la mezcla de agregados para la base será comprobada mediante el ensayo INEN 696 y 697 (AASHTO T-11 y T-27), una vez terminada la preparación de los agregados en planta o en el camino, y antes de proceder a la incorporación del cemento. Los demás requisitos que deben cumplir los agregados serán comprobados de acuerdo con lo establecido en la subsección 815-2. La comprobación de las exigencias de los agregados en planta, no eximirá al Contratista de la obligación de mantenerlas hasta que el material se incorpore a la obra.

Para comprobar la calidad de la construcción de las capas de base, se deberán efectuar los ensayos de Densidad máxima y Humedad óptima, mediante las normas AASHTO T-134; la comprobación de la Densidad de campo, que no será menor al 100% de la densidad máxima establecida, mediante el uso de equipo nuclear debidamente calibrado o mediante el ensayo AASHTO T-147.o T-191; el contenido de partículas finas plásticas, mediante el ensayo AASHTO T-176; el contenido de cemento en la mezcla, mediante el ensayo AASHTO T-211, y se deberán efectuar ensayos de compresión simple para comprobar que esta resistencia no sea inferior a 25 Kg/cm<sup>2</sup>.

En ningún punto de la capa de base terminada, el espesor deberá variar en más de un centímetro con el espesor indicado en los planos; sin embargo, el promedio de los espesores comprobados no podrá ser inferior al especificado.

Estos espesores y la densidad de la base serán medidos luego de la compactación final de la base, cada 100 metros de longitud, en puntos alternados al eje y a los costados del camino. Cuando una medición señale una variación mayor que la

tolerancia indicada, se efectuarán las mediciones adicionales que sean necesarias a intervalos más cortos, para determinar el área de la zona deficiente. Para corregir el espesor inaceptable, el Contratista deberá escarificar, a su costa, esa zona en todo el espesor de la capa construida y retirar o agregar el material necesario, para proceder de inmediato a la conformación y compactación con los niveles y espesores del proyecto. Sin embargo, antes de corregir los espesores deberá tomarse en consideración las siguientes tolerancias adicionales: si el espesor sobrepasa lo estipulado en los documentos contractuales y la cota de la superficie se halla dentro de un exceso de 1.5 centímetros sobre la cota del proyecto, no será necesario efectuar correcciones; así mismo, si el espesor es menor que el estipulado y la cota de la superficie se halla dentro de un faltante de 1.5 centímetros de la cota del proyecto, podrá no corregirse el espesor de la base, siempre y cuando el espesor de la base terminada sea mayor a 10 centímetros, y la capa de rodadura sea de hormigón asfáltico o hidráulico, y el espesor faltante sea compensado con el espesor de la capa de rodadura hasta llegar a la rasante.

En caso de que las mediciones de espesor y los ensayos de densidad sean efectuados por medio de perforaciones, el Contratista deberá rellenar los orificios, con idéntica mezcla a la empleada en la construcción, y compactar el material cuidadosamente, a satisfacción del Fiscalizador, sin que se efectúe ningún pago por estos trabajos.

Como está indicado, las cotas de la superficie terminada no podrán variar en más de 1.5 centímetros de los niveles del proyecto, para comprobar lo cual deberán realizarse nivelaciones minuciosas a lo largo del eje y en forma transversal.

En caso de encontrarse deficiencias en la compactación de la base, se efectuará la corrección necesaria utilizando un procedimiento análogo al descrito para corregir los espesores.

#### **404-2.05. Procedimiento de trabajo.**

**404-2.05.1.Preparación de la Sub-base.-** La superficie de la sub-base deberá hallarse terminada conforme a los requerimientos estipulados para la Sección 403.

Deberá hallarse libre de cualquier material extraño antes de iniciar el transporte del material de base a la vía, y antes del tendido de la mezcla de base deberá ser humedecida uniforme y convenientemente, evitando cualquier exceso que cause daños en la superficie.

Antes de proceder a la construcción completa de esta capa de base el Contratista deberá realizar un tramo de prueba de un kilómetro de longitud aproximadamente, utilizando los procedimientos descritos en esta sección. Este tramo de prueba será revisado y analizado cuidadosamente por el Contratista y por el Fiscalizador, durante por lo menos 30 días, después de lo cual, se tomará la decisión más conveniente para garantizar la calidad y eficiencia de la base que se construirá.

**404-2.05.2.Mezclado y Tendido.-** La mezcla de los agregados, cemento y agua, podrá ser realizada en planta o en el camino, de acuerdo con lo determinado en los documentos contractuales. En todo caso, el Fiscalizador no autorizará la iniciación del trabajo antes de que el Contratista haya estudiado y presentado a su aprobación el diseño y fórmula de trabajo en la que se indique la granulometría de los agregados y establezca el contenido de cemento, el contenido de agua para la mezcla y compactación, la densidad mínima y la resistencia mínima a la compresión simple.

- Mezcla en planta: En caso de utilizarse la mezcla en planta, deberá usarse una planta dosificadora-mezcladora provista de tolvas, sistema de dosificación de los agregados, el cemento y el agua, mezcladora de paletas o de tambor, que pueda trabajar por paradas o mezcla continua y con dosificaciones al peso.

La carga de los materiales deberá efectuarse de manera uniforme y el tiempo de la mezcla será de 45 segundos a un minuto, en tal forma que se asegure la distribución completa y uniforme del cemento en toda la mezcla. La cantidad de agua que se incorpore a la mezcla será la necesaria para obtener la humedad óptima para compactación.

La mezcla preparada en la planta será transportada al camino en camiones de volteo, en donde deberá ser distribuida de inmediato por máquinas distribuidoras de base, preferiblemente autopropulsadas, aprobadas por el Fiscalizador, y que sean capaces de colocar la mezcla en el espesor y ancho requeridos y de acuerdo a la sección transversal especificada para proceder a la compactación. Previamente a la distribución de la mezcla, se humedecerá la superficie de la sub-base.

- Mezcla en sitio: El mezclado de los agregados, cemento y agua puede ser realizado también sobre el camino, en cuyo caso se deberá transportar al sitio el agregado grueso que será tendido en una capa de ancho y espesor uniforme a lo largo de la vía, sobre la cual se distribuirá el agregado fino en otra capa uniforme en la proporción necesaria. Estas fracciones de agregados serán mezcladas por medio de máquinas mezcladoras, rastras de discos y motoniveladora, hasta conseguir una mezcla uniforme y de acuerdo con la granulometría especificada. La mezcla será entonces tendida a todo lo ancho de la vía, y sobre ella se distribuirá el cemento necesario, por medio de esparcidores mecánicos si se usa a granel o manualmente si se utiliza cemento en sacos.

El cemento deberá ser distribuido con precisión y uniformidad en la proporción determinada en la fórmula de trabajo preparada por el Contratista y aprobada por el Fiscalizador, con una variación máxima de 5%. Se deberá cuidar que al momento de la distribución del cemento no soplen vientos que impidan la ejecución del trabajo.

Una vez distribuido el cemento, se procederá al mezclado mediante máquinas

mezcladoras o rastras de discos, agregándose simultáneamente el agua necesaria hasta conseguir la humedad óptima; luego se conformará para proceder a la compactación de la capa completa.

La colocación del material de base en zonas limitadas de forma irregular, como intersecciones, islas centrales y divisorias, rampas, etc., podrá ser efectuada con otros métodos de distribución mecánicos o manuales que produzcan los mismos resultados y sean aceptables al Fiscalizador.

Desde el inicio de la colocación de la mezcla de base en la vía, con cualquiera de los métodos empleados, hasta la terminación de la compactación, deberá suspenderse toda circulación de vehículos y equipo que no sea el directamente requerido en cada fase de la obra.

**404-2.05.3.Compactación.-** Una vez completado el tendido y la conformación de la capa de base, deberá procederse a la compactación, la cual será terminada dentro de un lapso máximo de dos horas a partir del mezclado e hidratación final. Al efecto, se utilizarán rodillos lisos de 8 a 12 toneladas, rodillos vibratorios de fuerza de compactación equivalente o mayor, rodillos neumáticos u otro tipo de compactadores aprobados. Si, por alguna razón, la mezcla permanece por más de las dos horas indicadas sin que haya sido compactada, deberá ser removida y desalojada, a costa del Contratista.

Para lograr un curado completo de la capa de base, no se construirá con espesores mayores a 15 centímetros. Si el espesor de la base terminada fuere mayor, la construcción deberá dividirse en capas de espesor aproximadamente igual.

El proceso de compactación será uniforme para el ancho total de la base, iniciándose a los costados de la vía y avanzando hacia el eje central, traslapando en cada pasada de los rodillos la mitad del ancho de la pasada inmediata anterior. Durante este rodillado se continuará humedeciendo levemente el material en todo lo que sea necesario, hasta lograr la compactación total especificada en toda la profundidad de la capa. De obtenerse valores menores a los especificados, el Contratista deberá continuar con el riego de agua y compactación hasta conseguir la densidad necesaria.

Las áreas no accesibles a los rodillos podrán ser compactadas con apisonadores mecánicos o placas vibratorias, en la forma que permita lograr una densidad uniforme igual a la requerida.

Al final de cada jornada, deberá terminarse el trabajo formando una junta de construcción vertical de espesor completo, perpendicular al eje del camino y en todo el ancho. De igual manera se procederá cuando la construcción tenga que ser paralizada por más de dos horas. Esta junta deberá ser inspeccionada y aprobada por el Fiscalizador antes de continuar la colocación del material de base en adelante. En caso de que la construcción de la capa no alcance el ancho total de la vía en cada vez, se deberá formar una junta de construcción longitudinal

con cara vertical, de espesor completo, unos 5 a 10 centímetros adentro del borde de la capa del material colocado. Para continuar con la construcción del ancho faltante y en las demás juntas de construcción, se deberá previamente humedecer el material compactado antes de colocar el resto de material para la base.

**404-2.05.4. Curado.-** Una vez que la base haya sido compactada y se halle terminada, de acuerdo con todos los requerimientos contractuales, deberá protegerse contra el secamiento prematuro mediante la aplicación de un riego de asfalto diluido de curado rápido o de asfalto emulsionado. La cantidad exacta de riego asfáltico será determinada por el Fiscalizador, pero en general será de 0.50 a 0.80 litros por metro cuadrado. Al momento de distribuirse el asfalto, la superficie terminada deberá hallarse húmeda y libre de cualquier material extraño. La circulación vehicular deberá ser prohibida totalmente durante 48 horas por lo menos, después de lo cual, caso de ser imprescindible reabrir el tránsito, el Contratista cubrirá la base con una capa de arena que se la dejará en sitio hasta completar 7 días, para proteger el riego asfáltico, y se permitirá una circulación vehicular restringida y controlada.

Si la base se construye en más de una capa, el curado indicado será empleado en la capa superior. En las capas inferiores se utilizará un curado con agua cubriendo la base con una capa de arena, que se la mantendrá húmeda al menos por 72 horas y se la dejará en sitio hasta completar 7 días, después de lo cual se retirará y barrerá a satisfacción del Fiscalizador, antes de iniciar la colocación de la capa siguiente.

**404-2.06. Medición.-** Las cantidades a pagarse por la base de agregados estabilizados con cemento Portland, serán el volumen ejecutado de la capa de base, la cantidad de cemento empleada en la obra de acuerdo al diseño, y el asfalto empleado para el curado, todo de acuerdo a las estipulaciones contractuales y a las instrucciones del Fiscalizador.

La unidad de medida de la base efectivamente construida bajo estas especificaciones, será el metro cúbico, y el volumen será medido después de la compactación, en base a la longitud construida, medida horizontalmente a lo largo del eje de la vía, y a la sección transversal especificada en los planos y aceptada por el Fiscalizador.

La unidad de medida para el cemento Portland efectivamente utilizado para la estabilización de la base, será la tonelada aceptada en la obra por el Fiscalizador.

La unidad de medida para el asfalto diluido realmente empleado en el riego de curado será el litro, en base a la cantidad indicada por el Fiscalizador y comprobada en sitio.

No se efectuará ningún pago adicional por el agua empleada para la mezcla, compactación y curado, ni por la arena que sea necesario colocar para el curado o para la protección del riego asfáltico.

**404-2.07. Pago.-** Las cantidades determinadas en la forma indicada en el numeral anterior se pagarán a los precios señalados en el contrato para los rubros designados a continuación.

Estos precios y pago constituirán la compensación total por la preparación y suministro de los agregados, mezcla, transporte, distribución, incorporación y mezclado del cemento, tendido, hidratación, conformación, compactación y curado de la capa de base; así como por mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas en la realización completa de los trabajos descritos en esta sección.

<b>Nº del Rubro de Pago y Designación</b>	<b>Unidad de Medición</b>
404-2 (1) Base de agregados estabilizados con cemento Pórtland.....	Metro cúbico (m <sup>3</sup> )
404-2 (2) Suministro y distribución de cemento Pórtland.....	Tonelada (t)
404-2 (3) Suministro y distribución de asfalto para curado.....	Litro (l)

#### **404-3. Base de Agregados Estabilizados con Cal.**

**404-3.01. Descripción.-** Este trabajo consistirá en la construcción de capas de base de agregados, estabilizadas con cal hidratada y agua, colocadas sobre una sub-base previamente preparada y aprobada, y de conformidad con los alineamientos y sección transversal especificada en los planos contractuales. Se llevará a cabo para mejorar las características mecánicas de los agregados en caso de que no cumplan con los requisitos especificados en el numeral 404-1.02, para la Base de agregados.

**404-3.02. Materiales.-** Los agregados por emplear serán los especificados para bases clase 3 o clase 4, y deberán cumplir los requisitos de granulometría correspondientes a ellos, según lo indicado en el numeral 404-1.02.

La cal hidratada deberá cumplir con las exigencias anotadas en la subsección 815-3 y el agua debe satisfacer los requisitos de la Sección 804.

**404-3.03. Equipo.-** El Contratista deberá disponer de todo el equipo necesario para la construcción de la base estabilizada con cal, que será como mínimo el establecido en el numeral 404-2.03.

El equipo deberá ser aprobado por el Fiscalizador antes de su utilización en la obra.

**404-3.04. Ensayos y Tolerancias.-** Los ensayos que deberán efectuarse para el control de los materiales y de la construcción serán los establecidos en el numeral, 404-2.04, con excepción del contenido de cemento en la mezcla, que

será reemplazado por los ensayos especificados para determinar el contenido de la cal en el numeral 402-3.04.

Asimismo, las tolerancias admitidas para la construcción serán las mismas establecidas en el numeral 404-2.04, para la base estabilizada con cemento Portland.

**404-3.05. Procedimiento de trabajo.-** Los procedimientos de trabajo a emplearse serán los especificados para la base de agregados, estabilizada con cemento Portland, en el numeral 404-2.05.1, y además podrá emplearse el método húmedo de distribución de la cal indicado en el numeral 402-3.05.2, para luego continuar con el mezclado, tendido, compactación y curado ya especificados.

En forma previa a la construcción total de la base, se deberá realizar un tramo de prueba, de conformidad con lo indicado en el numeral 404-2.05.

**404-3.06. Medición.-** Las cantidades a pagarse por la construcción de la base de agregados estabilizada con cal, serán el volumen de la capa de base y el peso de la cal realmente utilizada en la obra, de acuerdo con las estipulaciones del contrato y las instrucciones del Fiscalizador.

La unidad de medida de la base efectivamente construida bajo estas especificaciones, será el metro cúbico, y el volumen será medido después de la compactación, en base a la longitud construida, medida horizontalmente a lo largo del eje de la vía y a la sección transversal especificada en los planos y aceptada por el Fiscalizador.

La unidad de medida para la cal efectivamente utilizada para la estabilización de la base, será la tonelada aceptada en la obra por el Fiscalizador.

No se efectuará ninguna medida adicional ni se efectuará ningún pago por el agua empleada para la mezcla, compactación y curado, ni por el asfalto y arena que eventualmente pudieran utilizarse para este tipo de curado.

**404-3.07. Pago.-** Las cantidades determinadas en la forma indicada en el numeral anterior se pagarán a los precios señalados en el contrato para los rubros designados a continuación.

Estos precios y pago constituirán la compensación total por la preparación y suministro de los agregados, mezcla, transporte, distribución; incorporación y mezclado de la cal, tendido, hidratación, conformación, compactación y curado de la capa de base; así como por mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas en la realización completa de los trabajos descritos en esta sección.

**Nº del Rubro de Pago y Designación**

**Unidad de Medición**

- 404-3 (1) Base de agregados estabilizada con cal.....Metro cúbico (m<sup>3</sup>)  
 404-3 (2) Suministro y distribución de cal hidratada.....Tonelada (t)

#### **404-4. Base de Hormigón Asfáltico Mezclado en Sitio.**

**404-4.01. Descripción.-** Este trabajo consistirá en la construcción de capas de base de hormigón asfáltico mezclado en el camino, colocadas sobre una sub-base previamente preparada y aceptada y de conformidad con los alineamientos, pendientes y sección transversal establecidas en los planos contractuales.

**404-4.02. Materiales .-** El tipo de material bituminoso que se utilizará generalmente para este trabajo será asfalto diluido o emulsiones asfálticas, a menos que en el contrato se especifique un tipo diferente. El asfalto diluido y la emulsión asfáltica deberán cumplir los requisitos establecidos en el numeral 810.3 y 810.4 respectivamente, según el tipo y grado de material bituminoso que se utilice.

Los agregados serán obtenidos por medio de trituración o cribado de piedras fragmentadas naturalmente o de gravas. Los agregados a utilizar serán limpios, sólidos y resistentes, libres de materiales orgánicos, arcillas u otras materias extrañas. Cuando la mezcla se realice con asfalto diluido los agregados deberán estar completamente secos.

El porcentaje de desgaste por abrasión de los agregados será menos del 40% según la Norma INEN 860.

El equivalente de arena se realizará en los agregados pasantes por el tamiz INEN 4.75 mm. Tendrá un valor mínimo de 35% según Norma ASTM D2419.

La porción de agregados que pasa el tamiz INEN 0.425 mm (No 40), deberá tener un índice de plasticidad menor a 4, según lo establecido en las normas INEN 691 y 692.

El máximo porcentaje en peso de partículas alargadas y achatadas retenidas en el tamiz INEN 4.75mm cuya relación entre las dimensiones máximas y mínimas mayor que 5, no deberá ser mayor de un 10% según la Norma ASTM D4791.

Los agregados gruesos retenidos en el tamiz INEN 4.75 mm deben tener cierta angularidad, debiendo contener al menos el 75% en peso de elementos triturados que contengan dos o más caras fracturadas según la Norma ASTM D5821.

La granulometría se hallará entre los límites de cualquiera de los tipos A, B, y C indicados en la tabla 404-4.1.

#### **Tabla 404-4.1**



TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada		
	A	B	C
2" (50.8 mm.)	100	--	--
1 1/2" (38.1 mm.)	70 – 100	100	--
1" (25.4 mm.)	55 – 85	70 – 100	100
3/4" (19.0 mm.)	50 – 80	60 - 90	70 - 100
3/8" (9.5 mm.)	40 – 70	45 - 75	50 - 80
Nº 4 (4.75 mm.)	30 – 60	30 - 60	35 - 65
Nº 10 (2.00 mm.)	20 – 50	20 - 50	25 - 50
Nº 40 (0.425 mm.)	5 - 30	5 - 30	10 - 30
Nº 200 (0.075 mm.)	0 - 5	0 - 5	0 - 5

**404-4.03. Equipo.-** El equipo que utilice el Contratista para la construcción de la base de hormigón asfáltico mezclado en sitio será el establecido en el numeral 405-4.03.

**404-4.04. Ensayos y Tolerancias.-** La calidad del material asfáltico y los agregados deberán cumplir con los requisitos indicados en el numeral 404-4.02. La mezcla asfáltica debe satisfacer los requisitos recogidos en la tabla 404-4.2 a 25°C.

**TABLA 404-4.2**

ESTABILIDAD	FLUJO
MARSHALL	(1/100")
750 lbs. min.	5-18

Las tolerancias para la utilización de la fórmula maestra en obra, serán los establecidos en el numeral 405.5.04.

Las tolerancias para el acabado de superficie serán los establecidos en el numeral 405.5.04.

**404-4.05. Procedimientos de trabajo.-** Los procedimientos que se utilicen para la fórmula maestra de obra, el mezclado y esparcimiento y la compactación, serán idénticos a los especificados para esta clase de trabajos en el numeral 405-4.05.

**404-4.06. Medición.-** Las cantidades a pagarse por la construcción de la base de hormigón asfáltico mezclado en sitio serán el número de metros cúbicos de la mezcla, efectivamente puesta en obra y aceptada, medida en su lugar después de la compactación, más el número de litros o toneladas de material bituminoso realmente incorporados a la mezcla de acuerdo con los requerimientos contractuales.

El cómputo del volumen se efectuará en base a la longitud de la capa de base terminada, medida horizontalmente a lo largo del eje de la vía, y a la sección transversal establecida en los planos o especificada por el Fiscalizador.

El cómputo de la cantidad del material bituminoso empleado se efectuará reduciendo el volumen empleado a la correspondiente temperatura de aplicación, al volumen a 15.6 °C, de acuerdo con los datos constantes en la subsección 810-5 y con el tipo y grado de asfalto correspondiente.

**404-4.07. Pago.-** Las cantidades determinadas en la forma indicada en el numeral anterior, serán pagadas a los precios señalados en el contrato para los rubros siguientes.

Estos precios y pago constituirán la compensación total por el suministro y transporte del material bituminoso, la preparación y suministro de los agregados, la mezcla en sitio del hormigón asfáltico para la base, la distribución, conformación y compactación de la mezcla, la limpieza de la superficie que recibirá el hormigón asfáltico; así como por mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas, necesarias para el completamiento de los trabajos descritos en esta sección.

N° del Rubro de Pago y Designación	Unidad de Medición
404-4 (1) Capa de base de hormigón asfáltico mezclado en sitio.....	Metro cúbico (m <sup>3</sup> )
404-4 (2) Asfalto tipo....., grado....., para base asfáltica.....	Litro (l)

#### **404-5. Bases de Hormigón Asfáltico Mezclado en Planta.**

**404-5.01. Descripción.-** Este trabajo consistirá en la construcción de capas de base de hormigón asfáltico mezclado en planta central, colocadas sobre una sub-base previamente preparada y aceptada, y de conformidad con los alineamientos, pendientes y sección transversal establecidas en los planos contractuales.

**404-5.02. Materiales .-** Serán los especificados en la subsección 405-5.02, además se permitirá que la granulometría de los áridos se conforme de acuerdo a lo especificado en la tabla 404-5.1, Cuando se la haga en frío se utilizará asfalto diluido o emulsiones asfálticas conforme a lo requerido en el proyecto y

siguiendo la metodología de diseño de los manuales MS-19 y MS-21 del Instituto del Asfalto.

**404-5.03. Equipo.-** El equipo que utilice el Contratista para la construcción de la base de hormigón asfáltico mezclado en planta en caliente será el establecido en el numeral 405-5.03. Cuando la mezcla se haga en frío, el equipo a utilizarse será el establecido en la subsección 405-5(E).

**404-5.04. Ensayos y Tolerancias.-** Los ensayos que se deberán llevar a cabo para la comprobación de la calidad y condiciones de los materiales y del trabajo serán los indicados en el numeral 405-5.04.

Las tolerancias para la utilización de la fórmula maestra de obra, serán también las establecidas en el numeral antes indicado.

Las tolerancias para el acabado de la superficie y para los espesores serán las establecidas en el numeral 405-5.04.

**404-5.05. Procedimientos de trabajo.-** Los procedimientos a utilizar para la fórmula maestra de obra, la dosificación y mezclado, la distribución y la compactación, serán idénticos a los especificados en el numeral 405-5.05.

**Tabla 404-5.1.**

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través los tamices de malla cuadrada		
	A	B	C
2" (50.8 mm.)	100	--	--
1 1/2" (38.1 mm.)	90 - 100	100	--
1" (25.4 mm.)	--	90 - 100	100
3/4" (19.0 mm.)	56 - 80	-- 90 - 100	
1/2" (12.5 mm.)	--	56 - 80	--
3/8" (9.5 mm.)	--	-- 56 - 80	
Nº 4 (4.75 mm.)	23 - 53	29 - 59	35 - 65
Nº 8 (2.36 mm.)	15 - 41	19 - 45	23 - 49
Nº 50 (0.30 mm.)	4 - 16	5 - 17	5 - 19
Nº 200 (0.075 mm.)	0 - 6	1 - 7	2 - 8

**404-5.06. Medición.-** Las cantidades a pagarse por la construcción de las bases de hormigón asfáltico mezclado en planta, serán los metros cuadrados de mezcla efectivamente puestos en obra y aceptados, medidos en su lugar después de la compactación. La medición se efectuará en base a la longitud de la capa de base terminada, medida horizontalmente a lo largo del eje de la vía, y a la sección

transversal establecida en los planos.

La medición para el pago podrá también ser efectuada en toneladas de mezcla efectivamente usada para la construcción de la base asfáltica de acuerdo con los planos, especificaciones y más estipulaciones contractuales. En este caso, se computarán para el pago las toneladas pesadas y transportadas en los volquetes.

En todo caso, la forma de pago estará determinada en el contrato, sea en toneladas de hormigón suelto, metros cúbicos o metros cuadrados de base compactada.

**404-5.07. Pago.-** Las cantidades determinadas en cualquiera de las formas establecidas en el numeral anterior, serán pagadas a los precios señalados en el contrato para los rubros siguientes.

Estos precios y pago constituirán la compensación total por el suministro de los agregados y el asfalto, la preparación en planta en caliente del hormigón asfáltico, el transporte de los agregados y mezcla, la distribución, terminado y compactación de la mezcla, la limpieza de la superficie que recibirá el hormigón asfáltico; así como por mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas, necesarias para el completamiento de los trabajos descritos en esta sección.

N° del Rubro de Pago y Designación	Unidad de Medición
404-5 Capa de base de hormigón asfáltico mezclado en planta.....	Metro cuadrado (m <sup>2</sup> )
404-5 Capa de base de hormigón asfáltico mezclado en planta.....	Tonelada (t)

#### **404-6. Base de Suelo - Cemento.**

**404-6.01. Descripción.-** Este trabajo consistirá en la construcción de capas de base compuestas de una mezcla de suelo, cemento Portland y agua, que pueden ser preparadas en sitio con el suelo de la subrasante, o en una planta central, para ser colocadas sobre la subrasante o una sub-base previamente construida. En todo caso, la capa de base de suelo - cemento será construida de conformidad con los alineamientos, pendientes y sección transversal establecida en los planos contractuales.

**404-6.02. Materiales.-** Para este trabajo se utilizará el suelo de la subrasante construida directamente de la excavación o con suelos provenientes de préstamos, o suelos provenientes de fuentes aprobadas, según el caso, combinados con cemento Portland y agua, de acuerdo con los requerimientos del diseño.

Los suelos que se utilicen podrán ser limo-arcillosos puros o mezclados con arenas o gravas, que cumplan los requisitos de calidad especificados en la

subsección 815-2 y cuya granulometría se hallará dentro de los límites indicados en la Tabla 404-6.1.

El cemento que se utilice para la mezcla será Portland tipo I o tipo II, que cumpla con los requisitos de la Sección 802.

El agua que se utilice, tanto para la hidratación de la mezcla, como para mantener la humedad del curado, deberá cumplir con los requisitos señalados en la Sección 804.

**404-6.03. Equipo.-** El contratista deberá disponer, en la obra, de todo el equipo necesario autorizado por el Fiscalizador, y en perfectas condiciones de trabajo. Por lo general, el equipo mínimo necesario, según el procedimiento de construcción, constará de motoniveladoras con escarificador, mezcladoras móviles o planta mezcladora central, distribuidores mecánicos para la mezcla preparada en planta o para el cemento, tanqueros para agua, volquetas, rodillos pata de cabra, lisos y neumáticos. También pueden utilizarse plantas mezcladoras portátiles cuyo trabajo es similar a la planta central.

**Tabla 404-6.1.**

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada	
	Mezcla en Sitio	Mezcla en planta
3/4" (19.0 mm.)	100	100
Nº 4 (4.75 mm.)	---	40 - 75
Nº 10 (2.00 mm.)	30 - 70	30 - 50
Nº 40 (0.425 mm.)	--	15 - 35
Nº 200 (0.075 mm.)	5 - 25	5 - 15

**404-6.04. Ensayos y Tolerancias.-** La aceptabilidad de los suelos a emplearse en bases de suelo-cemento se comprobará por medio de la clasificación especificada en AASHTO M-145 y los siguientes ensayos:

Análisis mecánico	INEN 696
Límite líquido	INEN 691
Límite e índice plásticos	INEN 692
Factores de contracción	AASHTO T-92

La calidad de la construcción deberá ser controlada por medio de los siguientes

ensayos:

Densidad máxima y humedad óptima: Ensayo AASHTO T-134.

Densidad de campo: Ensayo AASHTO T-147, AASHTO T-191, AASHTO T-205 o usando equipo nuclear debidamente calibrado.

Contenido de cemento en la mezcla: Ensayo AASHTO T-144.

Ensayo de compresión en cilindros, para determinar un mínimo valor de resistencia a la compresión simple de  $18 \text{ Kg/cm}^2$ .

El promedio de espesor de la base terminada deberá ser igual o mayor que el espesor indicado en los planos, y en ningún punto el espesor deberá variar en más de un centímetro de lo especificado.

Las cotas de la superficie terminada no podrán variar en más de 1.5 centímetros de las cotas establecidas. Además se comprobarán los perfiles longitudinales y transversales con una regla de 3.0 metros de largo colocándola respectivamente en un ángulo recto y paralelamente al eje del camino. La separación entre la regla y la superficie no deberá exceder de 1 centímetro.

Luego de la compactación final de la base, el Fiscalizador comprobará el espesor y la densidad de la misma a intervalos de aproximadamente 100 metros lineales, a cada lado del eje del camino. Los puntos para los ensayos serán seleccionados por el Fiscalizador, al azar, de manera tal que se evite una distribución regular de los mismos. Cuando una medición señale una variación del espesor indicado en los planos, mayor que la admitida por la tolerancia ya mencionada, o cuando el ensayo de densidad indique un valor más del dos por ciento por debajo del valor especificado, se efectuarán las mediciones adicionales que el Fiscalizador considere necesarias para definir la extensión de la zona deficiente, y que deberá ser corregida.

Si el espesor sobrepasa lo estipulado, mientras la cota de la superficie esté dentro del límite superior de la tolerancia arriba mencionada, no será necesario corregir el espesor; tampoco será necesario corregirlo cuando el espesor sea menor de lo estipulado y la cota de la superficie esté por debajo del límite inferior de la tolerancia especificada arriba, siempre y cuando la capa de base tenga un espesor de 10 centímetros o más y la capa de rodadura sea de hormigón asfáltico u hormigón de cemento Portland, debiendo compensarse el espesor faltante con esta capa de rodadura hasta la rasante prevista.

Cualquier área de espesor inaceptable deberá corregirse a costo del Contratista y de acuerdo con las instrucciones del Fiscalizador; luego, se deberá conformar y compactar la zona corregida conforme a estas especificaciones y a los documentos contractuales. Igual procedimiento deberá seguirse en el caso de áreas en que la densidad registrada sea menor del 95% de la densidad máxima establecida por el Fiscalizador.

En caso de que las mediciones de espesor y los ensayos de densidad sean efectuados por medio de perforación de agujeros en la capa base, el Contratista deberá rellenar los orificios con el mismo material de suelo-cemento debidamente compactado, en forma satisfactoria al Fiscalizador. No se efectuará ningún pago directo por estos trabajos, si fuere necesario realizarlos.

**404-6.05. Procedimientos de trabajo.-** Antes de iniciar la construcción de la base de suelo - cemento, la subrasante o la sub-base, según el caso, deberá estar terminada de acuerdo a las estipulaciones contractuales correspondientes. Esta superficie deberá ser humedecida uniformemente, a satisfacción del Fiscalizador, inmediatamente antes de la colocación de los materiales para la capa de base, excepto en el caso de mezcla en sitio utilizando el mismo suelo de la subrasante, que es preferible prepararla con baja humedad.

El Fiscalizador no autorizará la iniciación de ningún trabajo de base, antes de que el Contratista estudie y someta a su consideración la fórmula maestra de obra en la cual determinará el contenido de cemento en la mezcla, el contenido de agua, la densidad máxima que se obtendrá y el valor de la resistencia a la compresión simple. Cuando todos los datos de construcción se hallen aprobados, se deberá construir un tramo de prueba de más de dos kilómetros de longitud conveniente, el cual deberá ser observado y revisado cuidadosamente antes de que el Fiscalizador autorice la ejecución definitiva de la base.

**404-6.05.1. Mezcla en sitio.-** Cuando se trata de la construcción de una capa base de suelo-cemento aprovechando del suelo de subrasante en sitio, deberá escarificarse y pulverizarse el suelo por medio de una pulverizadora rotatoria de paletas (pulvi-mixer) u otro equipo aprobado por el Fiscalizador, hasta que el 50% en peso seco del suelo, excepto cualquier grava o piedra, pase por el tamiz N° 4 (4.75 mm.). El Contratista deberá desechar cualquier grava o piedra de tamaño en exceso, además de los materiales que el Fiscalizador considere inadecuados.

El suelo pulverizado deberá ser manipulado hasta que esté uniformemente suelto y pulverizado y hasta que el porcentaje de humedad del suelo se halle dentro del 2% del porcentaje de humedad especificada para la mezcla suelo-cemento.

Se aplicará luego la cantidad de cemento Portland establecida en la fórmula de trabajo preparada por el Contratista y autorizada por el Fiscalizador. Por lo general, el porcentaje de cemento a agregarse estará entre el 5 y el 12 por ciento del peso del suelo seco, según la naturaleza del suelo. El cemento se distribuirá uniformemente sobre el suelo pulverizado en una sola operación, en forma manual o mediante esparcidores mecánicos.

La cantidad de cemento que se distribuya por metro lineal no deberá variar en más del cinco por ciento de la cantidad especificada, de acuerdo a la determinación del Fiscalizador.

En la operación manual se distribuirán los sacos de cemento con el espaciamiento transversal y longitudinal necesario para obtener el porcentaje especificado. Cada saco será vaciado en montón en su posición fijada, y luego los montones serán aplanados manualmente con rastrillos planos o con una rastra plana tirada por un tractor liviano. No se permitirá el empleo de motoniveladora para esparcir el cemento.

También podrá distribuirse el cemento seco desde tanqueros o volquetes equipados con esparcidores mecánicos que permitan una distribución uniforme sobre el ancho de la capa o camellón de material preparado para recibir el cemento. No se permitirá la descarga desde volquetes que no cuenten con un tipo de esparcidor aprobado.

Los volquetes que transporten cemento a granel deberán ser cubiertos con una lona, la que se mantendrá inclusive durante la operación de distribución para evitar en lo posible el exceso de polvo. Se deberá hacer un riego ligero de agua o tomar otras medidas apropiadas para evitar que el viento se lleve el cemento. En todo caso no se permitirá la distribución del cemento seco mientras soplen vientos que impidan la ejecución de los trabajos.

Después de haberse terminado la distribución del cemento, ningún equipo que no sea el aprobado para la construcción del suelo-cemento deberá atravesar el material tratado.

Una vez que se haya terminado la distribución del cemento, se procederá al mezclado, humedecimiento, esparcido, conformación y compactación de los materiales, hasta que se logre una mezcla uniforme que tenga el perfil y la densidad especificados, además del espesor y ancho de capa requeridos. La mezcla del suelo, el cemento y el agua deberá hacerse con mezcladoras rotatorias o una máquina mezcladora que requiera una sola pasada para mezclar el material en franja o en camellón. La pulverización del suelo deberá ser tal que cumpla con los requisitos indicados en la tabla 404-6.1.

**404-6.05.2.Mezcla en planta.-** El suelo, el cemento y el agua serán combinados y mezclados uniformemente en una planta central tipo mezcla por paradas o tipo mezcla continua, de acuerdo a la fórmula maestra de obra que deberá estudiar el Contratista y aprobar el Fiscalizador. Dicha planta deberá estar equipada con tolvas de almacenaje, un sistema exacto para dosificación de materiales a base de peso o de volumen, tanque y bomba de agua, y mezcladora ya sea del tipo de tambor o de paletas. Se añadirá durante el mezclado la cantidad de agua requerida para obtener el porcentaje de humedad óptimo en la mezcla esparcida para su compactación.

Inmediatamente antes de la colocación de la mezcla se humedecerá la superficie de la subrasante o sub-base previamente terminada, y luego, la mezcla será transportada en volquetes al camino, y se colocará de manera uniforme mediante distribuidoras mecánicas aprobadas por el Fiscalizador, en tal forma que la capa terminada tenga ancho, alineamientos y espesor especificados.



La colocación de material de base en zonas pequeñas e irregulares como intersecciones, islas centrales y divisorias, rampas y en cualquier lugar inaccesible al equipo de distribución, podrá llevarse a cabo manualmente en una o más capas y cuidando de obtener los resultados especificados.

**404-6.05.3.Compactación.-** Cuando se haya logrado una mezcla uniforme con el contenido de cemento especificado y la humedad óptima, el material deberá ser conformado y compactado hasta que se obtenga la densidad estipulada y una superficie uniforme de conformidad con las alineaciones, pendientes y sección transversal típica especificadas. En ningún caso deberá prolongarse la compactación final más de dos horas después de comenzado el mezclado, y en el caso de que por alguna razón la mezcla no haya sido compactada dentro del lapso indicado, será removida y retirada, a costa del Contratista.

Para seguir un óptimo curado, la distribución y compactación deberán efectuarse con un espesor máximo de 15 centímetros. Si el espesor de la capa especificada es mayor de 15 centímetros, el mezclado y compactación deberá efectuarse en capas de espesor aproximadamente iguales y que no pasen de 15 centímetros.

La compactación inicial deberá hacerse con compactadoras tipo pata de cabra, excepto cuando se trata de suelos granulares no plásticos, seguidas por compactadoras de ruedas neumáticas, rodillos lisos u otro equipo que cumpla los requisitos especificados. Para lograr la compactación requerida, puede presentarse la necesidad de aflojar la mezcla con una rastra de dientes o equipo similar, durante el proceso de compactación inicial con pata de cabra.

La compactación deberá continuarse hasta obtener por lo menos el 95% de la máxima densidad obtenida según el ensayo AASHTO T-134, de la mezcla suelo-cemento. Las áreas no accesibles a los rodillos deberán ser compactadas a la densidad estipulada por otros medios aceptables al Fiscalizador.

La superficie terminada deberá ser lisa, densa y húmeda, libre de corrugaciones o grietas. Para lograr tal objeto y para asegurar que no existan capas aisladas donde la capa no sea homogénea, la conformación final con motoniveladora deberá ser acompañada de una escarificación superficial con una rastra de dientes u otro equipo similar. Después se dará el acabado final a la capa, perfilando la superficie con motoniveladora y compactándola con un rodillo neumático. Generalmente será necesario efectuar un riego ligero con agua durante el proceso de conformación y compactación finales.

Al final de cada jornada, se deberá hacer una junta de construcción vertical en todo el espesor de la capa compactada, perpendicular al eje del camino. El Fiscalizador deberá indicar su aprobación de la junta construida antes de continuar con la colocación de la base en adelante. Si es necesario construir la base en franjas menores al ancho total de la calzada, se deberá construir una junta longitudinal vertical en todo el espesor de la capa estabilizada, aproximadamente 5-10 centímetros adentro del material tratado. El material tratado que se remueva

para hacer esta junta podrá incorporarse en el tramo que se establezca al lado. Por ningún motivo se dejarán mezclas en el camino que deban ser tendidas y compactadas en la siguiente jornada de trabajo.

Deberá ponerse especial atención para que la base en la proximidad de una junta cumpla plenamente con todos los requisitos correspondientes.

**404-6.05.4. Curado.-** Una vez que la base haya sido terminada de acuerdo a lo previsto en los documentos contractuales, será protegida contra el secamiento prematuro por uno de los métodos que a continuación se indica, con la salvedad de que el curado con material asfáltico se empleará solamente para la capa superior si la estabilización se realiza en más de una capa. Durante el tiempo de curado indicado quedará totalmente prohibida la circulación de vehículos o equipos, a excepción de los tanqueros o distribuidores necesarios para la hidratación o sellado de la superficie.

- a) Curado con tierra: La base será cubierta con una capa de tierra de 5 centímetros de espesor mínimo, que se deberá mantener humedecida en forma continua por un tiempo de 72 horas y que permanecerá en el sitio al menos durante 7 días, después de los cuales el material será retirado y la superficie de la base barrida a satisfacción del Fiscalizador.
- b) Curado con material asfáltico: La superficie de la base será cubierta con uno o más riegos de asfalto diluido o de asfalto emulsionado, a razón de 0.50-0.80 litros por metro cuadrado en total; el tipo de asfalto a emplearse y la cantidad exacta deberán ser determinados en el contrato o establecidos por el Fiscalizador.

Al momento de distribuirse el asfalto, la superficie deberá estar húmeda y libre de cualquier material suelto o extraño. El Contratista evitará la circulación de vehículos sobre la capa de suelo - cemento hasta que se haya curado por lo menos 7 días.

**404-6.06. Medición.-** Las cantidades a pagarse por la construcción de capas de base de suelo - cemento serán el volumen de la capa estabilizada en sitio o de la capa mezclada en planta y colocada sobre la subrasante o la sub-base, más la cantidad del cemento incorporado en la mezcla de la base, de acuerdo con las estipulaciones contractuales y las instrucciones del Fiscalizador. En caso de utilizarse material bituminoso para el curado de la capa superior, se medirá también su volumen para el pago.

La unidad de medida de la base efectivamente construida será el metro cúbico y el volumen será computado después de la compactación, en base a la longitud construida, medida horizontalmente a lo largo del eje del camino, y a la sección transversal especificada en los planos y aceptada por el Fiscalizador.

La unidad de medida para el cemento efectivamente utilizado para la construcción de la base suelo - cemento, será la tonelada aceptada en la obra por

el Fiscalizador.

La unidad de medida para el asfalto efectivamente utilizado para la curación de la capa superior, será el litro.

No serán motivo de pago ni el agua empleada para la mezcla y compactación ni para el curado, ni tampoco la arena que pueda emplearse para el secado del material bituminoso; tampoco serán motivo de pago ni los trabajos ni los materiales empleados para el curado con tierra; por lo tanto, todos estos materiales no se medirán para el pago.

**404-6.07. Pago.-** Las cantidades determinadas en la forma indicada en el numeral anterior se pagarán a los precios señalados en el contrato para los rubros designados a continuación.

Estos precios y pago constituirán la compensación total por la escarificación, pulverización, mezclado, hidratación, regado, conformación, compactación y curado de la base de suelo - cemento; preparación y suministro del suelo, suministro, transporte y distribución del cemento; así como por mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas en la ejecución completa de los trabajos descritos en esta sección .

<b>Nº del Rubro de Pago y Designación</b>	<b>Unidad de Medición</b>
404-6 (1) Base de Suelo – Cemento.....	Metro cúbico (m <sup>3</sup> )
404-6 (2) Suministro y distribución de cemento Pórtland.....	Tonelada (t)
404-6 (3) Suministro y distribución de asfalto para curado.....	Litro (l)

## SECCION 405. CAPAS DE RODADURA.

### 405-1. Riego de Imprimación.

**405-1.01. Descripción.-** Este trabajo consistirá en el suministro y distribución de material bituminoso, con aplicación de asfalto diluido de curado medio, o de asfalto emulsificado sobre la superficie de una base o subbase, que deberá hallarse con los anchos, alineamientos y pendientes indicados en los planos. En la aplicación del riego de imprimación está incluida la limpieza de la superficie inmediatamente antes de dicho riego bituminoso.

Comprenderá también el suministro y distribución uniforme de una delgada capa de arena secante, si el Fiscalizador lo considera necesario, para absorber excesos en la aplicación del asfalto, y proteger el riego bituminoso a fin de permitir la circulación de vehículos o maquinaria, antes de colocar la capa de rodadura.

**405-1.02. Materiales.-** El material bituminoso estará constituido por asfalto diluido o emulsiones asfálticas cuyo tipo será fijado en las disposiciones especiales del contrato. La calidad del asfalto diluido deberá cumplir los requisitos determinados en la subsección 810-3 de estas especificaciones. Las emulsiones asfálticas serán de rotura lenta y cumplirán con lo especificado en la subsección 810-4

Durante las aplicaciones puede presentarse la necesidad de cambiar el grado del asfalto establecido en las disposiciones generales, para dar mayor eficiencia al riego de imprimación. En este caso, el Fiscalizador podrá disponer el cambio hasta uno de los grados inmediatamente más próximos, sin que haya modificación en el precio unitario señalado en el Contrato. Sin embargo, no deberá permitir el uso de mezclas heterogéneas en los asfaltos diluidos.

De ser necesaria la aplicación de la capa de secado, ésta será constituida por arena natural o procedente de trituración, exenta de polvo, suciedad, arcilla u otras materias extrañas y que cumpla cualquiera de las granulometrías para capa de sello indicadas en la subsección 405-6 de estas especificaciones. La arena deberá hallarse preferentemente seca, aunque podrá tolerarse una ligera humedad, siempre que sea menor al dos por ciento de su peso seco.

**405-1.03. Equipo.-** El Contratista deberá disponer del equipo necesario para la ejecución de este trabajo, el cual deberá ser aprobado por el Fiscalizador.

El equipo mínimo deberá constar de una barredora mecánica, un soplador incorporado o aparte y un distribuidor de asfalto a presión autopropulsado.

El distribuidor de asfalto a presión estará montado sobre neumáticos y provisto de una rueda adicional para accionar el tacómetro que permita un permanente control de operador al momento de la aplicación. El riego asfáltico se efectuará

mediante una bomba de presión con fuerza motriz independiente, a fin de poder regularla con facilidad; el asfalto será aplicado uniformemente a través de una barra provista de boquillas que impidan la atomización. El tanque del distribuidor dispondrá de sistema de calentamiento regulado con recirculación para mantener una temperatura uniforme en todo el material bituminoso. El distribuidor deberá estar provisto además de un rociador manual.

**405-1.04. Procedimientos de trabajo.-** El riego de imprimación podrá aplicarse solamente si la superficie cumple con todos los requisitos pertinentes de densidad y acabado. Inmediatamente antes de la distribución de asfalto deberá ser barrida y mantenerse limpia de cualquier material extraño; el Fiscalizador podrá disponer que se realice un ligero riego de agua antes de la aplicación del asfalto.

**405-1.04.1. Distribución del material bituminoso.-** El asfalto para imprimación será distribuido uniformemente sobre la superficie preparada, que deberá hallarse seca o ligeramente húmeda. La distribución se efectuará en una longitud determinada y dividiendo el ancho en dos o más fajas, a fin de mantener el tránsito en la parte de vía no imprimada. Será necesario tomar las precauciones necesarias en los riegos, a fin de empalmar o superponer ligeramente las uniones de las fajas, usando en caso de necesidad el rociador manual para retocar los lugares que necesiten.

Para evitar superposición en los empalmes longitudinales, se colocará un papel grueso al final de cada aplicación, y las boquillas del distribuidor deberán cerrarse instantáneamente al terminar el riego sobre el papel. De igual manera, para comenzar el nuevo riego se colocará el papel grueso al final de la aplicación anterior, para abrir las boquillas sobre él y evitar el exceso de asfalto en los empalmes. Los papeles utilizados deberán ser desechados.

El Contratista deberá cuidar que no se manche con la distribución asfáltica las obras de arte, bordillos, aceras o árboles adyacentes, todo lo cual deberá ser protegido en los casos necesarios antes de proceder al riego. En ningún caso deberá descargarse el material bituminoso sobrante en canales, ríos o acequias.

La cantidad de asfalto por aplicarse será ordenada por el Fiscalizador de acuerdo con la naturaleza del material a imprimirse y al tipo de asfalto empleado. Cuando se use asfalto diluido de curado medio la cantidad estará entre límites de 1.00 a 2.25 litros por metro cuadrado, cuando se use un asfalto emulsificado SS-1, SS-1h, CSS-1 o CSS-1h variara entre 0.5 y 1.4 l/m<sup>2</sup> (De acuerdo al Manual Instituto del Asfalto), los valores exactos de aplicación serán determinados por el ingeniero fiscalizador. La distribución no deberá efectuarse cuando el tiempo esté nublado, lluvioso o con amenaza de lluvia inminente. La temperatura de aplicación estará en concordancia con el grado del asfalto, de acuerdo con lo especificado en la Sección 810.

Cuando la cantidad de aplicación y el tipo de material lo justifiquen, la distribución deberá dividirse en dos aplicaciones para evitar la inundación de la

superficie.

**405-1.04.2. Aplicación de la arena.-** La colocación de una capa de arena sobre el riego de imprimación no es necesaria en todos los casos; es preferible que la cantidad de asfalto establecida para la imprimación, sea absorbida totalmente en la superficie. Sin embargo, hay ocasiones en que el asfalto no ha sido absorbido completamente en 24 horas, en cuyo caso se deberá distribuir sobre la superficie una delgada capa de arena para proteger la penetración, sobre todo si hay necesidad de permitir el tránsito o impedir posibles daños por lluvias, y para absorber el exceso de asfalto.

La arena deberá distribuirse uniformemente en la superficie por cubrir, de acuerdo con lo dispuesto por el Fiscalizador. No se permitirá la formación de corrugaciones en el material de secado ni se deberán dejar montones de arena sobre la capa; el Contratista estará obligado a mantener la superficie cubierta en condición satisfactoria hasta que concluya la penetración y secado, luego de lo cual deberá remover y retirar la arena sobrante.

**405-1.04.3. Circulación de vehículos.-** No deberá permitirse el tránsito sobre una capa de imprimación mientras no se haya completado la penetración del asfalto distribuido en la superficie. Sin embargo, en casos en que sea absolutamente necesario permitir la circulación de vehículos, se deberá esperar al menos cuatro horas desde el regado del asfalto para cubrirlo con la capa de arena y autorizar luego el tránsito con una velocidad máxima de 20 Km/h. a fin de evitar que el asfalto se adhiera a las llantas y se pierda la imprimación. De todas maneras, todas las zonas deterioradas por falta o exceso de asfalto deberán corregirse oportunamente, con tiempo suficiente, antes de proceder a construir las capas superiores de pavimento. El Fiscalizador deberá determinar en cada caso el tiempo mínimo en que la superficie se mantendrá imprimada antes de cubrirla con la capa siguiente.

**405-1.05. Medición.-** Para efectuar el pago por el riego de imprimación deberán considerarse separadamente las cantidades de asfalto y de arena realmente empleadas y aceptadas por el Fiscalizador.

La unidad de medida para el asfalto será el litro y la medición se efectuará reduciendo el volumen empleado a la temperatura de la aplicación, al volumen a 15.6 °C. Las tablas de reducción y conversión al peso se encuentran en la subsección 810-5.

La cantidad de arena empleada será medida en metros cúbicos.

**405-1.06. Pago.-** Las cantidades de obra que hayan sido determinadas en la forma indicada en el numeral anterior se pagarán a los precios señalados en el contrato, considerando los rubros abajo designados.

Estos precios y pago constituirán la compensación total por la preparación previa de la superficie por imprimirse; el suministro, transporte, calentamiento y

distribución del material asfáltico; el suministro, transporte y distribución de la arena para protección y secado; así como por mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas en la realización del trabajo descrito en esta sección.

<b>Nº del Rubro de Pago y Designación</b>	<b>Unidad de Medición</b>
405-1 (1) Asfalto MC para imprimación.....	Litro (l)
405-1 (1) Asfalto SC para imprimación.....	Litro (l)
405-1 (2) Arena para protección y secado.....	Metro cúbico (m <sup>3</sup> )
405-1 (3) Asfalto Emulsificado SS-1, SS - 1h CSS-1 o CSS-1h.....	Litro(l)

#### **405-2. Riego Bituminoso de Adherencia.**

**405-2.01. Descripción.-** Este trabajo consistirá en el suministro y distribución de material bituminoso sobre la superficie de un pavimento, a fin de conseguir adherencia entre este pavimento y una nueva capa asfáltica que se deberá colocar sobre él, de acuerdo con los requerimientos establecidos en los documentos contractuales. En la aplicación del riego de adherencia estará comprendida la limpieza de la superficie, que deberá realizarse inmediatamente antes del riego bituminoso.

**405-2.02. Materiales.-** El material bituminoso estará constituido por asfalto diluido o por emulsión asfáltica, cuyo tipo estará fijado en las disposiciones especiales del contrato. En caso de utilizarse asfalto diluido, éste deberá cumplir los requisitos determinados en la subsección 810-3 de estas especificaciones, y en caso de usarse una emulsión, estará de acuerdo a lo establecido en la subsección 810-4.

Durante la aplicación puede presentarse la necesidad de cambiar el grado del asfalto establecido en las disposiciones generales, en cuyo caso el Fiscalizador podrá disponer el cambio hasta uno de los grados inmediatamente más próximos, sin que haya modificación en el precio unitario señalado en el contrato. Sin embargo, el Fiscalizador no deberá permitir el uso de mezclas heterogéneas en los asfaltos diluidos.

**405-2.03. Equipo.-** El Contratista deberá disponer del equipo necesario para la ejecución de este trabajo, el cual deberá ser aprobado por el Fiscalizador.

El equipo mínimo será igual al señalado en el numeral 405-1.03, para la capa de imprimación.

**405-2.04. Procedimientos de trabajo.-** Antes de procederse a la aplicación del riego bituminoso, se comprobará que la superficie se halle totalmente seca, y deberá ser barrida y limpiada cuidadosamente para eliminar todo material extraño y trazas de polvo. Si en el contrato no se hubiera previsto el reacondicionamiento completo del pavimento, el Fiscalizador podrá disponer, en caso necesario, que

se efectúe un bacheo previo a la limpieza, en cuyo caso se deberá pagar al Contratista el bacheo efectuado en base a los precios unitarios y cantidades de los rubros que se hubieren utilizado para dicho trabajo.

El material asfáltico será distribuido uniformemente sobre la superficie lista. La cantidad de aplicación será bastante reducida y dependerá del estado de la superficie a tratar. Dicha cantidad será indicada por el Fiscalizador y estará entre límites de 0.15 a 0.45 litros por metro cuadrado. La distribución no deberá efectuarse cuando el tiempo esté lluvioso o con amenaza de lluvia inminente. La temperatura de aplicación estará en concordancia con el tipo y grado del material bituminoso, según lo especificado en las subsecciones 810-3 y 810-4, para asfaltos diluidos y emulsiones, respectivamente.

Si se tratase de efectuar el riego de adherencia en zonas de superficie reducida o irregulares, la aplicación del material bituminoso podrá realizarse empleando el rociador manual a presión del distribuidor.

El asfalto regado para adherencia se dejará secar por unas horas, solamente hasta que adquiera su máxima adhesividad, y durante este período, que en ningún caso podrá ser superior a 24 horas, el Contratista deberá mantener protegido el riego y sin tránsito de ninguna naturaleza.

El Contratista deberá cuidar que no se manche con la distribución asfáltica las obras de arte, bordillos, aceras o árboles adyacentes, todo lo cual deberá ser protegido en los casos necesarios antes de proceder al riego. En ningún caso deberá descargarse el material bituminoso sobrante en canales, ríos o acequias.

**405-2.05. Medición.-** Las cantidades a pagarse por el riego de adherencia serán los litros del material asfáltico realmente distribuidos y aceptados por el Fiscalizador.

La medición del asfalto se efectuará reduciendo el volumen empleado a la temperatura de aplicación, al volumen a 15.6 °C, de acuerdo con los datos constantes en la subsección 810-5, para los asfaltos diluidos y emulsiones.

Si se hubiere efectuado un bacheo previo del pavimento existente, los materiales empleados serán medidos de acuerdo con las estipulaciones correspondientes a cada material y serán pagados en base a los precios unitarios contractuales para los rubros respectivos.

**405-2.06. Pago.-** Las cantidades de obra que hayan sido determinadas en la forma indicada en el numeral anterior, se pagarán a los precios señalados en el contrato, considerando los rubros siguientes.

Estos precios y pago constituirán la compensación total por la limpieza de la superficie por tratarse, el suministro, transporte, calentamiento y distribución del material asfáltico; así como por mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas en el completamiento de los trabajos descritos en esta



sección.

<b>Nº del Rubro de Pago y Designación</b>	<b>Unidad de Medición</b>
405-2 (1) Asfalto diluido tipo....., grado....., para riego de adherencia.....	Litro (l)
405-2 (1) Asfalto emulsionado tipo....., para riego de adherencia.....	Litro (l)

### **405-3. Tratamientos Bituminosos Superficiales.**

**405-3.01. Descripción.-** Este trabajo consistirá en la construcción de una o más capas de agregados embebidos en material bituminoso, sobre una base previamente imprimada o sobre una capa de rodadura existente.

Los documentos contractuales establecerán el tipo de tratamiento, de acuerdo a las designaciones constantes en las tablas del numeral 405-3.02. Las cantidades de distribución del material bituminoso y de los agregados, así como la secuencia de las capas estarán en concordancia con lo anotado en las mismas tablas, aun cuando el Fiscalizador podrá efectuar los ajustes necesarios en base a las condiciones de los agregados.

**405-3.02. Materiales.-** El material bituminoso a utilizar podrá ser cemento asfáltico, asfaltos diluidos o emulsiones asfálticas. En todo caso, el tipo y grado del material asfáltico serán señalados en los documentos contractuales; sin embargo, en caso de necesidad, el grado del asfalto podrá ser cambiado por el Fiscalizador hasta uno de los grados inmediatamente más próximos, sin que haya modificación en el precio unitario señalado en el contrato.

En caso de utilizarse cemento asfáltico, éste deberá cumplir con los requisitos anotados en la subsección 810-2, y su temperatura de aplicación será la señalada en esa misma sección. En idéntica forma deberá procederse en el caso de utilizarse asfaltos diluidos cuyos requisitos de calidad y temperaturas de aplicación se hallan anotados en la subsección 810-3 y en el caso de utilizarse emulsiones asfálticas cuyos requisitos de calidad y temperaturas de aplicación constan en la subsección 810-4.

Los agregados consistirán de fragmentos de grava o piedra triturada, completamente secos, limpios, sólidos y resistentes, exentos de polvo, suciedad, arcilla u otras materias extrañas. Su coeficiente de desgaste a la abrasión deberá ser menor al 40% y su adhesividad será mayor al 95%; deberán satisfacer los requerimientos indicados en la subsección 812-2. La granulometría de los agregados estará dentro de los límites indicados en la Tabla 405-3.1., para diversas graduaciones. Las graduaciones a emplear deberán hallarse especificadas en el contrato. Para los depósitos de los agregados el Fiscalizador podrá exigir la construcción de galpones de protección para prevenir la contaminación de los materiales.

La adherencia entre los agregados a el asfalto que se utilice se comprobará

mediante ensayos de peladura en agua hirviendo o mediante el ensayo francés VIALIT.

El momento de la distribución, los agregados deberán hallarse completamente secos, cuando se utilicen asfaltos diluidos o cementos asfálticos, y podrá aceptarse una humedad de hasta un 4% cuando se usen emulsiones asfálticas.

Las aplicaciones de material bituminoso y la consiguiente distribución de los agregados, serán efectuadas de acuerdo con las cantidades indicadas a continuación, en las Tablas 405-3.2. y 405-3.3., para los diferentes tipos de tratamiento.

Las cantidades señaladas en las Tablas 405-3.2 y 405-3.3., corresponden a agregados cuya densidad de sólidos sea de 2.65, determinado según lo establecido en AASHTO T-84 y T-85. Cuando el agregado que se empleará en la obra tenga densidad de sólidos menor que 2.55 o mayor que 2.75, será imprescindible ajustar los pesos efectuando las correcciones proporcionales en las cantidades señaladas.

**405-3.03. Equipo.-** El Contratista deberá disponer del equipo necesario para la oportuna y eficiente ejecución de estos trabajos, equipo que deberá ser aprobado por el Fiscalizador.

El equipo mínimo indispensable constará de distribuidor de asfalto autopropulsado del tipo indicado en el numeral 405-1.03. , una barredora mecánica, distribuidor de agregados autopropulsado, rodillos (lisos de 6 a 8 toneladas o rodillos neumáticos), equipo de transporte compatible con el distribuidor de agregados.

El distribuidor de agregados estará montado sobre neumáticos, será provisto de tolva receptora posterior para recibir la descarga de los volquetes, sistema de traslado del agregado de la tolva al sistema de descarga delantero, tolva delantera de descarga con aberturas y ancho graduables y tornillo sinfín para distribuir la cantidad exacta por metro cuadrado y en el ancho regulado, de manera uniforme.

**TABLA 405.3.1**

TAMIZ	Porcentaje que pasa en peso a través de los tamices de malla cuadrada					
	A	B	C	D	E	F

38.1 mm	100	----	----	----	----	----
25.4 mm	90-100	100	----	----	----	----
19.0 mm	20-55	90-100	100	----	----	----
12.7 mm	0-15	20-55	90-100	100	100	----
9.5 mm	0-5	0-15	40-75	90-100	90-100	100
4.75 mm	----	0-5	0-15	0-20	10-30	75-100
2.38 mm	----	----	0-5	0-10	0-10	20-55
1.19 mm	----	----	----	0-5	0-5	0-10
0.60 mm	----	----	----	----	----	0-5
0.075 mm	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2

**405.3.02. Materiales.-** El agregado no deberá tener más del 10 % de su peso, de trozos alargados o planos según la Norma ASTM D4791 en una relación de una a cinco. El máximo de materiales deletéreos en los agregados es de 1% en peso según la Norma ASTM C142.

Los agregados gruesos retenidos en el tamiz INEN 4.75 mm. Deben tener una adecuada angularidad, es decir, al menos el 75 % en peso deben contener dos o más caras fracturadas, según la norma ASTM D 5821

**Tabla 405-3.2.**

1) Tipo de tratamiento y cantidades aproximadas de materiales por metro cuadrado, utilizando cemento asfáltico o asfalto diluido.

<b>TIPO</b>	<b>Asfalto</b>
	IV-84

DE TRATAMIENTO	Agregados - Kilogramos					Litros
	A	B	C	D	E	
<b>TSB-1</b> Capa Única				14-16		1.4-2.0
<b>TSB-2A</b> Primera capa				11-14		0.9-1.6
Segunda capa					8-11	0.7-1.1
<b>TSB-2B</b> Primera capa			14-16			1.4-2.0
Segunda capa					8-11	0.7-1.1
<b>TSB-2C</b> Primera capa		22-27				1.8-2.3
Segunda capa			11-14			0.9-1.6
<b>TSB-3</b> Primera capa	15-18					0.9-1.4
Segunda capa		7-9				1.6-2.3
Tercera capa			5-6			1.1-1.6

**Tabla 405-3.3.**

2) Tipo de tratamiento y cantidades aproximadas de materiales por metro cuadrado, utilizando emulsiones asfálticas.

	IV-85	
--	-------	--

TIPO DE TRATAMIENTO	Emulsión					Litros
	Agregados - Kilogramos					
	A	B	C	D	E	F
<b>TSB-1</b> Capa Unica					14-16	1.4-2.0
<b>TSB-2A</b> Primera capa				11-14		0.9-1.6
Segunda capa					8-11	0.7-1.1
<b>TSB-2B</b> Primera capa			14-16			1.4-2.0
Segunda capa					8-11	0.7-1.1
<b>TSB-2C</b> Primera capa		22-27				1.8-2.3
Segunda capa				11-14		0.9-1.6
<b>TSB-3</b> Primera capa	15-18					0.9-1.4
Segunda capa		7-9				1.6-2.3
Tercera capa				5-6		1.1-1.6

**405-3.04. Procedimientos de trabajo.-** El tratamiento bituminoso superficial se llevará a cabo únicamente cuando la superficie a recibir se encuentre seca, y el tiempo no sea lluvioso, neblinoso ni existan posibilidades inminentes de lluvia, preferentemente se efectuará este trabajo cuando la temperatura atmosférica a la sombra sea mayor a 15 °C.

En el caso de utilizar emulsiones asfálticas se podrá utilizar agregados con un contenido de humedad máximo del 4%.

**405-3.04.1. Distribución del material bituminoso.-** Previamente a la aplicación del asfalto, la superficie deberá barrerse y limpiarse cuidadosamente, a satisfacción del Fiscalizador. De inmediato se regará el asfalto uniformemente mediante el distribuidor autopropulsado, en las cantidades y temperaturas especificadas para el tipo de tratamiento y asfalto a emplear. La distribución se efectuará en una longitud determinada y dividiendo el ancho en dos o más fajas, a fin de mantener el tránsito, de ser necesario, en la parte sin riego mientras se completa la capa en el resto.

Para evitar excesos de riego en los empalmes longitudinales, se colocará un papel grueso al comienzo y al final de cada aplicación asfáltica y las boquillas del distribuidor deberán cerrarse instantáneamente al terminar el riego sobre el papel. Los papeles utilizados deberán ser desechados y se corregirá cualquier falla de la aplicación mediante el rociador manual.

El Contratista deberá cuidar que no se manchen con la distribución asfáltica las

obras de arte, bordillos, aceras o árboles adyacentes, los cuales deberán ser protegidos en los casos necesarios, antes de proceder al riego.

El asfalto regado deberá ser cubierto de inmediato por los agregados correspondientes antes de que se enfríe.

En caso de emulsiones asfálticas el procedimiento de trabajo será igual al descrito para la utilización de cementos asfálticos o asfaltos diluidos, considerando las cantidades establecidas en la Tabla 405-3.3.

Cuando se efectúe el tratamiento con el empleo de emulsiones asfálticas, en el caso de capas múltiples se colocará en primer lugar la primera capa de agregados antes de distribuir la emulsión, para proseguir con la segunda capa de agregados y continuar luego alternadamente. En el caso de tratamiento simple, se procederá en la misma forma que con el cemento asfáltico o asfalto diluido.

**405-3.04.2.Distribución de los agregados.-** El distribuidor de agregados deberá esparcir la capa correspondiente a continuación inmediata del riego asfáltico, en el ancho de la faja determinada y en una sola aplicación uniforme y continua. El sistema de riego y la operación deberán ser tales que el esparcimiento de los agregados forme la capa con las partículas gruesas abajo y las finas encima, y la marcha de la máquina tendrá una velocidad que no disturbe los agregados recién distribuidos.

Se deberá prevenir, antes de iniciar el riego bituminoso, que exista cantidad suficiente de agregados en el sitio, para cubrir la totalidad del asfalto y no permitir que se enfríe el material bituminoso. Al momento de su utilización, los agregados deberán estar completamente secos, salvo el caso que se emplee emulsiones asfálticas.

En general, no se deberá efectuar ninguna corrección en la capa regada, aunque en casos eventuales será necesario retirar algún exceso de agregados, sin disturbar el material que se halla en contacto con el asfalto. En las superficies irregulares y de área restringida, se deberá completar la distribución de los agregados manualmente y se emparejará usando rastrillos planos.

**405-3.04.3.Compactación y Acabado.-** Inmediatamente después de regados los agregados sobre el asfalto, se procederá a la compactación con un rodillo liso tandem de 6 a 8 toneladas o con rodillo neumático. El rodillado se iniciará a los costados de la capa y se desplazará hacia el centro, traslapando media rueda en cada pasada. Al menos se completarán dos pasadas completas del rodillo tandem y se proseguirá hasta lograr una superficie compacta y uniforme pero sin que se trituren significativamente los agregados.

A continuación se proseguirá a la compactación en la misma forma, con rodillos neumáticos hasta conseguir que los agregados se hallen completamente incrustados y embebidos en el material bituminoso para obtener así una capa densa, pareja y uniforme.

Una vez terminada la compactación, deberá esperarse al menos doce horas antes de permitir la circulación de vehículos.

En los tratamientos múltiples, se procederá a la distribución del material bituminoso para la segunda capa, al menos doce horas después de haberse completado la primera capa, y luego de redistribuir el material suelto que hubiere quedado de la compactación de la primera. Así se procederá con las capas sucesivas que sean necesarias.

Una vez terminada la última capa de tratamiento, se deberá esperar al menos doce horas antes de permitir el tránsito público, y en un lapso de cuatro días se deberá barrer cuidadosamente la superficie para desplazar todo el material suelto, pero sin remover el agregado pegado con el material bituminoso. De ocurrir alguna exudación de asfalto a la superficie terminada, luego del barrido, se deberá cubrir el área afectada con agregados adicionales de granulometría igual a la última capa. El barrido y el curado de las zonas con exudación de asfalto, es necesario a fin de conseguir una superficie uniforme y sin corrugaciones, depresiones u otras irregularidades causadas por un exceso o una distribución no uniforme del asfalto o de los agregados.

**405-3.05. Medición.-** Las cantidades a pagarse por los tratamientos bituminosos superficiales construidos de acuerdo a lo señalado en los documentos contractuales, serán las cantidades medidas en la obra, de material bituminoso y agregados y realmente empleadas en el trabajo.

Los agregados serán pagados por metro cúbico, en base a las cantidades señaladas para el tipo de tratamiento correspondiente. No se efectuará ningún pago adicional por la cantidad de material que se emplee para el secado de la exudación asfáltica.

El material bituminoso se pagará por litro. La medición se efectuará reduciendo el volumen empleado a la correspondiente temperatura de aplicación, al volumen a 15.6 °C de acuerdo con los datos constantes en la subsección 810-5, para cementos asfálticos, asfaltos diluidos y también para emulsiones asfálticas.

Puede también realizarse la medición para el pago por metro cuadrado terminado del tratamiento correspondiente, de haberse señalado así en los documentos contractuales, en vez de efectuarse el pago por metro cúbico de agregados más litro de material bituminoso.

**405-3.06. Pago .-** Las cantidades de obra que hayan sido determinadas en una de las formas indicadas en el numeral anterior, se pagarán a los precios señalados en el contrato, considerando los rubros correspondientes indicados a continuación.

Estos precios y pago constituirán la compensación total por la limpieza de la superficie a tratar; el suministro, transporte, calentamiento y distribución del

material asfáltico; la preparación, suministro, transporte y distribución de los agregados; el barrido y arreglo de la superficie terminada; así como mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas, en el completamiento de los trabajos descritos en esta sección.

<b>N° del Rubro de Pago y Designación</b>	<b>Unidad de Medición</b>
405-3 (1) Asfalto grado.....,para tratamiento bituminoso superficial tipo.....	Litro (l)
405-3 (2) Agregados para tratamiento bituminoso superficial tipo.....	Metro cúbico (m <sup>3</sup> )
405-3 Tratamiento bituminoso superficial tipo.....	Metro cuadrado (m <sup>2</sup> )

**405-4 Hormigón Asfáltico Mezclado en Sitio.**

**405-4 .01.Descripción.-** Este trabajo consistirá en la construcción de capas de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en sitio y colocado sobre una base debidamente preparada o un pavimento existente, de acuerdo con los requerimientos de los documentos contractuales.

**405-4.02. Materiales.-** El tipo y grado de material asfáltico que deba emplearse en la mezcla en sitio, estará determinado en el contrato. Sin embargo, en caso necesario el Fiscalizador podrá cambiar el grado del asfalto durante la construcción, hasta los grados inmediatamente más próximos, sin que haya modificación en el precio señalado en el contrato.

En caso de utilizarse asfaltos diluidos, éstos deberán cumplir con los requisitos señalados en la subsección 810-3. Si se usa emulsiones asfálticas, éstas deberán cumplir con los requisitos establecidos en la subsección 810-4.

Los agregados que se emplearán en este trabajo estarán determinados en el contrato y deberán cumplir lo señalado en el numeral 405-5.02, inclusive las granulometrías, pudiendo utilizarse además una granulometría fina y abierta para un agregado 90% triturado, con los límites de la Tabla 405-4.1.

En todo caso, antes de añadir el asfalto a la mezcla en sitio, las varias fracciones de agregados deberán estar completamente mezclados y secos.

**Tabla 405-4.1.**

<b>TAMIZ</b>	<b>Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada</b>	
	<b>3/8" Máximo</b>	<b>1/4" Máximo</b>
	IV-89	



1/2" (12.7 mm.)	100	-
3/8" (9.5 mm.)	90 - 100	100
1/4" (6.3 mm.)	55 - 75	85 - 100
Nº 4 (4.75 mm.)	30 - 50	-
Nº 8 (2.38 mm.)	15 - 32	15 - 32
Nº 16 (1.18 mm.)	0 - 15	0 - 15
Nº 200 (0.075 mm.)	0 - 3	0 - 3

---

**405-4.03. Equipo.-** El contratista deberá disponer de todo el equipo necesario para la debida ejecución de estos trabajos, que deberá contar con la aprobación del Fiscalizador.

Como mínimo, el equipo estará conformado por un distribuidor de asfalto autopropulsado que cumpla los requisitos anotados en el numeral 405-1.03; equipo calentador de asfalto portátil adicional si es necesario; barredora mecánica, esparcidor de agregados, motoniveladoras, una mezcladora móvil si es del caso, rodillos lisos tandem de 8 a 10 toneladas, rodillos neumáticos que trabajarán con la carga por rueda y presión de inflado apropiados para el espesor de la capa de rodadura, equipo para el transporte de agregados.

**405-4.04. Ensayos y Tolerancias.-** Los agregados deberán cumplir los requisitos de calidad, cuyas pruebas están indicadas en la subsección 811-3. La granulometría será comprobada mediante los ensayos INEN 696, que se efectuarán sobre muestras tomadas en sitio de los agregados debidamente mezclados antes de añadir el asfalto.

La calidad del material asfáltico será comprobada mediante las normas indicadas en la subsección 810-3, para los asfaltos diluidos, y subsección 810-4, para emulsiones asfálticas según el tipo y grado de material bituminoso que se use.

El hormigón asfáltico mezclado en sitio deberá cumplir con la fórmula maestra de obra indicada en el numeral 405-4.05.1, dentro de las siguientes tolerancias:

- a) Peso de los agregados secos que pasen el tamiz Nº 4 y tamices mayores:  $\pm 5\%$ .
- b) Peso de los agregados secos que pasen los tamices Nº 8 hasta el Nº 100:  $\pm 4\%$ .
- c) Peso de los agregados secos que pasen el tamiz Nº 200:  $\pm 2\%$ .
- d) Dosificación del material asfáltico:  $\pm 0.5\%$ .

El espesor de la capa de hormigón asfáltico terminada en sitio no deberá variar en más de 5 mm. de lo especificado en los planos; sin embargo, el promedio de los espesores medidos en ningún caso será menor que el espesor establecido en el contrato.

Las cotas de la superficie terminada no deberán variar en más de 1.2 cm. de las cotas establecidas en los planos. La pendiente transversal de la superficie deberá

ser uniforme y sin rugosidades, y en ningún sitio tendrá una desviación mayor a 8 mm. con el perfil establecido.

Terminada la compactación de la capa de hormigón asfáltico mezclado en sitio, el Fiscalizador deberá comprobar los espesores, la densidad de la mezcla y su composición, a intervalos de 300 a 500 metros lineales, en sitios elegidos al azar, a los lados del eje del camino. El Contratista deberá rellenar los huecos originados por las comprobaciones, con la misma mezcla asfáltica y compactarla a satisfacción del Fiscalizador, sin que se efectúe ningún pago adicional por este trabajo.

Cuando las mediciones de comprobación indicadas, señalen para el espesor una variación mayor que la especificada arriba, o cuando el ensayo de densidad indique un valor inferior al 97% de la densidad máxima establecida en el laboratorio, o cuando la composición de la mezcla no se encuentre dentro de las tolerancias admitidas, el Fiscalizador efectuará las mediciones adicionales necesarias para definir con precisión el área deficiente. En caso de encontrarse sectores inaceptables, tanto en espesor como en composición o en densidad, el Contratista deberá reconstruir completamente el área afectada, a su costo, y de acuerdo con las instrucciones del Fiscalizador.

#### **405-4.05. Procedimientos de trabajo.**

**405-4.05.1.Fórmula Maestra de Obra.-** Antes de iniciarse la mezcla del hormigón asfáltico en sitio, el contratista analizará los materiales que se propone utilizar, y diseñará la Fórmula Maestra de Obra, la cual deberá someter a la aprobación del Fiscalizador. Toda la mezcla del hormigón asfáltico deberá ser realizada de acuerdo con esta fórmula maestra, dentro de las tolerancias aceptadas en el numeral 405-4.04, salvo que sea necesario modificarla durante el trabajo debido a variaciones en los materiales.

La fórmula maestra establecerá:

- 1) las cantidades de las diversas fracciones definidas para los agregados, y
- 2) el porcentaje de material asfáltico para la dosificación, en relación con la cantidad de agregados.

**405-4.05.2.Mezclado y Esparcimiento.-** Los agregados escogidos deberán distribuirse en capas de las diversas fracciones de grueso a fino, en las cantidades necesarias para formar la carpeta del ancho y espesor especificados, y en las proporciones determinadas por la fórmula maestra. Antes de añadir el asfalto, las fracciones serán mezcladas cuidadosamente por medio de una mezcladora móvil o de motoniveladoras, hasta obtener una mezcla uniforme que cumpla con la granulometría estipulada. El mezclado con el asfalto no deberá retardarse más de un día después del mezclado en seco de los agregados.

Para proceder al mezclado con el material bituminoso utilizando motoniveladoras, se dividirá la cantidad de agregados en mitades, cada una de las

cuales se procesará separadamente. Se esparcirá la primera mitad y sobre ella se aplicará el asfalto en el número de riegos necesarios hasta obtener la proporción fijada en la fórmula maestra; se continuará así con la otra mitad hasta obtener una mezcla total uniforme, y se revolverán los materiales varias veces pasándolos de uno a otro costado. Cuando el agregado se halle cubierto en su totalidad por el asfalto, se formará un camellón con todo el material, a partir del cual se procederá al esparcido en todo el ancho y en el espesor debidos.

Si se efectúa el mezclado con máquina mezcladora móvil en vez de las motoniveladoras, se conformará la mezcla de agregados en camellones de forma y tamaño uniformes, y se irá añadiendo el material bituminoso mientras se continúa el trabajo con la mezcladora, hasta obtener una mezcla uniforme que cumpla con los requisitos de la fórmula maestra.

La mezcla de hormigón asfáltico obtenida con cualquiera de los dos procesos, se esparcirá y conformará con motoniveladoras para que luego de compactada, la capa de rodadura tenga el ancho, espesor, alineamiento y perfil transversal señalados en los planos. Si el hormigón presenta deficiencias en la distribución de los materiales, la mezcla deberá ser corregida con adición de agregados, asfalto o mezclado adicional según el caso, antes de iniciar la compactación.

Cuando el tiempo sea demasiado frío, lluvioso o existan amenazas de lluvias inminentes, no se deberá realizar la mezcla de hormigón asfáltico; asimismo, si el contenido de humedad de los agregados es mayor que el 1% del peso de los agregados secos, deberán previamente revolverse los agregados con motoniveladoras o rastras de discos hasta conseguir secarlos, antes de preparar el hormigón asfáltico. De no ser posible, se utilizarán aditivos para mejorar la adhesión del asfalto a los agregados, o se emplearán emulsiones asfálticas en vez de asfaltos diluidos.

La temperatura de aplicación del material bituminoso dependerá del tipo y grado, y estará de acuerdo con lo estipulado en la subsección 810-3 para el caso de usar asfaltos diluidos, y con la subsección 810-4 para el caso de usar emulsiones.

El Fiscalizador determinará el espesor para la distribución de la mezcla, a fin de lograr el espesor compactado especificado. De todos modos, el máximo espesor de una capa será aquel que consiga un espesor compactado de 7 cm.

Al iniciarse los trabajos el Contratista deberá construir un tramo de prueba de aproximadamente un kilómetro de longitud que será ensayado para determinar la densidad, las proporciones del material bituminoso, espesor de la capa y más requerimientos exigidos por el Fiscalizador, luego de lo cual éste deberá autorizar la prosecución de los trabajos, requisito sin el cual el Contratista no podrá continuar éste trabajo.

**405-4.05.3.Compactación.-** Una vez efectuada la distribución de la capa de hormigón asfáltico, se procederá a su compactación por medio de rodillos lisos de ruedas de acero y neumáticos. La compactación inicial de la mezcla se

efectuará con rodillos lisos tandem, iniciando a los bordes de la capa y avanzando hacia el centro; superponiendo una parte del ancho de la rueda en cada pasada posterior, excepto en los peraltes en donde se iniciará la compactación en el borde inferior.

A continuación del rodillado inicial se proseguirá con la compactación, empleando rodillos neumáticos, hasta conseguir la densidad especificada. Se deberá tomar mucho cuidado con el uso de los rodillos, con las cargas y presión de inflado apropiadas, para lograr la compactación deseada, sin que se produzcan agrietamientos o desplazamientos de la mezcla.

En los lugares inaccesibles a los rodillos, se deberá efectuar la compactación de la mezcla con pisones mecánicos, hasta obtener la densidad especificada.

La capa de hormigón asfáltico compactada deberá presentar una textura lisa y uniforme, sin fisuras ni rugosidades, y estará construida de conformidad con los alineamientos, espesores, cotas y perfiles estipulados en el contrato. Mientras la compactación no se haya terminado, no se permitirá ninguna circulación vehicular.

Para formar las juntas transversales de construcción, se deberá recortar verticalmente todo el ancho y espesor de la capa que vaya a continuarse.

Cuando deban completarse y conformarse los espaldones adyacentes a la carpeta de hormigón, se recortarán los bordes a la línea establecida en los planos.

**405-4.05.4.Sellado.-** Si los documentos contractuales estipulan la colocación de una capa de sello sobre la carpeta terminada, ésta se colocará de acuerdo con los requerimientos correspondientes y cuando el Fiscalizador lo autorice, que en ningún caso será antes de una semana de que la carpeta asfáltica haya sido abierta al tránsito público.

**405-4.06. Medición.-** Las cantidades a pagarse por la construcción de las carpetas de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en sitio, serán los metros cúbicos de mezcla efectivamente puesta en obra y aceptada, medida en su lugar después de la compactación, más el número de litros de material bituminoso realmente incorporados a la mezcla, de acuerdo con los requerimientos contractuales.

El cómputo del volumen se realizará en base a la longitud de la capa medida horizontalmente a lo largo del eje de la vía, y a la sección transversal establecida en los planos contractuales.

El cómputo de la cantidad de material bituminoso utilizado se efectuará reduciendo el volumen empleado a la correspondiente temperatura de aplicación, al volumen a 15.6 °C, de acuerdo con los datos constantes en la subsección 810-5, para asfaltos diluidos y emulsiones asfálticas.

La medición podrá también ser efectuada en metros cuadrados de superficie cubierta con un espesor de hormigón asfáltico compactado determinado. La medición se efectuará en base a la proyección en un plano horizontal del área pavimentada y aceptada por el Fiscalizador.

En todo caso, la forma de pago estará determinada en el contrato, sea en metros cúbicos de mezcla compactada más el material bituminoso, o sea en metros cuadrados de carpeta compactada al espesor requerido.

**405-4.07. Pago.-** Las cantidades determinadas en cualquiera de las formas indicadas en el numeral anterior, se pagarán a los precios señalados en el contrato para los rubros siguientes.

Estos precios y pago constituirán la compensación total por el transporte y suministro de los agregados y el asfalto, la preparación y mezclado en sitio del hormigón asfáltico; la distribución, terminado y compactación de la mezcla; la limpieza de la superficie que recibirá el hormigón asfáltico; así como por mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas en el completamiento de los trabajos descritos en esta sección.

<b>Nº del Rubro de Pago y Designación</b>	<b>Unidad de Medición</b>
405-4 Capa de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en sitio de....cm. de espesor.....	Metro cuadrado (m <sup>2</sup> )
405-4 (1) Capa de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en sitio.....	Metro cúbico (m <sup>3</sup> )
405-4 (2) Asfalto diluido grado....para hormigón asfáltico mezclado en sitio.....	Litro (l)
405-4 (2) Emulsión asfáltica para hormigón asfáltico mezclado en sitio.....	Litro (l)

**405-5. Hormigón Asfáltico Mezclado en Planta.**

**405-5.01. Descripción.-** Este trabajo consistirá en la construcción de capas de rodadura de hormigón asfáltico constituido por agregados en la granulometría especificada, relleno mineral, si es necesario, y material asfáltico, mezclados en caliente en una planta central, y colocado sobre una base debidamente preparada o un pavimento existente, de acuerdo con lo establecido en los documentos contractuales.

**405.5.02 Materiales** El tipo y grado del material asfáltico que deberá emplearse en la mezcla estará determinado en el contrato y será mayormente cemento asfáltico con un grado de penetración 60 - 70. En caso de vías que serán sometidas a un tráfico liviano o medio se permitirá el empleo de cemento asfáltico 85 – 100. Para vías o carriles especiales donde se espere el paso de un tráfico muy pesado, se admitirá el empleo de cementos asfálticos mejorados. La clasificación del tráfico se muestra en la tabla 405-5.4. El cemento asfáltico que se utilice deberá cumplir con los requisitos de calidad

señalados en el numeral 810.2.

Los agregados que se emplearán en el hormigón asfáltico en planta podrán estar constituidos por roca o grava triturada total o parcialmente, materiales fragmentados naturalmente, arenas y relleno mineral. Estos agregados deberán cumplir con los requisitos establecidos en el numeral 811.2, para agregados tipo A, B o C. Los agregados estarán compuestos en todos los casos por fragmentos limpios, sólidos y resistentes, de uniformidad razonable, exentos de polvo, arcilla u otras materias extrañas.

Las mezclas asfálticas a emplearse en capas de rodadura para vías de tráfico pesado y muy pesado deberán cumplir que la relación entre el porcentaje en peso del agregado pasante del tamiz INEN 75micrones y el contenido de asfalto en porcentaje en peso del total de la mezcla (relación filler/betún), sea mayor o igual a 0,8 y nunca superior a 1,2.

Para la mezcla asfáltica deberán emplearse una de las granulometrías indicadas en las tablas 405-5.1.

En el contrato se determinará el tipo y graduación de los agregados, de acuerdo con las condiciones de empleo y utilización que se previene para la carpeta asfáltica.

**Tabla 405-5.1.**

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada			
	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4
1" (25.4 mm.)	100	--	--	--
3/4" (19.0 mm.)	90 - 100	100	--	--
1/2" (12.7 mm.)	--	90 - 100	100	--
3/8" (9.50 mm.)	56 - 80		90 - 100	100
Nº 4 (4.75 mm.)	35 - 65	44 - 74	55 - 85	80 - 100
Nº 8 (2.36 mm.)	23 - 49	28 - 58	32 - 67	65 - 100
Nº 16 (1.18 mm.)	--	--	--	40 - 80
Nº 30 (0.60 mm.)	--	--	--	25 - 65
Nº 50 (0.30 mm.)	5 - 19	5 - 21	7 - 23	7 - 40
Nº 100 (0.15 mm.)	--	--	--	3 - 20
Nº 200 (0.075 mm.)	2 - 8	2 - 10	2 - 10	2 - 10

**405-5.03. Equipo .-**

**405-5.03.1.Plantas mezcladoras.-** Las plantas para la preparación de hormigón asfáltico utilizadas por el Contratista, podrán ser continuas o por paradas, y deberán cumplir los requisitos que se establezcan más adelante para cada una de ellas específicamente, además de lo cual todas deberán satisfacer las exigencias siguientes:

- a) Equipo para manejo del asfalto: Los tanques para almacenamiento del asfalto deberán estar equipados con serpentines de circulación de vapor o aceite que permitan un calentamiento seguro, sin que existan probabilidades de producirse incendios u otros accidentes; y con dispositivos que posibiliten un control efectivo de temperaturas en cualquier momento. Los tanques para almacenamiento deberán tener capacidad suficiente de reserva para al menos un día de trabajo sin interrupciones; el sistema de circulación a las balanzas de dosificación, mezcladora, etc., deberá tener capacidad suficiente para un caudal uniforme, y deberá estar provisto de camisas de aislamiento térmico y conservación de la temperatura. Deberá proveerse de dispositivos confiables para medición y muestreo del asfalto de los tanques.
- b) Secador: La planta deberá estar equipada con un horno secador rotativo para agregados, con suficiente capacidad para proveer los agregados secos y a la temperatura necesaria, a fin de mantener a la mezcladora trabajando continuamente y a su máximo rendimiento. Dispondrá de dispositivos para medición de la temperatura de los agregados al salir del horno, que trabajen con un máximo de error de 5 °C.

El horno secador estará diseñado con una longitud y un número de revoluciones tales que permitan recibir los agregados y movilizarlos hacia la salida en una forma regular y continua, a fin de entregarlos al alimentador de las cribas totalmente secos y en la temperatura necesaria, mediante un flujo permanente, adecuado y sin interrupciones. De todas maneras, el Fiscalizador deberá obtener las muestras necesarias en forma periódica de los agregados transportados a la planta, para comprobar la calidad del secamiento en el núcleo de los mismos.

- c) Cribas y tolvas de recepción: La planta dispondrá de las cribas suficientes para tamizar el agregado proveniente del secador y separarlo en las graduaciones requeridas para alojarlas en las diferentes tolvas individuales de recepción.

Los tamices a utilizarse para la separación de las diferentes graduaciones, no permitirán que cualquier tolva reciba más de un 10% de material de tamaño mayor o menor que el especificado.

Las tolvas para almacenamiento del agregado caliente deberán tener tamaño suficiente, para conservar una cantidad de agregados que permita la alimentación de la mezcladora trabajando a su máximo rendimiento. Existirán al menos tres tolvas para las diferentes graduaciones, y una adicional para el relleno mineral que se utilizará cuando sea necesario. Cada tolva individual estará provista de un desbordamiento que impida la entrada del exceso de material de uno a otro compartimiento, y que descargue este exceso hasta el piso por medio de una tubería, para evitar accidentes.

Las tolvas estarán provistas de dispositivos para control de la cantidad de agregados y extracción de muestras en cualquier momento.

- d) Dispositivos para dosificación del asfalto: La planta estará provista de balanzas de pesaje o de dispositivos de medición y calibración del asfalto, para asegurar que la dosificación de la mezcla se halle dentro de las tolerancias especificadas en la fórmula maestra de obra.

El asfalto medido, ya sea por peso o por volumen, deberá ser descargado a la mezcladora, mediante una abertura o una barra esparcidora cuya longitud será al menos igual a las tres cuartas partes de la longitud de la mezcladora, a fin de lograr una distribución uniforme e inmediata al mezclado en seco.

Los dispositivos para la dosificación estarán provistos de medios exactos de medición y control de temperaturas y pesos o volúmenes. La temperatura será medida en la cañería que conduce el asfalto a las válvulas de descarga a la entrada de la mezcladora.

- e) Colector de polvo: La planta estará equipada con un colector de polvo de tipo ciclón que recolecte el polvo producido en el proceso de alimentación y mezclado.

Este colector estará diseñado en forma de poder devolver, en caso necesario, el polvo recolectado o parte de él a la mezcladora, o de conducirlo al exterior a un lugar protegido para no causar contaminación ambiental.

- f) Laboratorio de campo: Se deberá contar con el equipo necesario para poder realizar ensayos de la categoría 1 según la subsección 810-2.04, con el objetivo de que antes de descargar el cemento asfáltico a los reservorios desde el tanquero-cisterna este sea evaluado y certificado. Se contará también con el equipo necesario para evaluar la composición de las mezclas y la temperatura de fabricación de las mismas.

- g) Medidas de seguridad: Las plantas deberán disponer de escaleras metálicas seguras para el acceso a las plataformas superiores, dispuestas de tal manera de tener acceso a todos los sitios de control de las



operaciones. Todas las piezas móviles como poleas, engranajes, cadenas, correas, etc., deberán hallarse debidamente protegidas para evitar cualquier posibilidad de accidentes con el personal. El espacio de acceso bajo la mezcladora para los camiones, deberá ser amplio, para maniobrar con facilidad a la entrada y a la salida. El contratista proveerá además de una plataforma de altura suficiente, para que el Fiscalizador pueda acceder con facilidad a tomar las muestras necesarias en los camiones de transporte de la mezcla.

1.- Exigencias especiales para plantas discontinuas:

- a) Dispositivos de dosificación: Las balanzas para pesar los agregados deberán ser capaces de producir medidas exactas para cada fracción, con una precisión de 0.5% del peso indicado para cualquier carga. Cada fracción que deba pesarse ingresará a un cajón de pesaje suspendido por las balanzas, con capacidad suficiente para recibir la totalidad de la parada con margen de seguridad para evitar el desborde. El cajón permanecerá cerrado y no deberá perder ningún material, hasta completar la parada total de agregados que ingresarán a la mezcladora el momento de la descarga de una manera instantánea. Los soportes del cajón de pesaje estarán libres de cualquier interferencia para permitir un pesaje efectivo en todo momento.

Las balanzas serán de tipo dial sin resortes, de fabricación comercial reconocida y con escala que permita apreciar al menos 5 Kg, empezando su funcionamiento con un peso máximo de 45 Kg. La capacidad total de la balanza será hasta 1.5 veces la capacidad de la mezcladora por paradas.

El dial deberá estar provisto de agujas para señalar los pesos de cada fracción que se vaya vertiendo en el cajón de pesaje. El movimiento de las agujas estará diseñado para evitar cualquier reflexión sobre el dial y el cristal de protección no deberá permitir refracciones que dificulten la lectura precisa.

La balanza para pesar el material bituminoso deberá ser de idéntica factura que las balanzas para agregados, pero la subdivisión mínima de la escala será de 1 Kg y el dial deberá iniciar el control de pesaje con un peso máximo de 5 Kg. La capacidad de estas balanzas para pesar materiales bituminosos será 1.15 veces mayor que el peso del asfalto a agregar a cada parada.

Las balanzas, tanto para los agregados como para el asfalto deberán ser calibradas tantas veces como el Fiscalizador lo juzgue conveniente para asegurar la continuidad y uniformidad del pesaje. El Contratista deberá disponer del equipo necesario para la calibración, incluyendo las pesas apropiadas, y deberá prestar todas las facilidades para que se efectúe la

comprobación a satisfacción del Fiscalizador.

La precisión del equipo para medir el asfalto estará dentro del 0.5% de tolerancia sobre cualquier peso requerido.

Una vez pesado el asfalto que se utilizará en una parada, se accionarán las válvulas manual o automáticamente, para descargar el asfalto dentro de la mezcladora en un lapso máximo de 15 segundos. La descarga del asfalto deberá producirse en cuanto la mezcladora termine su período de mezclado de los agregados en seco.

- b) Mezcladora: La mezcladora será de paletas giratorias dobles, para mezcla tipo amasado, con un número suficiente de paletas para producir una mezcla homogénea y dentro de las tolerancias fijadas para la fórmula maestra de obra. La separación entre ejes y paletas será tal que no cause fracturación del agregado grueso al momento del mezclado.

La mezcladora podrá ser de cajón cerrado o abierto con tapa móvil, para evitar pérdida del relleno mineral o material fino al momento del mezclado inicial. En todo caso, su diseño permitirá tomar con facilidad las muestras necesarias de la mezcla. Estará equipada con dispositivos exactos para medir y controlar el tiempo de mezclado por cada parada, con precisión de 5 segundos. Contará también con un registrador automático del número de paradas producidas.

## 2.- Exigencias especiales para plantas continuas:

- a) Dispositivos de dosificación, control y calibración: La planta de mezcla continua deberá incluir los dispositivos necesarios para la dosificación exacta de los agregados y el asfalto, sea por volumen o por peso. Previamente al ingreso al secador de la planta, los agregados en frío deberán estar completamente secos.

Cuando se efectúe un control de los agregados por volumen, cada tolva de almacenamiento individual dispondrá de una compuerta regulable exactamente, para formar el orificio de dosificación volumétrica, el cual será rectangular y ajustable en sus dimensiones, y deberá estar provisto de registradores para indicar la abertura en cualquier momento.

Las aberturas de salida de las tolvas serán calibradas por medio del pesaje de muestras tomadas de cada compartimiento, utilizando el equipo de control de las muestras proporcionado por el Contratista, equipo que permitirá una exactitud de pesaje dentro del 0.5% de error sobre el peso indicado.

Cuando se requiera de relleno mineral, éste será introducido a la mezcladora desde una tolva individual, equipada con un dispositivo

exacto para la dosificación, y que trabajará sincronizadamente con los alimentadores del agregado y del asfalto.

- b) Sincronización de la alimentación: La planta deberá contar con los medios adecuados para asegurar una sincronización efectiva entre el suministro de los agregados provenientes de las tolvas a la mezcladora, y el suministro del asfalto desde el dispositivo de dosificación, para lograr mezclas homogéneas y uniformes.

Las tolvas individuales de los agregados deberán estar provistas de dispositivos de señalización, para indicar el nivel del agregado y detener automáticamente el funcionamiento de la planta cuando la cantidad de agregado en la tolva sea insuficiente. Así mismo, el sistema de almacenamiento del asfalto dispondrá de dispositivos similares para control y parada de la planta en el momento oportuno.

- c) Mezcladora: La planta estará dotada de una mezcladora continua, de diseño capaz de producir una mezcla uniforme dentro de los límites de tolerancia fijados para la fórmula maestra de obra. Las paletas serán reversibles y de ángulo ajustable, para calibrar el paso de la mezcla. El embudo de descarga de la mezcla será tal que permita una descarga rápida y completa de toda la mezcla.

La planta deberá disponer de los datos de fábrica que señalen el régimen de alimentación de los agregados por minuto, para operación a velocidad normal. Deberá contar también con una placa que indique el contenido neto volumétrico de la mezcladora, a los varios niveles marcados en un limnómetro permanente.

**405-5.03.2. Equipo de transporte.-** Los camiones para el transporte del hormigón asfáltico serán de volteo y contarán con cajones metálicos cerrados y en buen estado. Para el uso, los cajones deberán ser limpiados cuidadosamente y recubiertos con aceite u otro material aprobado, para evitar que la mezcla se adhiera al metal. Una vez cargada, la mezcla deberá ser protegida con una cubierta de lona, para evitar pérdida de calor y contaminación con polvo u otras impurezas del ambiente.

**405-5.03.3. Equipo de distribución de la mezcla.-** La distribución de la mezcla asfáltica en el camino, será efectuada mediante el empleo de una máquina terminadora autopropulsada, que sea capaz de distribuir el hormigón asfáltico de acuerdo con los espesores, alineamientos, pendientes y ancho especificados.

Las terminadoras estarán provistas de una tolva delantera de suficiente capacidad para recibir la mezcla del camión de volteo; trasladará la mezcla al cajón posterior, que contendrá un tornillo sinfín para repartirla uniformemente en todo el ancho, que deberá ser regulable. Dispondrá también de una plancha enrasadora vibrante para igualar y apisonar la mezcla; esta plancha podrá ser fijada en diferentes alturas y pendientes para lograr la sección transversal especificada.

La descarga de la mezcla en la tolva de la terminadora deberá efectuarse cuidadosamente, en tal forma de impedir que los camiones golpeen la máquina y causen movimientos bruscos que puedan afectar a la calidad de la superficie terminada.

Para completar la distribución en secciones irregulares, así como para corregir algún pequeño defecto de la superficie, especialmente en los bordes, se usarán rastrillos manuales de metal y madera que deberán ser provistos por el Contratista.

**405-5.03.4. Equipo de compactación.-** El equipo de compactación podrá estar formado por rodillos lisos de ruedas de acero, rodillos vibratorios de fuerza de compactación equivalente y rodillos neumáticos autopropulsados. El número necesario de rodillos dependerá de la superficie y espesor de la mezcla que deberá compactarse, mientras se halla en condiciones trabajables.

Los rodillos lisos de tres ruedas deberán tener un peso entre 10 y 12 toneladas, y los tandem entre 8 y 10 toneladas. Los rodillos neumáticos serán de llantas lisas y tendrán una carga por rueda y una presión de inflado convenientes para el espesor de la carpeta. Como mínimo, para carpetas de 5 cm. de espesor compactado, tendrán 1.000 Kg por rueda y presión de inflado de 6.0 Kg/cm<sup>2</sup>.

**405-5.04. Ensayos y Tolerancias.-** Los agregados deberán cumplir los requisitos de calidad, cuyas pruebas están determinadas en la subsección 811-2. La granulometría será comprobada mediante el ensayo INEN 696, que se efectuará sobre muestras que se tomarán periódicamente de los acopios de existencia, de las tolvas de recepción en caliente y de la mezcla asfáltica preparada, para asegurar que se encuentre dentro de las tolerancias establecidas para la fórmula maestra de obra.

La calidad del material asfáltico será comprobada mediante las normas indicadas en la subsección 810-2 para cementos asfálticos.

La mezcla deberá cumplir los requisitos especificados en la Tabla 405-5.2.

Las muestras de hormigón asfáltico serán tomadas de la mezcla preparada de acuerdo con la fórmula maestra de obra, y sometidas a los ensayos según el método Marshall.

El hormigón asfáltico que se produzca en la planta deberá cumplir con la fórmula maestra de obra indicada en el numeral 405-5.05.1, dentro de las siguientes tolerancias:

- a) Peso de los agregados secos que pasen el tamiz de 1/2" (12.5 mm.) y mayores:  $\pm 8\%$ .
- b) Peso de los agregados secos que pasen los tamices de 3/8" (9.5 mm.) y

- Nº. 4 (4.75 mm.):  $\pm 7\%$ .
- c) Peso de los agregados secos que pasen los tamices Nº 8 (2.36 mm.) y Nº 16 (1.18 mm.):  $\pm 6\%$ .
- d) Peso de los agregados secos que pasen los tamices Nº 30 (0.60 mm.) y Nº 50 (0.30 mm.):  $\pm 5\%$ .
- e) Peso de los agregados secos que pasen el tamiz Nº 100 (0.15 mm.):  $\pm 4\%$ .
- f) Peso de los agregados secos que pasen el tamiz Nº 200 (0.075 mm.):  $\pm 3\%$
- g) Dosificación del material asfáltico en peso:  $\pm 0.3\%$
- h) Temperatura de la mezcla al salir de la mezcladora:  $\pm 10^{\circ}\text{C}$ .
- i) Temperatura de la mezcla al colocarla en el sitio:  $\pm 10^{\circ}\text{C}$ .

El espesor de la capa terminada de hormigón asfáltico no deberá variar en más de 6 mm. de lo especificado en los planos; sin embargo, el promedio de los espesores medidos, en ningún caso será menor que el espesor establecido en el contrato.

Las cotas de la superficie terminada no deberán variar en más de un centímetro de las cotas establecidas en los planos. La pendiente transversal de la superficie deberá ser uniforme y lisa, y en ningún sitio tendrá una desviación mayor a 6 mm. con el perfil establecido.

Concluida la compactación de la carpeta asfáltica, el Fiscalizador deberá comprobar los espesores, la densidad de la mezcla y su composición, a intervalos de 500 a 800 metros lineales en sitios elegidos al azar, a los lados del eje del camino, mediante extracción de muestras. El contratista deberá rellenar los huecos originados por las comprobaciones, con la misma mezcla asfáltica y compactarla a satisfacción del Fiscalizador, sin que se efectúe ningún pago adicional por este trabajo.

Cuando las mediciones de comprobación indicadas señalen para el espesor una variación mayor que la especificada arriba, o cuando el ensayo de densidad indique un valor inferior al 97% de la densidad máxima establecida en el laboratorio, o cuando la composición de la mezcla no se encuentre dentro de las tolerancias admitidas, el Fiscalizador efectuará las mediciones adicionales necesarias para definir con precisión el área de la zona deficiente. En caso de encontrarse sectores inaceptables, tanto en espesor como en composición o en densidad, el Contratista deberá reconstruir completamente el área afectada, a su costa, y de acuerdo con las instrucciones del Fiscalizador.

**405.5.04 Ensayos y Tolerancias.-** Las mezclas asfálticas de Granulometría cerrada (densa) y semicerrada deberán cumplir con los requisitos especificados en la tabla 405.5.4. Las mezclas asfálticas de Granulometría Abierta deben cumplir los mismos requisitos de estabilidad y flujo Marshall establecidos para mezclas anteriores. Adicionalmente a los requisitos ya nombrados será necesario demostrar la resistencia de la mezcla al daño causado por el agua mediante el método ASTM D4867 y el ensayo de tracción indirecta (ASTM D4123, CABEZAL LOTTMAN), debiendo las mezclas mantener una resistencia residual superior al 80 %. En caso de no cumplirse este requisito, se considerará el cambio de agregados o de cemento asfáltico, o el empleo de un aditivo promotor de adherencia.

También se podrá evaluar la resistencia al daño por el agua mediante el ensayo ASTM D3625 de peladura por agua hirviendo; el que no deberá mostrar evidencia alguna de peladura en la mezcla.

En las vías con tráfico catalogado como muy pesado, las mezclas asfálticas a emplearse para la capa de rodadura deben de ser sometidas además a un estudio detallado que incluya:

- ?? Determinación de la curva reológica, es decir, la variación del módulo elástico de la mezcla a diferentes temperaturas.
- ?? Evaluación de su comportamiento ante las deformaciones plásticas.
- ?? Evaluación de su comportamiento a la fatiga.

Ya que estos estudios pueden realizarse con diferentes equipos y procedimientos, los mismos estarán especificados en el contrato.

Para el diseño de las mezclas asfálticas abiertas se recomienda determinar previamente un contenido de asfalto referencial por alguna ecuación que relacione el mismo con la superficie específica de los agregados combinados.

En las mezclas asfálticas tipo E y G, si existe material retenido en el tamiz INEN 25.4 mm, tanto la estabilidad como el flujo se deberán evaluar siguiendo el llamado Método Marshall Modificado. El procedimiento es básicamente el mismo que el método estándar excepto por ciertas diferencias debido al tamaño del agregado, las cuales son:

- 1.- El martillo pesa 10.2 Kg. y tiene 149.4 mm de diámetro. Solo se permite utilizar un equipo mecánico para darle los 457 mm de caída, igual que al método estándar.
- 2.- La briqueta tiene 152.4 mm de diámetro y un promedio de 95.2 mm de altura.
- 3.- Se elabora una briqueta a la vez, la mezcla necesaria para la misma pesa alrededor de 4 Kg.
- 4.- Tanto el molde de compactación como el molde de ensayo

serán de 152.4 mm de diámetro.

- 5.- La mezcla es colocada en el molde en dos capas, a cada capa se la debe escarificar con la espátula como a una briqueta estándar.
- 6.- El número de golpes requerido para estas briquetas es 1.5 veces que el requerido para las briquetas de tamaño estándar para obtener una compactación equivalente.
- 7.- La estabilidad mínima será de 2.25 veces y el flujo máximo será 1.5 veces el mismo criterio listado en la tabla 405.5.4 para briquetas de tamaño estándar.
- 8.- Similar al procedimiento estándar, la Tabla No. 405.5.3. debe ser usada para convertir la estabilidad medida a un valor equivalente referido a un espécimen de 95.2 mm de altura.

**TABLA 405-5.3**

<b>Altura Aproximada (mm)</b>	<b>Volumen del Espécimen (cc)</b>	<b>Factor de Ajuste</b>
88.9	1608 a 1626	1.12
90.5	1637 a 1665	1.09
92.1	1666 a 1694	1.06
93.7	1695 a 1723	1.03
95.2	1724 a 1752	1.00
96.8	1753 a 1781	0.97
98.4	1782 a 1810	0.95
100.0	1811 a 1839	0.92
101.6	1840 a 1868	0.90

Se realizará una serie de 3 extracciones de núcleos como mínimo cada 10.000 m<sup>2</sup> o por cada 1.000 toneladas de mezcla para la carpeta de rodadura con vista a comprobar la densidad en el sitio. Se harán por lo menos 15 determinaciones de densidades por medio de un densímetro nuclear cada 10.000 m<sup>2</sup> o por cada 1.000 toneladas de carpeta de rodadura. Los puntos específicos donde se realizarán estas evaluaciones deberán determinarse previamente por métodos estadísticos empleando una tabla de números aleatorios.

TABLA 405.5.4

<b>TIPO DE TRAFICO</b>	<b>Muy Pesado</b>		<b>Pesado</b>		<b>Medio</b>		<b>Liviano</b>	
<b>CRITERIOS MARSHALL</b>	<b>Min.</b>	<b>Max.</b>	<b>Min.</b>	<b>Max.</b>	<b>Min.</b>	<b>Max.</b>	<b>Min.</b>	<b>Max.</b>
No. De Golpes/Cara	75		75		50		50	
Estabilidad (libras)	2200	----	1800	----	1200	----	1000	2400
Flujo (pulgada/100)	8	14	8	14	8	16	8	16
% de vacíos en mezcla								
- Capa de Rodadura	3	5	3	5	3	5	3	5
- Capa Intermedia	3	8	3	8	3	8	3	8
- Capa de Base	3	9	3	9	3	9	3	9
% Vacíos agregados	VER TABLA 405-5.5							
Relación filler/betún	0.8	1.2	0.8	1.2				
% Estabilidad retenida luego 7 días en agua temperatura ambiente								
- Capa de Rodadura	70	----	70	----				
- Intermedia o base	60	----	60	----				

**Notas:**



1.- Las mezclas asfálticas en caliente de base que no cumplan estos criterios, cuando se ensayen a 60 °C, se consideran satisfactorias si cumplen con los criterios cuando se ensayan a 38 °C, y se colocan 100mm por debajo de la superficie.

2.- **Clasificación del tráfico.** Es función de la intensidad media diaria de vehículos pesados (IMDP) esperada por el carril de diseño en el momento de poner en funcionamiento la vía, luego de su construcción o de su rehabilitación. Los vehículos pesados no comprenden autos, camionetas ni tractores sin remolque.

<b>TRAFICO</b>	<b>IMDP</b>
Liviano	Menos de 50
Medio	50 a 200
Pesado	200 a 1000
Muy pesado	Más de 1000

**TABLA 405-5.5**

<b>Tipo de Mezcla</b>	<b>VAM, Mínimo (%)</b>
A	16
B	15
C, D	14
E	13

**NOTA:** Las mezclas abiertas se excluyen de esta comprobación.

#### **405-5.05. Procedimientos de trabajo.**

**405-5.05.1.Fórmula Maestra de Obra.-** Antes de iniciarse ninguna preparación de hormigón asfáltico para utilizarlo en obra, el Contratista deberá presentar al Fiscalizador el diseño de la fórmula maestra de obra, preparada en base al estudio de los materiales que se propone utilizar en el trabajo. El Fiscalizador efectuará las revisiones y comprobaciones pertinentes, a fin de autorizar la producción de la mezcla asfáltica. Toda la mezcla del hormigón asfáltico deberá ser realizada de acuerdo con esta fórmula maestra, dentro de las tolerancias aceptadas en el numeral 405-5.04, salvo que sea necesario modificarla durante el trabajo, debido a variaciones en los materiales.

La fórmula maestra establecerá:

- 1) las cantidades de las diversas fracciones definidas para los agregados;
- 2) el porcentaje de material asfáltico para la dosificación, en relación al

peso total de todos los agregados, inclusive el relleno mineral y aditivos para el asfalto si se los utilizare;

- 3) la temperatura que deberá tener el hormigón al salir de la mezcladora, y
- 4) la temperatura que deberá tener la mezcla al colocarla en sitio.

**405-5.05.2.Dosificación y Mezclado.-** Los agregados para la preparación de las mezclas de hormigón asfáltico deberán almacenarse separadamente en tolvas individuales, antes de entrar a la planta. La separación de las diferentes fracciones de los agregados será sometida por el Contratista a la aprobación del Fiscalizador. Para el almacenaje y el desplazamiento de los agregados de estas tolvas al secador de la planta, deberá emplearse medios que eviten la segregación o degradación de las diferentes fracciones.

Los agregados se secarán en el horno secador por el tiempo y a la temperatura necesarios para reducir la humedad a un máximo de 1%; al momento de efectuar la mezcla, deberá comprobarse que los núcleos de los agregados cumplan este requisito. El calentamiento será uniforme y graduado, para evitar cualquier deterioro de los agregados. Los agregados secos y calientes pasarán a las tolvas de recepción en la planta asfáltica, desde donde serán dosificados en sus distintas fracciones, de acuerdo con la fórmula maestra de obra, para ser introducidos en la mezcladora.

- a) Dosificación: El contratista deberá disponer del número de tolvas que considere necesarias para obtener una granulometría que cumpla con todos los requerimientos según el tipo de mezcla asfáltica especificada para el respectivo proyecto.

De ser necesario podrá utilizar relleno mineral, que lo almacenará en un compartimiento cerrado, desde donde se lo alimentará directamente a la mezcladora, a través de la balanza para el pesaje independiente de los agregados, en el caso de usarse plantas mezcladora por paradas. Si se utiliza una planta de mezcla continua, el relleno mineral será introducido directamente a la mezcladora, a través de una alimentadora continua eléctrica o mecánica, provista de medios para la calibración y regulación de cantidad .

- b) Mezclado: La mezcla de los agregados y el asfalto será efectuada en una planta central de mezcla continua o por paradas. Según el caso, los agregados y el asfalto podrán ser dosificados por volumen o al peso.

La cantidad de agregados y asfalto por mezclar estará dentro de los límites de capacidad establecida por el fabricante de la planta, para la carga de cada parada o la razón de alimentación en las mezcladoras continuas. De todos modos, de existir sitios en donde los materiales no se agiten suficientemente para lograr una mezcla uniforme, deberá reducirse la cantidad de los materiales para cada mezcla.

La temperatura del cemento asfáltico, al momento de la mezcla, estará

entre los 135 °C y 160 °C, y la temperatura de los agregados, al momento de recibir el asfalto, deberá estar entre 120 °C y 160 °C. En ningún caso se introducirá en la mezcladora el árido a una temperatura mayor en más de 10 °C que la temperatura del asfalto.

El tiempo de mezclado de una carga se medirá desde que el cajón de pesaje comience a descargar los agregados en la mezcladora, hasta que se descargue la mezcla. Este tiempo debe ser suficiente para que todos los agregados estén recubiertos del material bituminoso y se logre una mezcla uniforme; generalmente se emplea un tiempo de un minuto aproximadamente.

En caso de que la planta esté provista de dispositivos de dosificación y control automáticos, el contratista podrá utilizarlos ajustándolos a la fórmula maestra y calibrando los tiempos de ciclo.

Si se utilizan plantas de mezcla continua, se introducirá a la mezcladora cada fracción de agregados y el relleno mineral si es necesario, por medio de una alimentadora continua, mecánica o eléctrica, que los traslade de cada tolva individual con abertura debidamente calibrada. El asfalto se introducirá a la mezcladora por medio de una bomba, que estará provista de un dispositivo de calibración y de control de flujo.

La temperatura a la que se debe mezclar los agregados y el cemento asfáltico será proporcionada por el gráfico temperatura-viscosidad según el cemento asfáltico recibido en la planta. Para mezclas cerradas y semicerradas la temperatura de mezclado más adecuada es aquella en que la viscosidad del ligante está comprendida entre 1,5 y 3,0 Poises, mientras que para mezclas abiertas la viscosidad debe estar entre 3,0 y 10,0 Poises. Se tenderá a que la temperatura del cemento asfáltico y los agregados sea la misma .

**405-5.05.3.Distribución.-** La distribución del hormigón asfáltico deberá efectuarse sobre una base preparada, de acuerdo con los requerimientos contractuales, imprimada, limpia y seca, o sobre un pavimento existente.

Esta distribución no se iniciará si no se dispone en la obra de todos los medios suficientes de transporte, distribución, compactación, etc., para lograr un trabajo eficiente y sin demoras que afecten a la obra.

Además, el Fiscalizador rechazará todas las mezclas heterogéneas, sobrecalentadas o carbonizadas, todas las que tengan espuma o presenten indicios de humedad y todas aquellas en que la envoltura de los agregados con el asfalto no sea perfecta.

Una vez transportada la mezcla asfáltica al sitio, será vertida por los camiones en la máquina terminadora, la cual esparcirá el hormigón asfáltico sobre la superficie seca y preparada. Para evitar el desperdicio de la mezcla debido a lluvias

repentinamente, el contratista deberá disponer de un equipo de comunicación confiable, entre la planta de preparación de la mezcla y el sitio de distribución en la vía .

La colocación de la carpeta deberá realizarse siempre bajo una buena iluminación natural o artificial. La distribución que se efectúe con las terminadoras deberá guardar los requisitos de continuidad, uniformidad, ancho, espesor, textura, pendientes, etc., especificados en el contrato.

El Fiscalizador determinará el espesor para la distribución de la mezcla, a fin de lograr el espesor compactado especificado. De todos modos, el máximo espesor de una capa será aquel que consiga un espesor compactado de 7.5 centímetros. El momento de la distribución se deberá medir los espesores a intervalos, a fin de efectuar de inmediato los ajustes necesarios para mantener el espesor requerido en toda la capa.

Las juntas longitudinales de la capa superior de una carpeta deberán ubicarse en la unión de dos carriles de tránsito; en las capas inferiores deberán ubicarse a unos 15 cm. de la unión de los carriles en forma alternada, a fin de formar un traslapo. Para formar las juntas transversales de construcción, se deberá recortar verticalmente todo el ancho y espesor de la capa que vaya a continuarse.

En secciones irregulares pequeñas, en donde no sea posible utilizar la terminadora, podrá completarse la distribución manualmente, respetando los mismos requisitos anotados arriba.

**405.5.05.4 Compactación :** La mejor temperatura para empezar a compactar la mezcla recién extendida, dentro del margen posible que va de 163 a 85 °C, es la máxima temperatura a la cual la mezcla puede resistir el rodillo sin desplazarse horizontalmente.

Con la compactación inicial deberá alcanzarse casi la totalidad de la densidad en obra y la misma se realizará con rodillos lisos de ruedas de acero vibratorios, continuándose con compactadores de neumáticos con presión elevada. Con la compactación intermedia se sigue densificando la mezcla antes que la misma se enfríe por debajo de 85 °C y se va sellando la superficie.

Al utilizar compactadores vibratorios se tendrá en cuenta el ajuste de la frecuencia y la velocidad del rodillo, para que al menos se produzcan 30 impactos de vibración por cada metro de recorrido. Para ello se recomienda usar la frecuencia nominal máxima y ajustar la velocidad de compactación. Con respecto a la amplitud de la vibración, se deberá utilizar la recomendación del fabricante para el equipo en cuestión.

En la compactación de capas delgadas no se debe usar vibración y la velocidad de la compactadora no deberá superar los 5 km/hora. Además,

ante mezclas asfálticas con bajas estabilidades el empleo de compactadores neumáticos deberá hacerse con presiones de neumáticos reducidas.

Con la compactación final se deberá mejorar estéticamente la superficie, eliminando las posibles marcas dejadas en la compactación intermedia. Deberá realizarse cuando la mezcla esté aún caliente empleando rodillos lisos metálicos estáticos o vibratorios (sin emplear vibración en este caso)

En capas de gran espesor o ante materiales muy calientes se recomienda dar las dos primeras pasadas sin vibración para evitar marcas difíciles de eliminar posteriormente. Ante esta situación, si se utilizaran rodillos neumáticos, se aconseja comenzar a compactar con presiones bajas en los neumáticos aumentando paulatinamente la misma según el comportamiento de la capa.

Se deben realizar tramos de prueba para establecer el patrón de compactación para minimizar el número de pasadas en la zona apropiada de temperatura y obtener la densidad deseada. El patrón de compactación podrá variar de proyecto en proyecto, según las condiciones climáticas, los equipos utilizados, el tipo de mezcla, el patrón de recorrido, etc. La secuencia de las operaciones de compactación y la selección de los tipos de compactadores tiene que proveer la densidad de pavimentación especificada. El Fiscalizador deberá aprobar el patrón de compactación propuesto por el Contratista para la obra en cuestión.

A menos que se indique lo contrario, la compactación tiene que comenzar en los costados y proceder longitudinalmente paralelo a la línea central del camino, recubriendo cada recorrido la mitad del ancho de la compactadora, progresando gradualmente hacia el coronamiento del camino. Cuando la compactación se realice en forma escalonada o cuando limite con una vía colocada anteriormente, la junta longitudinal tiene que ser primeramente compactada, siguiendo con el procedimiento normal de compactación. En curvas peraltadas, la compactación tiene que comenzar en el lado inferior y progresar hacia el lado superior, superponiendo recorridos longitudinales paralelos a la línea central.

Para impedir que la mezcla se adhiera a las compactadoras, puede que sea necesario mantener las ruedas adecuadamente humedecidas con agua, o agua mezclada con cantidades muy pequeñas de detergente u otro material aprobado. No se admitirá el exceso de líquido ni el empleo de fuel oil para este fin.

En los lugares inaccesibles a los rodillos se deberá efectuar la compactación de la mezcla con pisones mecánicos, hasta obtener la densidad y acabado especificados.

La capa de hormigón asfáltico compactada deberá presentar una textura lisa y uniforme, sin fisuras ni rugosidades, y estará construida de conformidad con los alineamientos, espesores, cotas y perfiles estipulados en el contrato.

Mientras esté en proceso la compactación, no se permitirá ninguna circulación vehicular.

Cuando deba completarse y conformarse los espaldones adyacentes a la carpeta, deberán recortarse los bordes a la línea establecida en los planos.

El contratista deberá observar cuidadosamente la densidad durante el proceso de compactación mediante la utilización de instrumentos nucleares de la medición de la densidad para asegurar que se está obteniendo la compactación mínima requerida.

**405-5.05.5.Sellado.-** Si los documentos contractuales estipulan la colocación de una capa de sello sobre la carpeta terminada, ésta se colocará de acuerdo con los requerimientos correspondientes determinados en la subsección 405-6 y cuando el Fiscalizador lo autorice, que en ningún caso será antes de una semana de que la carpeta haya sido abierta al tránsito público.

**405-5.06. Medición.-** Las cantidades a pagarse por la construcción de las carpetas de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en planta, serán los metros cuadrados de superficie cubierta con un espesor compactado especificado. La medición se efectuará en base a la proyección en un plano horizontal del área pavimentada y aceptada por el Fiscalizador.

En casos especiales la medición para el pago podrá también ser efectuada en toneladas de mezcla efectivamente usada para la construcción de la carpeta, de acuerdo con los planos, especificaciones y más estipulaciones contractuales. En este caso, se computarán para el pago las toneladas pesadas y transportadas en los volquetes.

En todo caso, la forma de pago estará determinada en el contrato, sea en toneladas de hormigón suelto o en metros cuadrados de carpeta compactada al espesor requerido.

**405-5.07. Pago.-** Las cantidades determinadas en cualquiera de las formas establecidas en el numeral anterior, serán pagadas a los precios señalados en el contrato para los rubros siguientes.

Estos precios y pago constituirán la compensación total por el suministro de los agregados y el asfalto, la preparación en planta en caliente del hormigón asfáltico, el transporte, la distribución, terminado y compactación de la mezcla, la limpieza de la superficie que recibirá el hormigón asfáltico; así como por la mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas en el completamiento de los trabajos descritos en esta sección.

<b>Nº del Rubro de Pago y Designación</b>	<b>Unidad de Medición</b>
405-5 Capa de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en planta de....cm. de espesor.....	Metro cuadrado (m <sup>2</sup> )

405-5 (1) Capa de rodadura de hormigón asfáltico  
mezclado en planta.....Tonelada (t)

#### **405-5(E) Hormigón Asfáltico Mezclado en Planta y en frío**

**405-5.01. Descripción.-** Este trabajo consistirá en la construcción de capas de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en planta y en frío, constituido por agregados en la granulometría especificada, relleno mineral, si es necesario, y asfalto emulsionado, mezclado en una planta central, y colocado sobre una base debidamente preparada o un pavimento existente, de acuerdo con lo establecido en los documentos contractuales.

**405-5.02 Materiales.** El tipo y grado de emulsión que deberá emplearse en la mezcla se determinará en la fórmula de trabajo.

Los agregados que se emplearán en la mezcla en planta, podrán estar constituidos por roca o grava triturada total o parcialmente, materiales fragmentados naturalmente, arenas y relleno mineral. Los agregados estarán compuestos por fragmentos limpios, sólidos y resistentes, de uniformidad razonable, exentos de polvo, arcilla u otras materias extrañas.

#### **405-5.03. Equipo .-**

**405-5.03.1.Plantas mezcladoras.-** Las plantas para la preparación de hormigón asfáltico en frío utilizadas por el Contratista, serán idénticas y de similares características que las que se usan en mezclas en caliente, eliminando el tambor secador de áridos, además de lo cual todas deberán satisfacer las exigencias siguientes:

- a) **Equipo para manejo de la emulsión:** Los tanques para almacenamiento de la emulsión deberán estar equipados con serpentines de circulación. Los tanques para almacenamiento deberán tener capacidad suficiente de reserva para al menos un día de trabajo sin interrupciones; el sistema de circulación a las balanzas de dosificación, mezcladora, etc., deberá tener capacidad suficiente para un caudal uniforme. Deberá proveerse de dispositivos confiables para medición y muestreo de la emulsión de los tanques.
- b) **Cribas y tolvas de recepción:** La planta dispondrá de las cribas suficientes para tamizar el agregado y separarlo en las graduaciones requeridas para alojarlas en las diferentes tolvas individuales de recepción.

Los tamices a utilizarse para la separación de las diferentes graduaciones, no permitirán que cualquier tolva reciba más de un 10% de material de tamaño mayor o menor que el especificado.

Las tolvas para almacenamiento del agregado para conservar una cantidad de agregados que permita la alimentación de la mezcladora trabajando a su máximo rendimiento. Existirán al menos tres tolvas para las diferentes graduaciones, y una adicional para el relleno mineral que se utilizará cuando sea necesario. Cada tolva individual estará provista de un desbordamiento que impida la entrada del exceso de material de uno a otro compartimiento, y que descargue este exceso hasta el piso.

Las tolvas estarán provistas de dispositivos para control de la cantidad de agregados y extracción de muestras en cualquier momento.

- c) **Dispositivos para dosificación de la emulsión.**- Estarán provistos de balanzas de pesaje o de dispositivos de medición y calibración de la emulsión, para asegurar que la dosificación de la mezcla se halle dentro de las tolerancias especificadas en la fórmula maestra de obra.

La emulsión medida, ya sea por peso o por volumen, deberá ser descargada a la mezcladora, mediante una abertura o una barra esparcidora cuya longitud será al menos igual a las tres cuartas partes de la longitud de la mezcladora, a fin de lograr una distribución uniforme e inmediata al mezclado.

Los dispositivos para la dosificación estarán provistos de medios exactos de medición y control.

- h) **Laboratorio de campo:** Se deberá contar con el equipo necesario para poder realizar ensayos de la emulsión, con el objetivo de que antes de descargar la emulsión a los reservorios desde el tanquero-cisterna éste sea evaluado y certificado.
- i) **Medidas de seguridad:** Las plantas deberán disponer de escaleras metálicas seguras para el acceso a las plataformas superiores, dispuestas de tal manera de tener acceso a todos los sitios de control de las operaciones. Todas las piezas móviles como poleas, engranajes, cadenas, correas, etc., deberán hallarse debidamente protegidas para evitar cualquier posibilidad de accidentes con el personal. El espacio de acceso bajo la mezcladora para los camiones, deberá ser amplio, para maniobrar con facilidad a la entrada y a la salida. El contratista proveerá además de una plataforma de altura suficiente, para que el Fiscalizador pueda acceder con facilidad a tomar las muestras necesarias en los camiones de transporte de la mezcla.

### 1.- Exigencias especiales para plantas discontinuas:

- a) **Dispositivos de dosificación:** Las balanzas para pesar los agregados deberán ser capaces de producir medidas exactas para cada fracción,



con una precisión de 0.5% del peso indicado para cualquier carga. Cada fracción que deba pesarse ingresará a un cajón de pesaje suspendido por las balanzas, con capacidad suficiente para recibir la totalidad de la parada con margen de seguridad para evitar el desborde. El cajón permanecerá cerrado y no deberá perder ningún material, hasta completar la parada total de agregados que ingresarán a la mezcladora el momento de la descarga de una manera instantánea. Los soportes del cajón de pesaje estarán libres de cualquier interferencia para permitir un pesaje efectivo en todo momento.

Las balanzas serán de tipo dial sin resortes, de fabricación comercial reconocida y con escala que permita apreciar al menos 5 Kg, empezando su funcionamiento con un peso máximo de 45 Kg. La capacidad total de la balanza será hasta 1.5 veces la capacidad de la mezcladora por paradas.

El dial deberá estar provisto de agujas para señalar los pesos de cada fracción que se vaya vertiendo en el cajón de pesaje. El movimiento de las agujas estará diseñado para evitar cualquier reflexión sobre el dial y el cristal de protección no deberá permitir refracciones que dificulten la lectura precisa.

La balanza para pesar el material bituminoso (emulsión), deberá ser de idéntica factura que las balanzas para agregados, pero la subdivisión mínima de la escala será de 1 Kg y el dial deberá iniciar el control de pesaje con un peso máximo de 5 Kg. La capacidad de estas balanzas para pesar materiales bituminosos será 1.15 veces mayor que el peso de la emulsión a agregar a cada parada.

Las balanzas, tanto para los agregados como para la emulsión, deberán ser calibradas tantas veces como el Fiscalizador lo juzgue conveniente para asegurar la continuidad y uniformidad del pesaje. El Contratista deberá disponer del equipo necesario para la calibración, incluyendo las pesas apropiadas, y deberá prestar todas las facilidades para que se efectúe la comprobación a satisfacción del Fiscalizador.

La precisión del equipo para medir el asfalto estará dentro del 0.5% de tolerancia sobre cualquier peso requerido.

Una vez pesada la emulsión que se utilizará en una parada, se accionarán las válvulas manual o automáticamente, para descargarla dentro de la mezcladora en un lapso máximo de 15 segundos. Esta descarga deberá producirse en cuanto la mezcladora termine su período de mezclado de los agregados.

- b) **Mezcladora:** La mezcladora será de paletas giratorias dobles, para mezcla tipo amasado, con un número suficiente de paletas para producir una mezcla homogénea y dentro de las tolerancias fijadas para

la fórmula maestra de obra. La separación entre ejes y paletas será tal que no cause fracturación del agregado grueso al momento del mezclado.

La mezcladora podrá ser de cajón cerrado o abierto con tapa móvil, para evitar pérdida del relleno mineral o material fino al momento del mezclado inicial. En todo caso, su diseño permitirá tomar con facilidad las muestras necesarias de la mezcla. Estará equipada con dispositivos exactos para medir y controlar el tiempo de mezclado por cada parada, con precisión de 5 segundos. Contará también con un registrador automático del número de paradas producidas.

## 2.- Exigencias especiales para plantas continuas:

- a) **Dispositivos de dosificación, control y calibración:** La planta de mezcla continua deberá incluir los dispositivos necesarios para la dosificación exacta de los agregados y la emulsión, sea por volumen o por peso.

Cuando se efectúe un control de los agregados por volumen, cada tolva de almacenamiento individual dispondrá de una compuerta regulable exactamente, para formar el orificio de dosificación volumétrica, el cual será rectangular y ajustable en sus dimensiones, y deberá estar provisto de registradores para indicar la abertura en cualquier momento.

Las aberturas de salida de las tolvas serán calibradas por medio del pesaje de muestras tomadas de cada compartimiento, utilizando el equipo de control de las muestras proporcionado por el Contratista, equipo que permitirá una exactitud de pesaje dentro del 0.5% de error sobre el peso indicado.

Cuando se requiera de relleno mineral, éste será introducido a la mezcladora desde una tolva individual, equipada con un dispositivo exacto para la dosificación, y que trabajará sincronizadamente con los alimentadores del agregado y de la emulsión.

- b) **Sincronización de la alimentación:** La planta deberá contar con los medios adecuados para asegurar una sincronización efectiva entre el suministro de los agregados provenientes de las tolvas a la mezcladora, y el suministro de la emulsión desde el dispositivo de dosificación, para lograr mezclas homogéneas y uniformes.

Las tolvas individuales de los agregados deberán estar provistas de dispositivos de señalización, para indicar el nivel del agregado y detener automáticamente el funcionamiento de la planta cuando la cantidad de agregado en la tolva sea insuficiente. Así mismo, el sistema de almacenamiento de la emulsión dispondrá de dispositivos similares para control y parada de la planta en el momento oportuno.

- c) **Mezcladora:** La planta estará dotada de una mezcladora continua, de diseño capaz de producir una mezcla uniforme dentro de los límites de tolerancia fijados para la fórmula maestra de obra. Las paletas serán reversibles y de ángulo ajustable, para calibrar el paso de la mezcla. El embudo de descarga de la mezcla será tal que permita una descarga rápida y completa de toda la mezcla.

La planta deberá disponer de los datos de fábrica que señalen el régimen de alimentación de los agregados por minuto, para operación a velocidad normal. Deberá contar también con una placa que indique el contenido neto volumétrico de la mezcladora, a los varios niveles marcados en un limnómetro permanente.

**405-5.03.2. Equipo de transporte.-** Los camiones para el transporte del hormigón emulsionado serán de volteo y contarán con cajones metálicos cerrados y en buen estado. Una vez cargada, la mezcla deberá ser protegida con una cubierta de lona, para evitar la contaminación con polvo u otras impurezas del ambiente.

**405-5.03.3. Equipo de distribución de la mezcla.-** La distribución de la mezcla emulsionada en el camino, será efectuada mediante el empleo de una máquina terminadora autopropulsada, que sea capaz de distribuir esta mezcla de acuerdo con los espesores, alineamientos, pendientes y ancho especificados.

Las terminadoras estarán provistas de una tolva delantera de suficiente capacidad para recibir la mezcla del camión de volteo; trasladará la mezcla al cajón posterior, que contendrá un tornillo sinfín para repartirla uniformemente en todo el ancho, que deberá ser regulable. Dispondrá también de una plancha enrasadora vibrante para igualar y apisonar la mezcla; esta plancha podrá ser fijada en diferentes alturas y pendientes para lograr la sección transversal especificada.

La descarga de la mezcla en la tolva de la terminadora deberá efectuarse cuidadosamente, en tal forma de impedir que los camiones golpeen la máquina y causen movimientos bruscos que puedan afectar a la calidad de la superficie terminada.

Para completar la distribución en secciones irregulares, así como para corregir algún pequeño defecto de la superficie, especialmente en los bordes, se usarán rastrillos manuales de metal y madera que deberán ser provistos por el Contratista.

**405-5.03.4. Equipo de compactación.-** El equipo de compactación podrá estar formado por rodillos lisos de ruedas de acero, rodillos vibratorios de fuerza de compactación equivalente y rodillos neumáticos autopropulsados. El número necesario de rodillos dependerá de la superficie y espesor de la mezcla que deberá compactarse, mientras se halla en condiciones trabajables.

Los rodillos lisos de tres ruedas deberán tener un peso entre 10 y 12 toneladas, y los tandem entre 8 y 10 toneladas. Los rodillos neumáticos serán de llantas lisas y tendrán una carga por rueda y una presión de inflado convenientes para el espesor de la carpeta. Como mínimo, para carpetas de 5 cm. de espesor compactado, tendrán 1.000 Kg por rueda y presión de inflado de 6.0 Kg/cm<sup>2</sup>.

**405-5.04. Ensayos y Tolerancias.-** Los agregados para capa de rodadura tendrán una granulometría cuyo tamaño nominal sea de ½”, es decir que el 100 % pase el tamiz ¾”, según la tabla VII-5 del Manual MS-19 y deberán cumplir los requisitos de calidad, cuyas pruebas están determinadas en el mismo Manual del Instituto del Asfalto. La granulometría será comprobada mediante el ensayo INEN 696, que se efectuará sobre muestras que se tomarán periódicamente de los acopios de existencia, de las tolvas de recepción y de la mezcla emulsionada preparada, para asegurar que se encuentre dentro de las tolerancias establecidas para la fórmula maestra de obra.

Las características de la emulsión y de la mezcla deberán cumplir con los requisitos señalados en el Manual MS-19.

Las muestras de hormigón emulsionado serán tomadas de la mezcla preparada de acuerdo con la fórmula maestra de obra, y sometidas a los ensayos según el método Marshall Modificado.

El espesor de la capa terminada de hormigón emulsionado no deberá variar en más de 6 mm. de lo especificado en los planos; sin embargo, el promedio de los espesores medidos, en ningún caso será menor que el espesor establecido en el contrato.

Las cotas de la superficie terminada no deberán variar en más de un centímetro de las cotas establecidas en los planos. La pendiente transversal de la superficie deberá ser uniforme y lisa, y en ningún sitio tendrá una desviación mayor a 6 mm. con el perfil establecido.

Concluida la compactación de la carpeta asfáltica en frío, el Fiscalizador deberá comprobar los espesores, la densidad de la mezcla y su composición, a intervalos de 500 a 800 metros lineales en sitios elegidos al azar, a los lados del eje del camino, mediante extracción de muestras. El contratista deberá rellenar los huecos originados por las comprobaciones, con la misma mezcla asfáltica y compactarla a satisfacción del Fiscalizador, sin que se efectúe ningún pago adicional por este trabajo.

Cuando las mediciones de comprobación indicadas señalen para el espesor una variación mayor que la especificada arriba, o cuando el ensayo de densidad indique un valor inferior al 97% de la densidad máxima establecida en el laboratorio, o cuando la composición de la mezcla no se encuentre dentro de las tolerancias admitidas, el Fiscalizador efectuará las mediciones adicionales necesarias para definir con precisión el área de la zona deficiente. En caso de

encontrarse sectores inaceptables, tanto en espesor como en composición o en densidad, el Contratista deberá reconstruir completamente el área afectada, a su costa, y de acuerdo con las instrucciones del Fiscalizador.

#### **405-5.05. Procedimientos de trabajo.**

**405-5.05.1.Fórmula Maestra de Obra.-** Antes de iniciarse ninguna preparación de hormigón asfáltico emulsionado en frío para utilizarlo en obra, el Contratista deberá presentar al Fiscalizador el diseño de la fórmula maestra de obra, preparada en base al estudio de los materiales que se propone utilizar en el trabajo. El Fiscalizador efectuará las revisiones y comprobaciones pertinentes, a fin de autorizar la producción de la mezcla asfáltica en frío. Toda la mezcla del hormigón emulsionado deberá ser realizada de acuerdo con esta fórmula maestra.

La fórmula maestra establecerá:

- 1) Las cantidades de las diversas fracciones definidas para los agregados;
- 2) El porcentaje de emulsión y su respectivo tipo para la dosificación en frío, en relación al peso total de todos los agregados, inclusive el relleno mineral si se lo utilizare, todo lo cual cumplirá con las exigencias y requisitos que se estipulan en el Manual MS-19.

**405-5.05.2.Dosificación y Mezclado.-** Los agregados para la preparación de las mezclas de hormigón emulsionado en frío deberán almacenarse separadamente en tolvas individuales, antes de entrar a la planta. La separación de las diferentes fracciones de los agregados será sometida por el Contratista a la aprobación del Fiscalizador.

El tiempo de mezclado de una carga se medirá desde que el cajón de pesaje comience a descargar los agregados en la mezcladora, hasta que se descargue la mezcla. Este tiempo debe ser suficiente para que todos los agregados estén recubiertos por la emulsión asfáltica y se logre una mezcla uniforme; generalmente se emplea un tiempo de un minuto aproximadamente.

**405-5.05.3.Distribución.-** La distribución del hormigón asfáltico en frío deberá efectuarse sobre una base preparada, de acuerdo con los requerimientos contractuales, imprimada, limpia o sobre un pavimento existente, evitando ejecutar este trabajo en momentos de lluvia.

Esta distribución no se iniciará si no se dispone en la obra de todos los medios suficientes de transporte, distribución, compactación, etc., para lograr un trabajo eficiente y sin demoras que afecten a la obra.

Además, el Fiscalizador rechazará todas las mezclas heterogéneas.

Una vez transportada la mezcla asfáltica en frío al sitio, será vertida por los camiones en la máquina terminadora, la cual esparcirá la mezcla sobre la

superficie preparada.

El Fiscalizador determinará el espesor para la distribución de la mezcla, a fin de lograr el espesor compactado especificado. De todos modos, el máximo espesor de una capa será aquel que consiga un espesor compactado de 7.5 centímetros. El momento de la distribución se deberá medir los espesores a intervalos, a fin de efectuar de inmediato los ajustes necesarios para mantener el espesor requerido en toda la capa.

Las juntas longitudinales de la capa superior de una carpeta deberán ubicarse en la unión de dos carriles de tránsito; en las capas inferiores deberán ubicarse a unos 15 cm. de la unión de los carriles en forma alternada, a fin de formar un traslape. Para formar las juntas transversales de construcción, se deberá recortar verticalmente todo el ancho y espesor de la capa que vaya a continuarse.

En secciones irregulares pequeñas, en donde no sea posible utilizar la terminadora, podrá completarse la distribución manualmente, respetando los mismos requisitos anotados arriba.

**405.5.05.4 Compactación:** Con la compactación inicial deberá alcanzarse casi la totalidad de la densidad en obra y la misma se realizará con rodillos lisos de ruedas de acero vibratorios, continuándose con compactadores de neumáticos con presión elevada, hasta alcanzar el 97 % de compactación.

Al utilizar compactadores vibratorios se tendrá en cuenta el ajuste de la frecuencia y la velocidad del rodillo, para que al menos se produzcan 30 impactos de vibración por cada metro de recorrido. Para ello se recomienda usar la frecuencia nominal máxima y ajustar la velocidad de compactación. Con respecto a la amplitud de la vibración, se deberá utilizar la recomendación del fabricante para el equipo en cuestión.

En la compactación de capas delgadas no se debe usar vibración y la velocidad de la compactadora no deberá superar los 5 km/hora. Además, ante mezclas asfálticas con bajas estabilidades el empleo de compactadores neumáticos deberá hacerse con presiones de neumáticos reducidas.

En capas de gran espesor se recomienda dar las dos primeras pasadas sin vibración para evitar marcas difíciles de eliminar posteriormente. Ante esta situación, si se utilizaran rodillos neumáticos, se aconseja comenzar a compactar con presiones bajas en los neumáticos, aumentando paulatinamente la misma según el comportamiento de la capa; una vez rota la emulsión, se debe eliminar todo tipo de compactación.

A menos que se indique lo contrario, la compactación tiene que comenzar en los costados y proceder longitudinalmente paralelo a la línea central del camino, recubriendo cada recorrido la mitad del ancho de la compactadora, progresando gradualmente hacia el coronamiento del camino.

En los lugares inaccesibles a los rodillos se deberá efectuar la compactación de la mezcla con pisones mecánicos, hasta obtener la densidad y acabado especificados.

La capa de hormigón asfáltico en frío, compactada, deberá presentar una textura lisa y uniforme, sin fisuras ni rugosidades, y estará construida de conformidad con los alineamientos, espesores, cotas y perfiles estipulados en el contrato. Mientras esté en proceso la compactación, no se permitirá ninguna circulación vehicular.

Cuando deba completarse y conformarse los espaldones adyacentes a la carpeta en frío, deberán recortarse los bordes a la línea establecida en los planos.

El contratista deberá observar cuidadosamente la densidad durante el proceso de compactación mediante la utilización de instrumentos nucleares de la medición de la densidad para asegurar que se está obteniendo la compactación mínima requerida.

**405-5.05.5. Sellado.-** Si los documentos contractuales estipulan la colocación de una capa de sello en frío sobre la carpeta terminada, ésta se colocará de acuerdo con los requerimientos correspondientes determinados en el Manual MS-19 del Instituto del Asfalto.

**405-5.06. Medición.-** Las cantidades a pagarse por la construcción de las carpetas de rodadura de hormigón asfáltico emulsionado mezclado en planta y en frío, serán los metros cuadrados de superficie cubierta con un espesor compactado especificado. La medición se efectuará en base a la proyección en un plano horizontal del área pavimentada y aceptada por el Fiscalizador.

En casos especiales la medición para el pago podrá también ser efectuada en toneladas de mezcla efectivamente usada para la construcción de la carpeta, de acuerdo con los planos, especificaciones y más estipulaciones contractuales. En este caso, se computarán para el pago las toneladas pesadas y transportadas en los volquetes.

En todo caso, la forma de pago estará determinada en el contrato, sea en toneladas de mezcla suelta o en metros cuadrados de carpeta compactada al espesor requerido.

**405-5.07. Pago.-** Las cantidades determinadas en cualquiera de las formas establecidas en el numeral anterior, serán pagadas a los precios señalados en el contrato para los rubros siguientes.

Estos precios y pago constituirán la compensación total por el suministro de los agregados y la emulsión, la preparación de la mezcla en frío en planta, el transporte, la distribución, terminado y compactación de la mezcla, la limpieza de la superficie que recibirá el hormigón asfáltico en frío; así como por la mano de

obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas en el completamiento de los trabajos descritos en esta sección.

N° del Rubro de Pago y Designación	Unidad de Medición
405-5 (E) Capa de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en planta y en frío, de....cm. de espesor.....	Metro cuadrado (m <sup>2</sup> )
405-5 (1E) Capa de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en planta y en frío.....	Tonelada (t)

#### **405-6. Capa Bituminosa de Sellado.**

**405-6.01. Descripción.-** Este trabajo consistirá en la aplicación de una capa de material bituminoso solo o con la distribución de agregados de recubrimiento, sobre una capa de rodadura asfáltica en servicio terminada, y de acuerdo con los requerimientos de los documentos contractuales.

La colocación de la capa de sellado se efectuará con el objeto de corregir pequeñas fisuras de la superficie, impermeabilizar la capa de rodadura o darle una rugosidad conveniente para evitar deslizamiento de los vehículos; por lo tanto, en el diseño se establecerá el tipo de sello y el tipo y granulometría de los agregados que deban utilizarse; sin embargo, el Fiscalizador deberá revisar meticulosamente el resultado obtenido para modificar la granulometría de los agregados y las cantidades del riego asfáltico, a fin de lograr una textura que preste seguridad a la circulación vehicular.

**405-6.02. Materiales.-** El material bituminoso por emplear puede ser cemento asfáltico, asfalto diluido o emulsión asfáltica, según el caso; de todos modos, el tipo y grado del material asfáltico a utilizarse estarán especificados en el contrato. Sin embargo, en caso necesario, el Fiscalizador podrá cambiar el grado del asfalto hasta uno de los más próximos, sin que haya variación en el precio del rubro.

La calidad del asfalto deberá cumplir con los requerimientos de la subsección 810-2, en el caso de cementos asfálticos: subsección 810-3, en el caso de asfaltos diluidos, y subsección 810-4, en el caso de emulsiones.

Los agregados para sellado deberán cumplir con las exigencias de la subsección 812-3, y su granulometría estará dentro de los límites fijados en la Tabla 405-6.1.

Las cantidades de material asfáltico y agregados que deban emplearse serán fijadas con exactitud por el Fiscalizador; en general, para capas de sellado comunes, se utilizarán las cantidades aproximadas indicadas en la Tabla 405-6.2.

**405-6.03. Equipo.-** El Contratista deberá disponer de todo el equipo necesario, aprobado por el Fiscalizador, para la ejecución de este trabajo. Como mínimo este equipo estará conformado por las máquinas especificadas para los



tratamientos superficiales en el numeral 405-3.03, en el caso de capas bituminosas de sellado con agregados; caso contrario, se empleará únicamente la barredora mecánica y el distribuidor de asfalto.

**Tabla 405-6.1.**

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada			
	Agregado Natural	Agregado Triturado		
		TIPO A	TIPO B	TIPO C
1/2" (12.7 mm.)	--	--	--	100
3/8" (9.5 mm.)	100	100	100	90-100
Nº 4 (4.75 mm.)	85-100	85-100	60-100	10-30
Nº 8 (2.38 mm.)	--	0-25	0-10	0-8
Nº 50 (0.30 mm.)	0-20	--	--	--
Nº 200 (0.075 mm.)	0-5	0-2	0-2	0-2

**Tabla 405-6.2**

Sello MATERIAL Solo	Sello con Bituminoso naturales	Sello con agregados triturados	agregados
Material bituminoso-Litros Agregados-Kilogramos	0.25 - 0.45 -	0.60 - 1.05 7.0 - 10.5	0.75 - 1.25 8.5 - 13.5

**405-6.04. Procedimientos de trabajo.-** La superficie que se vaya a sellar deberá cumplir con todos los requisitos correspondientes de acabado y calidad, deberá hallarse limpia, libre de cualquier material suelto y completamente seca.

Generalmente, será necesario, debido al tránsito, llevar a cabo el sellado en dos o más fajas aproximadamente iguales. En tal caso, se tomarán las precauciones necesarias, para que no se produzcan un exceso de asfalto en las uniones y no se produzcan irregularidades en la capa de agregados.

**405-6.04.1. Distribución del material bituminoso.-** El riego asfáltico se aplicará únicamente cuando la superficie esté seca y el tiempo no sea demasiado frío ni lluvioso, ni con amenaza de lluvias inminentes.

Una vez barrida y limpia la superficie por sellar, a satisfacción del Fiscalizador, se distribuirá uniformemente el material bituminoso, mediante el empleo de un distribuidor a presión y en las cantidades y temperatura especificadas, según el tipo y grado del asfalto. Las pequeñas áreas defectuosas o de forma irregular, serán completadas y emparejadas con el rociador manual del distribuidor.

Para iniciar y terminar un riego, se deberá colocar en el sitio correspondiente un papel grueso que cubra todo el ancho, a fin de abrir y cerrar las boquillas de la barra distribuidora sobre él, para evitar un exceso de asfalto. Luego se quitará el papel y se lo descartará. Se tomará cuidado para no manchar las obras de arte o árboles adyacentes.

Si se trata de un sellado bituminoso solo, se esperará 24 horas para que el asfalto penetre en la superficie, luego de lo cual deberá secarse el exceso, si lo hubiere, mediante la aplicación de una capa ligera de arena limpia, antes de permitir la circulación vehicular.

Cuando se haya especificado una capa de sello con recubrimiento de agregados, el asfalto que se distribuya sobre la superficie deberá estar a la temperatura especificada y será inmediatamente cubierto con los agregados antes de que se enfríe.

**405-6.04.2.Distribución de los agregados.-** La colocación de los agregados deberá hacerse con un distribuidor aprobado y en la proporción establecida por el Fiscalizador. El esparcidor deberá esparcir los agregados sobre todo el ancho de un carril, en una sola aplicación y en una capa uniforme. Deberá ser operado de tal modo que las partículas gruesas de los agregados serán distribuidas sobre el material bituminoso, antes de ser distribuidas las partículas finas. La marcha del esparcidor no deberá ser tan rápida que disturbe la capa de agregados después de que éstos llegan a la superficie por cubrirse.

Es necesario que previamente a la iniciación del riego bituminoso, haya, en el sitio y sobre los volquetes, una suficiente cantidad de agregados, como para cubrir debidamente la totalidad del material bituminoso por distribuirse. Los agregados deberán estar secos al momento de esparcirlos, y no se permitirá su uso si se hallan mojados.

El esparcidor deberá distribuir los agregados, de modo que el material bituminoso sea cubierto antes de que las ruedas pasen sobre la superficie tratada.

Por lo general, no será necesario ningún emparejamiento suplementario de los agregados esparcidos, y el uso de una rastra de escobas no será permitido, salvo que el Fiscalizador lo autorice expresamente. Cualquier exceso de agregados deberá ser removido de inmediato sin disturbar aquellos que se hallen en contacto con el asfalto. Cualquier área con faltante de agregados será cubierta a mano con pala y luego la superficie será emparejada con un ligero rastrillado.

**405-6.04.3. Compactación y acabado.-** Para los sellos que requieren de recubrimiento, los agregados deberán ser asentados con un rodillo liso, que pese entre cinco y ocho toneladas, o con un rodillo neumático, inmediatamente después de esparcidos los agregados y efectuado cualquier emparejamiento adicional que fuere necesario.

El rodillado inicial se proseguirá longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores del sellado y progresando gradualmente hacia el centro, de manera que cada pasada se superponga a la anterior aproximadamente en la mitad del ancho del rodillo. El rodillado continuará solamente hasta haber logrado una superficie compacta y uniforme, sin que se triture de manera significativa los agregados. Entonces se proseguirá la compactación con la compactadora de ruedas neumáticas.

La compactación con rodillo neumático, acompañada de un ligero emparejamiento con rastra de escobas, si el Fiscalizador lo considera necesario, deberá ser efectuada hasta lograr la completa incrustación de los agregados en el material bituminoso y obtener así una capa densa, pareja y uniforme. En ningún caso será permitido que se efectúe menos de dos pasadas completas con el rodillo sobre todo el ancho del área tratada.

Una vez terminada la compactación con compactadoras neumáticas, se podrá abrir al tránsito público el tramo tratado, siempre y cuando el Contratista utilice los medios más convenientes para asegurarse, durante un período de por lo menos 6 horas, que la velocidad de los vehículos no sobrepase los 30 kilómetros por hora.

Después de transcurrido un período de al menos 24 horas luego del esparcimiento de los agregados, cualesquiera agregados sueltos serán redistribuidos sobre la superficie tratada con una rastra de escobas u otro equipo adecuado. Después de 4 días de terminado el sellado, los agregados sueltos deberán ser removidos de la superficie con una barredora mecánica, cuidándose de no desplazar a aquellos que se hayan adherido al material bituminoso.

Si ocurre una exudación de asfalto a la superficie después de que se haya abierto al tránsito público un tramo terminado, se deberá cubrir inmediatamente el área afectada con agregados adicionales, cuidando de mantener la textura de la superficie. El sellado terminado deberá estar bien compactado, con una superficie de apariencia uniforme y libre de corrugaciones, depresiones u otras irregularidades causadas por una distribución no uniforme de asfalto o de los agregados.

**405-6.05. Medición.-** La construcción de la capa de sello se pagará en base a las cantidades de asfalto y agregados efectivamente colocados y aceptados para el sello con recubrimiento, cantidades que serán medidas en la obra.

El material bituminoso se pagará por litro, en base al volumen colocado en la obra a la temperatura de aplicación y reducido al volumen a 15.6 °C, de acuerdo

con los datos constantes en la subsección 810-5, para cemento asfáltico, asfaltos diluidos y también para emulsiones asfálticas.

Los agregados serán pagados por metro cúbico. No se medirán para pago las cantidades de árido para secado que se hubiere colocado en la obra, pues se considerará incluida cualquier cantidad en el pago de los rubros señalados en el siguiente numeral.

Si así se establece en el contrato, la capa de sellado puede ser pagada también por metro cuadrado de superficie tratada, en vez de pagar por separado el material bituminoso y los agregados, según lo indicado arriba.

**405-6.06. Pago.-** Las cantidades determinadas en cualquiera de las formas indicadas en el numeral anterior, se pagarán a los precios señalados en el contrato, para los rubros siguientes.

Estos precios y pago constituirán la compensación total por la limpieza de la superficie a sellarse, el suministro, calentamiento, transporte y distribución del material asfáltico; la producción, suministro, esparcimiento y compactación de los agregados para el recubrimiento; así como por mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas en el completamiento de los trabajos descritos en esta sección.

<b>Nº del Rubro de Pago y Designación</b>	<b>Unidad de Medición</b>
405-6 (1) Material bituminoso tipo....., grado....., para capa bituminosa de sellado.....	Litro (l)
405-6 (2) Agregados para capa de sellado.....	Metro cúbico (m <sup>3</sup> )
405-6 Capa bituminosa de sellado.....	Metro cuadrado (m <sup>2</sup> )

**405-7. Capa de Sellado con Lechada Asfáltica.**

**405-7.01. Descripción.-** Este trabajo consistirá en la preparación y colocación de una mezcla de emulsión asfáltica, agregados y agua, sobre una capa de rodadura existente, de acuerdo con los requerimientos de los documentos contractuales.

**405-7.02. Materiales.-** El material bituminoso será una emulsión asfáltica preferentemente de ruptura lenta. En todo caso, el tipo y grado de la emulsión deberá estar especificado en el contrato. La emulsión a emplearse cumplirá con las exigencias pertinentes de la subsección 810-4.

Los agregados para el sello de lechada consistirán de partículas trituradas de roca o una mezcla de arena y polvo de piedra, que cumplirán los requisitos establecidos en la subsección 812-4, y cuya granulometría estará dentro de los límites fijados en la Tabla 405-7.1.

**Tabla 405-7.1.**

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través los tamices de malla cuadrada
Nº 4 (4.75 mm.)	100
Nº 8 (2.38 mm.)	95 - 100
Nº 16 (1.18 mm.)	60 - 90
Nº 30 (0.60 mm.)	40 - 65
Nº 50 (0.30 mm.)	25 - 45
Nº 100 (0.15 mm.)	15 - 30
Nº 200 (0.075 mm.)	10 - 20

El agua que se deba utilizar para la lechada asfáltica deberá cumplir los requisitos de la Sección 804.

**405-7.03. Equipo.-** El equipo mínimo que deberá disponer el Contratista, para la preparación y distribución de la capa de lechada asfáltica, será un tanquero de agua con barra de riego para el lavado y humedecimiento de la superficie a sellarse, una barredora mecánica, una mezcladora de paletas amasadoras, o mezcladoras rotativas de tambor montadas sobre camión (mixer) y una máquina distribuidora para colocar la lechada en el ancho y espesor necesarios.

La distribuidora de lechada debe estar provista de plancha emparejadora, ajustable al perfil transversal de la calzada, a fin de que el riego sea uniforme, aún en sectores con peralte.

Caso de que el Contratista desee emplear en sustitución de las anteriores una sola máquina, que efectúe las operaciones de dosificación, mezclado y distribución simultáneamente, el Fiscalizador autorizará su empleo después de comprobar que los resultados sean aceptables.

**405-7.04. Procedimientos de trabajo.-** La superficie a sellar deberá ser preparada cuidadosamente, barriéndola, soplando las grietas con aire comprimido y, de ser necesario, lavándola. Una vez lista la superficie, se deberá humedecerla antes de colocar la lechada sellante. Alternativamente, en vez de humedecer, se puede efectuar un riego ligante con una mezcla de emulsión asfáltica y tres partes de agua, que se aplicará con un distribuidor de asfalto a presión, con una rata de 0.35 a 0.60 litros por metro cuadrado, según la condición de la superficie. Una vez curado el riego ligante, se procederá a colocar la lechada.

En todo caso, la distribución de la lechada asfáltica se efectuará cuando el tiempo no sea lluvioso ni con amenaza de lluvias inminentes y preferentemente cuando la

temperatura a la sombra sea mayor a 15 °C.

**405-7.04.1.Dosificación y mezclado.-** La dosificación exacta será proporcionada por el Fiscalizador en base al peso o al volumen de los materiales. Por lo general, se podrán utilizar las proporciones siguientes:

- |    |   |                    |
|----|---|--------------------|
| a) | Agregados.                                  | 100 Kg.            |
| b) | Emulsión asfáltica                          | 19.5 a 24.0 litros |
| c) | Agua, inclusive la humedad de los agregados | 11 litros          |

Cuando el mezclado se efectúe en mezcladoras rotativas de tambor, se cargará primero las cantidades requeridas de emulsión y agua para luego agregar uniforme y lentamente los agregados. El tambor deberá girar lentamente, mientras se cargan los materiales, y luego será operado a la velocidad normal de mezclado por unos 5 minutos, hasta que los agregados se hallen revestidos completa y uniformemente. El mezclado deberá continuar a velocidad lenta, hasta el momento de la descarga de la lechada al distribuidor.

La lechada deberá presentar una consistencia cremosa y un aspecto homogéneo en el momento de colocarla. Si hubieren evidencias de ruptura de la emulsión, antes de la distribución, la mezcla será rechazada.

Si hubiere necesidad de mezclar distintas fracciones de los agregados o agregar relleno mineral para conseguir la granulometría especificada, se deberá efectuar previamente la mezcla completa de estos agregados en seco, antes de introducirlos a la mezcladora.

Las mezcladoras de paletas para amasado deberán tener el equipo necesario de medición y control de los componentes de la lechada. La emulsión y el agua serán introducidas separadamente por medio de sendas bombas de desplazamiento, que permitan dosificar las cantidades a introducir. El dispositivo que introduce los agregados deberá estar sincronizado con la propulsión de la bomba para la emulsión.

**405-7.04.2.Distribución y Curado.-** La máquina distribuidora será autopropulsada y el suministro deberá ser continuo y uniforme para asegurar la colocación de la lechada en el ancho requerido y en un espesor uniforme. El espesor promedio será de aproximadamente 3 milímetros; en donde sea necesario, se emparejará la superficie con herramientas manuales.

En áreas pequeñas y de forma irregular, podrá distribuirse la lechada manualmente, a satisfacción del Fiscalizador.

La lechada distribuida sobre el pavimento deberá ser homogénea y uniforme, sin que se produzca separación de la emulsión y los agregados después de enfriada. El tiempo de curado de la lechada para permitir una circulación vehicular controlada, variará desde media hora en climas cálidos hasta unas cuatro horas en climas fríos.

En caso de necesitarse una compactación de la capa de lechada, el Fiscalizador podrá disponer el uso de un rodillo neumático, luego de que la lechada se haya curado por el tiempo que estime conveniente.

## **CAPA DE SELLADO CON MEZCLAS DENSAS EN FRIO.-**

### **405-7.1 Mortero Asfáltico ( Slurry Seal )**

El mortero asfáltico conocido mundialmente como Slurry Seal por su nombre original en Inglés, fue definido alrededor de los años 1960 por el Sr. Raymond Young inventor de la máquina de aplicación continua de esta tecnología como “an asphaltic mortar like mix”, cuya traducción se refiere a una mezcla asfáltica tipo mortero, resultado de la combinación de emulsión asfáltica y agregados con granulometría específica más la adición de componentes que se detallan a continuación.

El mortero asfáltico aprobado con normas; ASTM D3910, ISSA A105 (International Slurry Surfacing Association o Asociación Internacional de Recubrimientos con Morteros) y bajo especificaciones nacionales MOP-001-F 2000, sección 405-7, se define como la mezcla compuesta por emulsión asfáltica, agregados pétreos triturados con granulometría definida, relleno mineral, agua y en ciertos casos aditivos, todo esto proporcionalmente mezclado de acuerdo al Diseño de Mezcla, el cual define la Fórmula Maestra de Obra. Esta mezcla aplicada como superficie de desgaste sobre pavimentos, es producida, esparcida y uniformemente distribuida por una máquina especialmente diseñada para este propósito, la misma que deberá adherirse firmemente sobre una capa de rodadura previamente preparada, logrando propiedades de impermeabilidad y anti-deslizantes durante todo el tiempo de vida.

El mortero asfáltico se aplica en capas delgadas (1½ veces el tamaño máximo del agregado) de acuerdo a requerimientos de los documentos contractuales.

Morteros asfálticos de mayor rendimiento pueden ser diseñados para aumentar ciertas características del mortero para una particular finalidad ya sea con la adición de polímeros o algún otro material para la recuperación de ahuellamientos, resistencia al agrietamiento, incremento de rugosidad, etc.

El término genérico Mortero Asfáltico define a varios tratamientos utilizados en la conservación de pavimentos como: Mortero Asfáltico, Mortero Asfáltico Modificado con Polímeros y Micro-Pavimentos.

**Mortero Asfáltico:** Es la mezcla de agregados, emulsión asfáltica, agua, relleno mineral y aditivos debidamente proporcionados, mezclados y esparcidos sobre una superficie apropiadamente preparada.

**Mortero Asfáltico Modificado con Polímeros:** Es un mortero asfáltico

diseñado con una emulsión que ha sido modificada con polímeros cuyo objetivo es mejorar una o más propiedades del mortero, bajo requerimientos de un proyecto particular. Modificando las emulsiones se mejora la liga entre el asfalto y los agregados, consiguientemente se obtiene más durabilidad y mejor textura en el mortero asfáltico.

**Micro-Pavimento:** Es la mezcla de una emulsión catiónica modificada con polímeros, agregados triturados, agua, relleno mineral y otros aditivos, apropiadamente proporcionados y esparcidos sobre una superficie preparada. El objetivo de la utilización de polímeros en mezclas de Micro-Pavimentos es reducir la susceptibilidad del ligante a los cambios térmicos en la vía, permitiendo rendimientos más elevados que en Morteros Asfálticos. Los micro-pavimentos se pueden aplicar en espesores de una sola capa o multicapas, en proyectos de recuperación de ahuellamientos y repavimentación.

#### 405-7.1.1 Tráfico

Los criterios normativos para la aplicación de los diferentes tratamientos con mortero asfáltico se basarán de acuerdo al volumen y tipo de tráfico según se indica en el siguiente cuadro:

TRATAMIENTO	GRANULO- METRÍA	VOLUMEN DEL TRÁFICO			VELOCIDAD DEL TRÁFICO	
		LIVIANO - MEDIO	MEDIO - PESADO	PESADO - MUY PESADO	BAJA	ALTA
Mortero Asfáltico	Tipo II*	X			X	
	Tipo III	X				X
Mortero Asfáltico modificado Con polímeros	Tipo II*		X		X	
	Tipo III		X			X
Micro-pavimento	Tipo II*			X	X	
	Tipo III			X		X

\* Recomendado también para su aplicación en aeropuertos.

#### 405-7.1.2 Materiales



**Agregados** – Los agregados deben cumplir un óptimo control de calidad. Para obtener una aplicación de alto rendimiento con morteros asfálticos, el proceso de trituración y manejo de agregados incluirá un control en la granulometría, fracturación de caras, limpieza del material y el equivalente de arena. Los agregados deben ser 100 % triturados, sin fluctuaciones drásticas en su granulometría que afecten el diseño de mezcla previamente aprobado. Básicamente la Asociación Internacional de Recubrimientos con Morteros (ISSA) describe tres granulometrías estándar, sin embargo por su uso convencional en todo el mundo únicamente se utilizan dos: Tipo II y Tipo III; cada una diseñada y seleccionada de acuerdo a la estructura existente, tráfico y condiciones climatológicas en el área de aplicación.

### Granulometría ISSA de los Agregados

Tipo	II	III
Tamaño del Tamiz	Porcentaje que Pasa	
9.5 mm (3/8'')	100	100
4.75 mm (No. 4)	90-100	70-90
2.36 mm (No. 8)	65-90	45-70
1.18 mm (No. 16)	45-70	28-50
600 micrones (No. 30)	30-50	19-34
300 micrones (No. 50)	18-30	12-25
150 micrones (No. 100)	10-21	7-18
75 micrones (No. 200)	5-15	5-15
Contenido de asfalto en el mortero asfáltico %	7.5-13.5	6.5-12
Típica tasa de aplicación kg/m <sup>2</sup>	5.4-9.1	8.2-13.6

El peso suelto promedio del agregado es de 1730 kg/m<sup>3</sup> y puede variar de 1250 kg/m<sup>3</sup> a 1850 kg/m<sup>3</sup>. Todos los diseños de mezcla de Mortero Asfáltico se basan en el peso seco del agregado. Por lo tanto, se deberá tomar en cuenta la variación del peso volumétrico suelto del agregado, recomendándose que el equipo de aplicación sea calibrado para cada fuente de agregado.

### Granulometría típica de Agregados para Morteros Asfálticos

Tipo II

Tipo III

¼''

? ''

5-6 mm

9-10 mm

Para aplicaciones en:

Para aplicaciones en:

Aeropuertos, carreteras y vías urbanas

Carreteras, autopistas y vías urbanas

**Requerimientos para los agregados**

<b>MORTERO ASFÁLTICO</b>	<b>NORMA</b>
Equivalente de Arena > 45	ASTM D 2419
Pérdida por Abrasión (Los Ángeles) 35% máx	ASTM C 131 – AASHTO T 96 - INEN 860
Granulometría	ASTM C 136 - AASHTO T 27

**Relleno Mineral** – De acuerdo a la norma ASTM D 546 – AASHTO T37, se pueden utilizar indistintamente como relleno mineral: cemento Pórtland Tipo I, cal hidratada, polvo de piedra caliza o ceniza volcánica, con un porcentaje máximo del 2 %. La adición de este relleno mineral tiene como finalidad incrementar las propiedades de manejabilidad en la mezcla, así como, mejorar la parte fina de la curva granulométrica de los agregados, influyendo en el comportamiento a la ruptura y curado del mortero asfáltico.

Las máquinas pavimentadoras permiten realizar ajuste de aditivos de relleno mineral en campo para optimizar características adecuadas de flujo, rompimiento y curado.

**Emulsión Asfáltica** – La emulsión asfáltica se define como la dispersión de micro-partículas de asfalto dentro de una matriz acuosa estabilizada químicamente, la cual es utilizada básicamente para la producción de mezclas asfálticas en frío (mezclas abiertas, microaglomerados [mezclas densas], reciclados, estabilizaciones, etc.) y como ligante emulsionado en riegos.

La emulsión asfáltica a utilizar debe obedecer a un diseño previo, de acuerdo a las características de los agregados, mezcla, tipo de aplicación, condiciones ambientales y climatológicas.

Las emulsiones asfálticas recomendadas para morteros asfálticos son normalmente del tipo CSS-1, CSS-1h (emulsión catiónica de ruptura lenta) y CQS-1h (emulsión catiónica de ruptura rápida para mezclas); las cuales deberán ser especialmente ensayadas para verificar la compatibilidad y reactividad con los agregados y deberán ser suministradas con el correspondiente certificado de análisis y producción de acuerdo al diseño solicitado.

### **Requerimiento Obligatorio:**

“Es importante remarcar y hacer del conocimiento de Organismos Gubernamentales, Contratistas Públicos y Privados y Usuarios en General, que nunca se deberá aceptar una emulsión asfáltica solo por el hecho de ser del tipo de emulsión especificada para una determinada aplicación y se encuentre almacenada o no, obligatoriamente se deberá someter a un diseño de acuerdo a las características del material pétreo, de la mezcla, tipo de aplicación, condiciones ambientales y climatológicas”.

**Ensayos para Emulsiones.-** Los principales ensayos para emulsiones son descritos por la Normas ASTM D 977 y MOP-001-F 2000 subsección 810-4. Tabla 810-4.2.

### **Pruebas de control de calidad en la producción:**

Contenido de asfalto residual en la emulsión asfáltica: determina el contenido de asfalto de acuerdo a norma ASTM D 244 – AASHTO T 59.

Penetración del residuo de la emulsión: define la dureza del asfalto como se especifica en normas ASTM D 2397 – AASHTO T 49.

### **Pruebas generales de emulsiones asfálticas:**

Viscosidad ASTM D 244.- Determina la manejabilidad de la emulsión en el campo.

Asentamiento ASTM D 244.- Determina la estabilidad al almacenamiento.

Tamizado ASTM D 244.- Determina la estabilidad al manejo y al almacenamiento prolongado.

**Polímeros (para morteros asfálticos modificados)** – La adición de polímeros mejora las propiedades de cohesión y adhesión, incrementa la rigidez y reduce la susceptibilidad al cambio de temperatura. El incremento de la rigidez evita la formación de ahuellamientos en climas cálidos y permite el uso de cementos asfálticos más blandos, mismos que se comportan de mejor manera en climas fríos.

Los polímeros pueden ser agregados durante la preparación de la solución jabonosa o pueden ser mezclados con el cemento asfáltico en la planta de emulsión, antes del proceso de emulsificación. La cantidad mínima y el tipo

del polímero modificador deberá ser determinada por el laboratorio responsable del diseño de mezcla. La cantidad de polímeros sólidos deberá basarse en el contenido del residuo asfáltico en peso; para mezclas de micro-pavimentos se especifica esta cantidad en un porcentaje del 3 al 4%.

Los polímeros utilizados en morteros asfálticos son los mismos que se aplican en otras mezclas asfálticas. El látex natural generalmente es el más común, pudiéndose utilizar también otros como: SBR (styrene-butadiene-rubber), SBS (styrene-butadiene-styrene) y EVA (ethylene-vinil-acetate).

**Agua** – El agua es el principal factor en la determinación de la consistencia del mortero asfáltico durante su producción y aplicación, formando parte importante en la estabilidad de la mezcla.

Dependiendo del porcentaje de humedad que contienen los agregados se determinará la adición de agua como recubrimiento en la mezcla. Generalmente la cantidad de agua a añadirse es de aproximadamente 10% respecto al peso del agregado seco.

**Ensayos para el agua.-** El agua debe cumplir con la norma del MOP-001-F 2000.

**Aditivos de Control de Ruptura en Campo** – La alta temperatura y reactividad de los agregados condicionan al rompimiento y curado del mortero asfáltico. Para ajustar este proceso en el campo es necesario adicionar aditivos químicamente similares a los emulsificantes, se añaden en porcentajes del 0,1 - 0,5 % de la mezcla.

### **405-7.1.3 Equipo**

El equipo mínimo indicado y señalado por las especificaciones MOP-001-F 2000 sección 405-7.03. y la ISSA A105, que deberá disponer el Contratista para la preparación, distribución y aplicación de la capa de mortero asfáltico es:

Una pavimentadora de mortero asfáltico.

Una barredora mecánica para la limpieza de la vía.

Un sistema de mallas para el tamizado de los agregados en el banco de materiales.

Una máquina cargadora frontal para alimentar el agregado tamizado.

Máquina pavimentadora de Mortero Asfáltico

La máquina pavimentadora de mortero asfáltico debe estar montada sobre un camión o sobre una unidad auto-propulsada y estará equipada con:

**Sistema de Agregados** – Compuesto por tolva almacenadora de agregados, banda transportadora de neopreno tipo continuo sobre rodillos para alimentación al mezclador, vibrador de frecuencia variable, compuerta de

apertura variable con contador digital para su calibración.

**Sistema de Emulsión** – Compuesto por tanque de almacenamiento con indicador de nivel, bomba de desplazamiento positivo encamisada térmicamente para alimentación y recirculación.

**Sistema de Agua** – Compuesto por tanque para almacenamiento con indicador de nivel, bomba centrífuga, barra rociadora de agua, tuberías de conexión, medidor de flujo y válvula solenoide electro-neumática de apertura y cierre.

**Sistema Alimentador del Relleno Mineral** – Compuesto por tolva almacenadora, alimentador tipo gusano sin fin de acción reversible y velocidad variable.

**Sistema de Aditivo** – Compuesto por tanque de almacenamiento anti-corrosivo, bomba alimentadora de desplazamiento positivo con velocidad variable y medidor de flujo.

**Sistema de Mezclado** – Equipado con mezclador de ejes gemelos con paletas de giro reversible (tipo “pugmill”). El espacio comprendido entre las paletas y la cámara de mezclado está de acuerdo a la granulometría máxima del mortero asfáltico (Tipo III).

**Caja Terminadora/Esparcidora** – De expansión hidráulica inclusive en movimiento, equipada con gusanos sin fin de control hidráulico reversible y velocidad variable para esparcir la mezcla, controles de espesor de mezcla, barra secundaria con dispositivos de neopreno o uretano para el terminado final de la aplicación. El objetivo de esta barra es ajustar el terminado de la superficie de rodadura con las características de rugosidad requeridas.

**Dispositivos de Dosificación** – La máquina estará equipada con controles individuales de alimentación en volumen o peso, para la dosificación exacta de todos los materiales que se suministren al mezclador. Las cantidades de emulsión, agregados y relleno mineral son fijadas antes de la aplicación, solamente el agua y el aditivo especificados en el diseño, deberán de ser controlados durante el tendido en obra en función de las condiciones climáticas.

**Calibración de la máquina aplicadora de morteros asfálticos.**- La calibración de una máquina aplicadora y sus dispositivos de dosificación es obligatoria, para obtener las proporciones adecuadas de todos los componentes de la mezcla diseñada. Cada máquina a ser usada en la ejecución de un contrato deberá ser calibrada previamente en presencia de Fiscalización.

Previo a la calibración, los documentos que amparan el suministro exacto de materiales a ser usados deben ser aceptados y aprobados igualmente por

Fiscalización.

La documentación de calibración deberá incluir calibraciones individuales para cada material, a varios porcentajes de acuerdo a los dispositivos de dosificación de la máquina.

Fiscalización no aceptará la utilización de una máquina sin que ésta no haya sido calibrada previamente. El proceso de calibración se realiza mediante la obtención de datos en peso de los materiales, los mismos que se grafican considerando la variación de los dispositivos de control de suministro de materiales en la máquina. En el eje de las abscisas se anota el peso y en las ordenadas la apertura de compuertas o válvulas de control de los sistemas a calibrar.

#### **405-7.1.4 Procedimiento de Trabajo**

La superficie a pavimentarse con Mortero Asfáltico deberá ser preparada cuidadosamente, recuperando el perfil longitudinal y transversal con sistemas de bacheo y sellado de grietas utilizando el equipo, métodos y procedimientos adecuados.

Se deberá utilizar el barrido como método de limpieza, para eliminar la mayor cantidad de polvos y materiales nocivos al mortero. El riego de agua previo a la aplicación del mortero se recomienda como control de ruptura prematura de la mezcla y mejorador de adherencia a la superficie existente. Dependiendo de las condiciones climáticas, se aplicará el riego de pulverización con agua incluido en la máquina aplicadora.

Una vez que los componentes del Mortero Asfáltico son mezclados se inicia el proceso de ruptura de la mezcla. El tiempo de este proceso depende de la química de los agregados y finos, formulación de la emulsión, tipo y concentración de aditivos así como la temperatura ambiental. Para permitir el tendido del mortero asfáltico sobre la vía, se requiere un tiempo mínimo de mezclado de 120 a 300 segundos, durante el cual el mortero asfáltico permanece fluido y puede ser distribuido sobre la superficie. Una vez colocado sobre la vía el mortero asfáltico continúa con el proceso de ruptura y agua clara es liberada. La terminación del proceso químico de ruptura del mortero asfáltico se logra cuando la coloración de la mezcla cambia de café a negro en pocos minutos.

El tiempo de apertura al tráfico se establece cuando la mayor parte de agua es expulsada de la mezcla, lo que ocurre en función del sistema de mortero asfáltico utilizado. Para morteros asfálticos tipo CSS, la apertura se establece en un tiempo aproximado de 2 a 4 horas. Para morteros asfálticos tipo CQS la apertura se establece en 60 minutos o menos.

El proceso de curado de una mezcla de morteros asfálticos se logra cuando la totalidad del agua en la mezcla es liberada, este proceso ocurre dentro de

las primeras 48 horas después de su aplicación.

#### **405-7.1.5 Diseño de Mezcla en Laboratorio**

Además de las guías y métodos de ensayos para el diseño de morteros asfálticos establecidos por la ISSA y ASTM, y mencionados en el numeral 405-7.2, se han desarrollado otras metodologías de control específicas para determinar el diseño de mezcla del mortero asfáltico:

Prueba de cohesión en húmedo (ASTM D3910): determina los tiempos de ruptura de la mezcla y su apertura al tráfico.

Prueba de mezclado manual (ISSA TB 113): determina la compatibilidad de los materiales y el tiempo mínimo de mezclado.

Prueba de abrasión bajo agua (ISSA TB 100): determina el contenido mínimo de emulsión asfáltica en la mezcla de Mortero Asfáltico.

Prueba de rueda cargada (ISSA TB 109): determina el contenido máximo de emulsión asfáltica en la mezcla de Mortero Asfáltico.

#### **Determinación del contenido óptimo de emulsión asfáltica en el diseño de la mezcla.-**

Las pruebas de los numerales 4) y 5) deben ser realizadas para varios contenidos de emulsión asfáltica, los resultados se grafican en ejes cartesianos y se anotan como se indica a continuación:

Grafico No. 1: Resultado de la prueba de abrasión bajo agua

Abscisas (x): Contenido de emulsión asfáltica

Ordenadas (y): Pérdida de peso

Grafico No. 2: Resultado de la prueba de rueda cargada

Abscisas (x): Contenido de emulsión asfáltica

Ordenadas (y): Incremento de peso

Para determinar el contenido óptimo de emulsión asfáltica se utiliza la superposición de las dos gráficas anteriores. El mismo se obtiene en el punto medio de un rango de tolerancia del 3% medido en forma decreciente a partir del punto máximo de contenido asfáltico en la curva del Gráfico No. 2.

**Tolerancia:** El contenido óptimo de emulsión asfáltica en el diseño de mezcla está determinado por la función del efecto “bulk” (saturación en campo) de los agregados.

El rango de tolerancia del contenido óptimo de emulsión asfáltica es de  $\pm 1,5\%$ .

## Requerimientos Técnicos de Laboratorio para el Diseño de Mezcla

El organismo gubernamental a cargo de la ejecución de obras con la utilización de la tecnología de emulsiones asfálticas, deberá solicitar anticipadamente al Contratista los siguientes documentos que amparen el proyecto en particular a ejecutarse:

Reporte Técnico de Laboratorio para Diseño de Mezcla

Tabla No. 1: Análisis y Evaluación de los Agregados Triturados Propuestos

Tabla No. 2: Análisis y Evaluación de la Emulsión Propuesta

Tabla No. 3: Resultado del Diseño de Mezcla

**405-7.6 Medición.-** Las cantidades a pagarse por la construcción de la capa de sello de mortero asfáltico, serán los metros cuadrados de superficie terminada, y aceptada.

**405-7.7 Pago.-** Las cantidades determinadas en la forma indicada en el numeral anterior, se pagarán a los precios señalados en el contrato para el rubro designado a continuación.

Este precio y pago constituirán la compensación total por la preparación de la superficie a sellarse, la producción y suministro de los agregados, el suministro de la emulsión asfáltica, aditivos, el mezclado, transporte, distribución y compactación del sello de mortero asfáltico; así como mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas en el completamiento de los trabajos descritos en esta sección.

### Nº del Rubro de Pago y Designación

### Unidad de Medición

405-7.1 Capa de sello de mortero asfáltico.....Metro cuadrado (m<sup>2</sup>)

## 405-8. Pavimento de Hormigón de Cemento Portland.

**405-8.01. Descripción.-** Este trabajo consistirá en la construcción de una capa de rodadura constituida por una losa de hormigón de cemento Portland, con o sin inclusión de aire, con o sin dispositivos de transferencia de carga, con o sin armadura de refuerzo, de acuerdo con lo especificado en los planos, disposiciones especiales y documentos contractuales.

La losa de hormigón se construirá sobre una subrasante conformada y compactada o sobre una subbase, preparadas de acuerdo con los documentos contractuales y las instrucciones del Fiscalizador. Podrá ser construida empleando moldes laterales fijos o deslizantes, a opción del contratista.

Si el contrato lo estipula, se podrá colocar una capa de rodadura de mezcla asfáltica con agregados finos sobre la losa de hormigón hidráulico.



El hormigón de cemento Portland será de la clase "A" y deberá cumplir con las exigencias de la Sección 801, salvo que en los documentos contractuales se especifique otra clase de hormigón, en cuyo caso deberá cumplir con los requisitos establecidos para la clase especificada.

**405-8.02. Materiales.-** Los agregados que se utilizarán en la preparación del hormigón tipo "A" para el pavimento, deberán cumplir con los requerimientos de la Sección 803, y su granulometría estará determinada en el contrato en base a los límites establecidos en la misma sección.

El cemento Portland podrá ser de tipo I o II y deberá cumplir los requisitos correspondientes establecidos en la Sección 802.

El agua que se utilice en la mezcla y en el curado, deberá estar acorde con las exigencias constantes en la Sección 804.

De utilizarse aditivos para la preparación del hormigón, éstos deberán cumplir los requisitos de la Sección 805.

Las barras de acero de refuerzo o la malla que se utilice para el mismo objeto; así como los pasadores y barras de unión, cumplirán las exigencias establecidas en la Sección 807.

El material de relleno para juntas de expansión será premoldeado y sus características serán establecidas en el contrato. El material para el sellado de las juntas deberá satisfacer las exigencias de la Sección 806.

Los materiales que se usen para el curado de la losa de hormigón, deberán satisfacer las especificaciones indicadas en la subsección 801-4.

**405-8.03. Equipo.-** El Contratista deberá emplear en estos trabajos todo el equipo necesario para la ejecución eficiente y oportuna de los mismos. El equipo deberá contar con la aprobación del Fiscalizador, y su disponibilidad en la obra dependerá de los procedimientos de trabajo que se empleen para la construcción del pavimento rígido.

Según el caso, el equipo mínimo necesario estará constituido por planta central de dosificación y mezclado, equipo especial de transporte para hormigón, o mezcladoras portátiles con balanzas para dosificación, o planta central de dosificación y camiones mezcladores (mixer); máquinas para la distribución, conformación, densificación y compactación y el acabado de la losa, con moldes deslizantes o con moldes fijos laterales metálicos, capaces de soportar el equipo que se desplazará sobre ellos; sierras mecánicas de diamante o abrasivas para cortar adecuadamente las juntas; equipo para abastecimiento de agua en la obra; máquinas apropiadas para el proceso de curado; vehículos para el transporte necesario del cemento y los agregados.

**405-8.04. Ensayos y Tolerancias.-** El Contratista deberá estudiar los

materiales que se propone emplear en la fabricación del hormigón y deberá preparar la Fórmula Maestra de obra para determinar las dosificaciones con las cuales obtendrá la calidad especificada en el contrato. Esta fórmula deberá ser revisada y aprobada por el Fiscalizador antes de poder iniciar la preparación del hormigón.

Para el ensayo de consistencia (asentamiento) del hormigón, se empleará el método AASHTO T-119.

Para los ensayos de resistencia a la compresión y a la flexión, los cilindros y vigas de hormigón se prepararán, curarán y ensayarán conforme a los métodos AASHTO T-22, T-23, T-97 y T-126.

La resistencia del hormigón para el pavimento deberá estar conforme a los requerimientos del diseño, constantes en las cláusulas del contrato; con las siguientes limitaciones según el caso :

Resistencia especificada a la flexión en el ensayo de carga sobre tres puntos en una viga de 15 x 15 x 50 cm.: M.R. no menor a 4 MPa.

Resistencia especificada a la compresión en cilindros de 15 cm. de diámetro y 30 cm. de altura:  $f'_c$  no menor de 28 Mpa.

Se tomarán al menos tres muestras de dos vigas o de dos cilindros por cada 120 m<sup>3</sup> de hormigón fundido, para ser ensayados a tres diferentes edades, dependiendo de las características del proyecto.

El contenido de cemento en la mezcla de hormigón se determinará de acuerdo al método AASHTO T-121. Para la determinación del contenido de aire en la mezcla, se utilizarán los ensayos AASHTO T-152 ó T-196.

La verificación de los alineamientos, perfil transversal, dimensiones de la losa y acabado se efectuará en base a los datos indicados en los planos contractuales, con las siguientes tolerancias:

- a) Las cotas de la superficie terminada no deberán variar en más de un centímetro.
- b) El ancho de la superficie medida del eje al borde del pavimento, podrá ser mayor en un centímetro que el ancho señalado en el proyecto.
- c) La pendiente transversal no variará en un valor mayor a  $\pm 0.5\%$  de la pendiente del proyecto.
- d) La profundidad máxima de cualquier depresión en la superficie del pavimento, colocando una regla metálica de 3 metros de longitud a intervalos de 2 metros, en forma paralela y transversal al eje del camino, no será mayor a 0.5 centímetros.

- e) Los espesores medidos podrán ser inferiores en un máximo de 5 milímetros en relación al espesor especificado contractualmente, pero en ningún caso el promedio del 80% de las mediciones efectuadas será inferior al espesor estipulado.

La determinación de los espesores se efectuará por medio de nivel fijo, tomando puntos sobre el eje y los costados en la superficie terminada que recibirá el hormigón, y luego se volverán a nivelar los puntos correspondientes en la superficie de la losa de hormigón.

Las resistencias características a la flexión en el ensayo de carga de tres puntos en una viga según Norma INEN 198 tendrán un valor promedio mínimo de 3.9 MPa. Se obtendrán cilindros de hormigón para realizar ensayos a la compresión con el fin de correlacionar estos resultados con los obtenidos en los ensayos a flexión .

#### **405-8.05. Procedimientos de trabajo.**

**405-8.05.1. Trabajos previos.-** Antes de iniciar la construcción del pavimento de hormigón rígido, la subrasante o subbase deberá estar terminada de conformidad con los requerimientos contractuales, y deberá ser limpiada de cualquier material extraño. Se revisará que las obras de drenaje se hallen funcionando correctamente.

Antes de empezar la distribución del hormigón sobre la subrasante o subbase, ésta deberá ser revisada meticulosamente por el Fiscalizador, con especial cuidado en la compactación de los rellenos sobre las obras de arte, luego de lo cual será humedecida uniformemente, evitando cualquier exceso. La distribución del hormigón para la losa se iniciará después de que la subrasante se encuentre a satisfacción del Fiscalizador, y éste haya emitido su autorización.

Se deberá haber previsto un suficiente abastecimiento de agua de la calidad especificada para cubrir oportunamente todas las necesidades del trabajo, antes de iniciar la operación. De no ser así, el Fiscalizador no autorizará la iniciación del trabajo.

- Colocación de moldes fijos: Los moldes fijos laterales deberán ser colocados con precisión, de acuerdo con los alineamientos y pendientes determinados para la losa. Deberán ser instalados de manera que todo el ancho de su base se halle debidamente apoyada sobre la superficie de la subrasante; dicha base será fijada por medio de estacas metálicas, de una longitud y espaciamiento suficientes para evitar cualquier desplazamiento de los moldes, cuando pasen sobre los moldes las máquinas pavimentadoras. Las secciones de moldes deberán quedar suficientemente entrelazadas, dejando solamente un espaciamiento de unos 3 mm. aproximadamente entre secciones que llevarán junta de expansión.

El contratista deberá disponer y colocar en sitio una suficiente cantidad de moldes laterales, para no obstaculizar los trabajos de pavimentación. La cantidad de moldes colocados y aprobados estará de acuerdo con la capacidad de los equipos empleados y con la organización del trabajo, pero en ningún caso deberá ser menor a 150 metros a cada lado de la faja en construcción. Los moldes deberán ser recubiertos con aceite antes de la colocación del hormigón.

El retiro de los moldes, luego de la fundición del hormigón, se efectuará solamente cuando los bordes de la losa no requieran el apoyo de ellos, que en todo caso no será un lapso menor a 12 horas.

- Acero de refuerzo: Cuando se especifique el uso de acero de refuerzo en la totalidad de la losa o al menos en los accesos a estructuras u otros sitios determinados en los planos, el proyecto deberá fijar el tipo, diámetro, espaciamiento y posición del acero.

El acero de refuerzo especificado deberá estar limpio y libre de óxido o de cualquier material extraño que podría perjudicar la adherencia del hormigón. Las barras de refuerzo deberán ser mantenidas en posición, por medio de pequeños dispositivos que se incorporen al hormigón y que eviten el desplazamiento de las barras durante las operaciones de fundición y fraguado. Los dispositivos podrán ser cubos de cemento o piezas metálicas construidas especialmente para este propósito.

Según el caso, la armadura podrá ser fijada en posición antes de la colocación del hormigón, o ser colocada durante la fundición por medios mecánicos o vibratorios.

**405-8.05.2.Dosificación, mezclado y fundición.-** Las cantidades de los agregados, cemento y agua serán fijadas en la fórmula maestra de obra y autorizadas por el Fiscalizador y los métodos para la dosificación estarán acordes con lo especificado al respecto en la Sección 801.

La colocación del hormigón en obra deberá ser continua y no podrá ser interrumpida más de 30 minutos entre la colocación de dos cargas, ya que en este caso el Contratista deberá formar una junta de construcción a su costo, antes de continuar el vaciado del hormigón. Sin embargo la distancia mínima entre dos juntas no será menor a tres metros; de tal manera que, si por cualquier razón se suspendiera la colocación después de una junta de contracción o de expansión a una distancia inferior a la indicada, se deberá retirar el hormigón recién colocado hasta la junta existente, salvo el caso de uso de aditivos que permitan la continuación del hormigonado.

El vaciado del hormigón preparado se efectuará directamente del equipo de transporte, de la mezcladora o de la cubeta móvil, y se distribuirá de manera de lograr un avance uniforme y con el espesor fijado en todos los puntos.

A menos que se disponga de otra manera en el contrato, el pavimento rígido será

construido en fajas de 3.65 m de ancho; sin embargo de lo cual el contratista podrá, si así lo desea, construirlo íntegramente en el ancho de dos o más carriles, con las juntas longitudinales de construcción correspondientes entre los carriles adyacentes.

El hormigón deberá colocarse mientras esté fresco, y no se permitirá el uso de agua para reamasar el hormigón parcialmente endurecido. Si el Fiscalizador encuentra porciones de hormigón preparadas con materiales no aprobados o en proporciones diferentes a las especificadas, incluyendo un exceso de agua, dichas porciones deberán ser retiradas de la obra a costa del Contratista.

Durante la fundición del hormigón, el Contratista deberá tomar especial cuidado en proteger y mantener en su lugar los dispositivos de transferencia de cargas y el material de relleno de juntas,

El Contratista deberá proteger el hormigón fresco recién colocado para evitar daños por cualquier causa, y en caso de producirse, serán reparados a su cuenta y costo, excepto cuando estos daños sean producidos por derrumbes o deslizamiento imprevistos.

#### **405-8.05.3.Distribución, conformación y apisonado.-**

- a) Utilizando moldes fijos: El hormigón será esparcido uniformemente por medio de una distribuidora mecánica, y será vibrado, emparejado y apisonado por máquinas adecuadas, que sean aprobadas por el Fiscalizador. El hormigón será vibrado por medio de vibradores superficiales o por vibradores de inmersión colocados en la cercanía de los moldes, o por cualquier método de vibración que produzca resultados satisfactorios. Los vibradores no deberán entrar en contacto con los dispositivos de transferencia de cargas, los moldes o la subrasante.

La posición de las reglas de enrasado de la terminadora deberá ser tal que después de las operaciones de emparejamiento, apisonamiento y acabado, la superficie de la losa quede densa, uniforme y con pendientes y perfil transversal especificados.

La parte superior de los moldes o de los pavimentos adyacentes y la superficie de contacto de las orugas o ruedas de la máquina emparejadora-apisonadora, serán mantenidas siempre limpias, y el avance será uniforme para evitar cualquier deformación de la superficie del pavimento.

Durante cada pasada de la máquina deberá mantenerse un rollo de hormigón adelante y en todo el ancho del pavimento, excepto cuando se forme una junta de expansión. El propósito de este procedimiento es que el equipo produzca una superficie que no requiera sino mínimas remociones de material, cuando se realicen las operaciones de acabado indicadas más adelante.

Si el Fiscalizador lo autoriza, se podrá también efectuar estas operaciones de distribución, conformación y apisonamiento en forma manual, usando reglas vibradoras y vibradores portátiles de inmersión. En este caso, la regla deberá tener la longitud suficiente para cubrir el ancho de la losa y desplazarse sin dificultad sobre los moldes fijos. Se deberá además cuidar que el avance de la regla sea uniforme para evitar la formación de protuberancias o irregularidades debidas a interrupciones o variaciones de velocidad. Después del paso de la regla vibratoria se deberá correr una plantilla para observar las deficiencias superficiales y corregirlas de inmediato antes de proceder al acabado.

Cuando se coloque un tramo de losa de ancho menor a la anchura de un carril o se construyan áreas de forma irregular, en las cuales no sea posible usar las máquinas indicadas, se podrá distribuir y conformar el hormigón por métodos manuales, con la ayuda de vibradores de inmersión móviles y reglas de madera gruesa con las cuales se enrasará y apisonará el hormigón. Las operaciones manuales deberán conseguir una superficie densa, uniforme y con el perfil transversal requerido. En todo caso, las reglas que se utilicen deberán ser de una longitud mayor al ancho del área por pavimentarse, para que se deslice sin dificultad sobre los moldes laterales.

- b) Utilizando moldes deslizantes: El equipo que trabaje con moldes deslizantes deberá esparcir, emparejar, densificar y efectuar el acabado del hormigón recién colocado, de tal manera que en una sola pasada de la máquina el pavimento quede prácticamente terminado, de acuerdo con las alineaciones, pendientes y perfiles transversales del proyecto, requiriendo solamente el acabado superficial manual.

El hormigón será distribuido uniformemente y sin demora hasta su posición final; será densificado en todo el ancho y profundidad de la faja que se pavimente, utilizando vibradores internos aprobados por el Fiscalizador.

Los moldes se deberán extender atrás del tren de pavimentación una distancia suficiente como para que el hormigón se fragüe a tal grado que no desplace, y para que el acabado sea efectuado mientras el hormigón todavía se encuentre encerrado en los moldes.

Cuando se deba construir la losa en áreas pequeñas, no accesibles al equipo, se procederá de acuerdo a lo establecido en el último párrafo del numeral (a) inmediatamente anterior.

#### **405-8.05.4.Requisitos para las juntas.-**

- a) Generalidades: Las juntas serán del diseño mostrado en los planos y serán construidas en los sitios indicados en ellos o en los lugares

señalados por el Fiscalizador. Tanto las juntas longitudinales como transversales deberán ser construidas en forma perpendicular a la superficie del pavimento; las longitudinales serán paralelas al eje, y las transversales perpendiculares al mismo o en algunos casos al ángulo señalado en los planos.

Antes de que el pavimento sea abierto al tránsito, y una vez concluido el período de curado, las juntas que deban sellarse deberán llenarse con el material asfáltico aprobado para tal uso. Las juntas deberán estar cuidadosamente limpias y el material sellado será vertido sin derramarlo sobre el pavimento. El Contratista deberá retirar y limpiar cualquier exceso.

- b) Barras de unión y Pasadores: Se colocarán barras de unión a través de las juntas longitudinales y transversales de construcción, en forma perpendicular a ellas y asegurándolas firmemente en su posición por medio de soportes y ataduras aprobados por el Fiscalizador, y de acuerdo a lo indicado en los planos. Las barras deberán hallarse limpias y sin ningún recubrimiento. Cuando se construyan por separado fajas adyacentes del pavimento, las barras podrán atravesar el molde que separa las fajas o podrán ser dobladas contra él, para luego ser enderezadas a su posición final, antes de colocar el hormigón de la otra faja.

Cuando los planos lo indiquen, se colocarán en las juntas transversales de contracción, conjuntos de pasadores para la transferencia de cargas. Cada conjunto comprenderá el pasador, sus manguitos y un elemento aprobado para el espaciamiento y apoyo de los mismos. La mitad del largo de cada pasador será recubierta con una capa de asfalto u otro material que impida la adherencia del hormigón con esta parte del pasador.

Los elementos de apoyo deberán ser de tal diseño y construcción que mantengan a los pasadores perfectamente alineados, tanto vertical como horizontalmente, dentro de una tolerancia de 3 milímetros. El diseño y la colocación del conjunto con sus apoyos deberán ser aprobados por el Fiscalizador, antes de iniciar la colocación del hormigón en la cercanía de la junta correspondiente.

- c) Juntas transversales de construcción: Estas juntas serán del tipo escalonado, con barras de unión, y deberán practicarse cuando se produzca una interrupción en la fundición del hormigón de más de 30 minutos. No deberán construirse juntas transversales de construcción a una distancia menor a 3 metros de una junta de expansión o de contracción, como se indicó en el numeral 405-8.05.2.
- d) Juntas transversales de expansión: Estas juntas se formarán con fajas de material de relleno premoldeadas, aprobadas por el Fiscalizador, a los

intervalos designados en los planos, y perpendiculares a la superficie del pavimento y al eje longitudinal del mismo. Las juntas deberán formar una línea continua, que se extienda a todo el ancho del pavimento, a fin de asegurar una separación completa entre losas contiguas. El material premoldeado se sujetará en posición vertical mediante dispositivos adecuados, y será colocado de tal manera que el borde superior quede a una distancia de 2 ó 3 centímetros de la superficie. Luego de curado el hormigón, se llenará éstas ranuras con el material sellante aprobado, hasta llegar aproximadamente a un centímetro por debajo de la superficie de la losa.

Cuando lo indiquen los planos, se colocarán a través de la junta de expansión un conjunto de pasadores para la transferencia de cargas. El conjunto deberá conformar con los requisitos anotados en el acápite (b), incluyendo un manguito o camisa metálica protectora en la porción recubierta del pasador.

- e) Juntas de contracción (simuladas): Las juntas simuladas longitudinales y transversales podrán formarse introduciendo en el hormigón, al momento de la fundición, una faja de plástico o de otro material inactivo, de las dimensiones apropiadas, o podrán practicarse luego en el hormigón recién fraguado por medio de sierras apropiadas para el efecto. Estas tendrán un alineamiento correcto, conforme a los señalado en los planos, con una tolerancia de 5 milímetros en 3.50 metros.

Las juntas cortadas a sierra tendrán una profundidad entre 5 y 8 centímetros; el ancho de la ranura no deberá ser mayor a 6 milímetros.

Cuando los planos indiquen un espaciamiento entre las juntas transversales de contracción de 4 a 6 metros, se cortará a sierra la primera y la cuarta junta pasada una junta de construcción, dentro de las 24 horas después de la fundición del hormigón. Luego se cortará la segunda junta entre las 24 y 48 horas después de la fundición, y las demás juntas transversales y longitudinales se cortarán en cualquier momento después de las 24 horas de la fundición del hormigón.

Si los planos indican una distancia entre las juntas transversales de contracción de 6 a 15 metros, el aserrado de las juntas se efectuará cuando lo indiquen los planos contractuales.

En caso de que el espaciamiento de estas juntas transversales de contracción esté indicado en los planos entre 15 y 18 metros, se aserrará cada segunda junta dentro de las 24 horas después de fundido el hormigón, y las demás juntas en cualquier momento después de las 24 horas mencionadas.

En todo caso, sin que influya el espaciamiento de las juntas simuladas, todas ellas deberán ser cortadas antes de permitir la circulación de



vehículos sobre la losa. De cualquier manera, se deberá revisar la secuencia y tiempos del aserrado de las juntas, si se produjeran fisuras prematuras en el pavimento.

En caso de que el Contratista emplee el método de formar las juntas con fajas de plástico, en vez de aserrarlas, se deberán colocar fajas de 5 cm. de alto y 3 mm. de espesor en forma continua a fin de que no se interrumpa la junta. La faja de plástico u otro material inerte se colocará perfectamente perpendicular a la superficie de la losa y con el borde superior con una distancia máxima de un centímetro por debajo del nivel del pavimento. El momento de la fundición y vibración del hormigón se tomará especial cuidado que no se desplace la faja y el hormigón quede denso, homogéneo y sin segregación.

Cuando se fundan fajas de pavimento de ancho mayor a un carril, el Contratista podrá también formar las juntas de contracción con el empleo de fajas plásticas en vez de aserrarlas. En este caso, tomará especial cuidado en el empalme de las fajas para que la junta no se interrumpa, y asimismo deberá cumplir los requisitos de colocación y cuidado del hormigón indicados para las juntas transversales.

#### **405-8.05.5.Acabado de la losa del pavimento.-**

1) Acabado preliminar: La colocación, distribución y conformación del hormigón se efectuará durante el período de luz diurna o utilizando una adecuada instalación eléctrica para lograr una correcta iluminación.

Si el Contratista realiza el trabajo utilizando moldes fijos, deberá emplear, para el acabado preliminar de la superficie, cualquiera de los métodos que se detallan a continuación:

a) La superficie del hormigón será terminada de acuerdo con las alineaciones y perfil transversal, utilizando una máquina alisadora autopropulsada y diseñada para moverse sobre los moldes laterales.

El número de estas máquinas será suficiente para que el alisado del hormigón recién colocado pueda efectuarse sin interrupción, mientras continúa la fundición de la losa. En todo caso, este trabajo no deberá dilatarse más de 30 minutos después de la fundición, y de no existir una correlación de las máquinas necesarias, se deberá suspender la preparación del hormigón mientras no se cumpla este requisito.

Las máquinas alisadoras deberán corregir todas las desigualdades y extender y alisar uniformemente la superficie, de manera de producir una textura uniforme. Su operación será efectuada a la velocidad recomendada por el fabricante a fin de obtener los mejores resultados. Su diseño será tal que cumpla con los requisitos de acabado especificados para los pavimentos rígidos y su utilización deberá ser

aprobada por el Fiscalizador.

- b) El Contratista podrá realizar el trabajo de acabado preliminar utilizando dos reglas alisadoras de madera en vez de la máquina autopropulsada. Estas reglas serán de madera resistente; tendrán una longitud mayor que el ancho de la faja de hormigón para que se apoyen sobre los moldes laterales, y un ancho de 10 a 15 cm.; estarán construidas rígidamente, para formar y mantener una superficie plana y uniforme.

Cada regla será operada desde afuera del pavimento y el número de pasadas será el necesario para corregir todas las irregularidades de la superficie, hasta obtener una textura lisa y uniforme. Este trabajo será realizado inmediatamente detrás de la fundición y mientras el hormigón se halle todavía plástico y trabajable. En el caso de realizar el trabajo utilizando moldes deslizantes, luego de que se haya realizado el acabado preliminar del hormigón por medio de los dispositivos de las mismas máquinas de pavimentación, e inmediatamente detrás del avance de la fundición del hormigón, el Contratista deberá chequear el perfil de la losa y, en caso necesario, corregir cualquier deformación existente, utilizando reglas manuales como se indicó en el párrafo anterior.

Una vez concluido el acabado preliminar con cualquiera de los métodos anteriormente especificados, y en el caso de que aparecieran trizaduras capilares sobre la superficie de la losa, el Contratista deberá aplicar agua en forma de fina llovizna hasta completar el acabado y proceder al curado del hormigón.

- 2) Acabado final: Cuando el acabado preliminar se haya terminado, el Fiscalizador comprobará la exactitud del perfil transversal de la superficie, mediante el empleo de plantillas, y exigirá la corrección de cualquier desviación mayor a 5 mm. De inmediato el Contratista procederá a dar a la superficie una textura estriada, mediante el empleo de escobas de bejuco o trozos de arpillera o cualquier otro método que permita obtener una superficie uniformemente rugosa, con estriados de una profundidad no mayor a 1.5 mm.

Se concluirá este trabajo redondeando los bordes del pavimento a un radio de 1 cm., lo mismo que los bordes de las juntas transversales de expansión y de construcción y los de la losa adyacente a un pavimento existente, con un radio de 5 mm.

**405-8.05.6.Curado.-** Una vez concluidas las operaciones de acabado de la losa en la forma especificada arriba, y a satisfacción del Fiscalizador, se procederá al curado del hormigón, cuidando de no estropear la superficie del pavimento.

Los moldes laterales fijos no se retirarán hasta que haya transcurrido al menos

un período de 24 horas, luego de lo cual, una vez retirados los moldes, se completará el curado total de la losa, incluyendo los bordes; de encontrar pequeñas deficiencias en el hormigón al retirar los moldes fijos, se deberán efectuar en primer lugar todas las reparaciones necesarias y de inmediato proceder al curado.

El curado podrá llevarse a cabo por cualquiera de los métodos descritos a continuación:

- a) **Membrana impermeable pigmentada:** La superficie del hormigón será cubierta uniformemente con una solución de curado aprobada, que cumpla los requisitos especificados en el numeral 801-4.03. La tasa de aplicación será fijada por el Fiscalizador, pero en general estará por 1.6 litros por metro cuadrado. Esta solución se aplicará de acuerdo con lo recomendado por el fabricante, y de manera que el pavimento quede uniformemente cubierto con una película continua y uniforme, que endurecerá dentro de pocos minutos, formando una membrana completa de recubrimiento que impida la evaporación inmediata del hormigón. Esta aplicación deberá ser efectuada en forma inmediata al acabado final de la superficie, para evitar agrietamientos debidos al secado y contracciones del hormigón.
- b) **Láminas impermeables:** La superficie del pavimento será humedecida rociando agua uniformemente hasta que el hormigón comience a endurecer. Luego se cubrirá toda la losa con láminas de polietileno o de papel impermeable que impidan la evaporación. Estas láminas se colocarán con un traslapeo de al menos 10 cm. y la parte sobrepuesta será adherida con pega, para formar una junta cerrada e impermeable. Se mantendrán en posición, cubriendo todo el hormigón fresco, por un lapso no menor a 72 horas, período en el cual se cuidará de conservar intactas y en su sitio todas las láminas, o de repararlas de inmediato en caso de alguna rotura.
- c) **Esteras:** Se cubrirá todo el hormigón con esteras fabricadas de fibra vegetal (cáñamo, totora, algodón) y se las mantendrá saturadas, mediante el rociado de agua que sea necesario, hasta completar al menos un período de curado de 72 horas.

**405-8.05.7. Protección del hormigón fresco.-** El Contratista deberá colocar barreras adecuadas y señales de tránsito y, si es del caso, empleará vigilantes para evitar el tránsito vehicular sobre el pavimento recién construido, hasta que el Fiscalizador autorice su apertura al tránsito. Si fuere imprescindible que los vehículos crucen el pavimento, el Contratista deberá construir por su cuenta pasarelas adecuadas, que permitan esta circulación en los sitios necesarios, sin causar daños a la losa.

Si por falta de dispositivos de advertencia y defensa del pavimento ocurrieren daños debido al tránsito incontrolado, las reparaciones serán por cuenta del

Contratista y serán realizadas de manera satisfactoria a juicio del Fiscalizador.

La nueva obra no se abrirá al tránsito sino cuando el Fiscalizador lo autorice, en base a los resultados obtenidos de la rotura de los cilindros y vigas confeccionados y ensayados de acuerdo a lo especificado en el numeral 405-8.04. De todas maneras, en ningún caso se permitirá el tránsito vehicular antes de haber transcurrido un período de 14 días después de la colocación del hormigón. Previamente a la apertura, el pavimento deberá limpiarse y todas las juntas estarán selladas.

**405-8.06. Medición.-** Las cantidades a pagarse por la losa de hormigón para el pavimento rígido, construida en concordancia con los documentos contractuales y aceptada por el Fiscalizador, será el volumen efectivamente realizado y medido en metros cúbicos, en base al área calculada como la proyección de la superficie del pavimento en un plano horizontal, y al espesor promedio medido y aceptado por el Fiscalizador.

Las cantidades a pagarse por el suministro y colocación del acero de refuerzo, serán los kilogramos de barras de acero para refuerzo o los metros cuadrados de la malla de acero efectivamente colocados en la obra. La medición para el pago se efectuará de acuerdo con lo especificado en la subsección 504-5.

La longitud a pagarse por las juntas de contracción (simuladas) transversales será la longitud realmente aserrada o formada, medida en metros lineales. No serán objeto de medición para el pago las juntas longitudinales de contracción ni las juntas transversales de expansión y construcción.

No se medirán para el pago ni las barras de unión ni los conjuntos de pasadores para la transferencia de cargas, usados en las juntas.

No serán objeto de pago ni el agua utilizada para la mezcla y el curado, ni los demás materiales que se usen en el curado, ni los trabajos de protección.

**405-8.07. Pago.-** Las cantidades de obra determinadas de acuerdo con el numeral anterior, serán pagadas a los precios contractuales para los rubros designados a continuación.

Estos precios y pago constituirán compensación completa por la preparación, transporte y suministro de los agregados; transporte y suministro del cemento; preparación, colocación, distribución, conformación, acabado y curado del hormigón hidráulico; mantenimiento, preparación, colocación de los moldes; construcción de juntas, su limpieza y relleno; acero de refuerzo, si el proyecto lo determina, y su colocación; así como por mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas en la operación y completamiento de los trabajos considerados en esta sección.

**Nº del Rubro de Pago y Designación**

**Unidad de Medición**

405-8 (1) Pavimento de hormigón de cemento Pórtland.....	Metro cúbico (m <sup>3</sup> )
405-8 (2) Acero de refuerzo.....	Kilogramo (kg)
405-8 (2) Malla de refuerzo.....	Metro cuadrado (m <sup>2</sup> )
405-8 (3) Juntas simuladas.....	Metro Lineal (ml)

## **405-9 Pavimento de Hormigón Compactado con Rodillo (HCR) y de Hormigón Compactado con Pavimentadora (HCP)**

**405-9.1 Descripción.-**El pavimento de hormigón compactado con rodillo o compactado con pavimentadora, consiste en una capa de rodadura constituida por una losa de hormigón con muy poco contenido de agua, cuya densificación se obtiene mediante el uso de rodillos compactadores mecánicos o de pavimentadoras con reglas de alto poder de compactación, de acuerdo con lo especificado en los planos, disposiciones especiales y documentos contractuales.

Este tipo de pavimento se construye sobre una sub-base conformada y compactada, preparada de acuerdo con los documentos contractuales y las instrucciones del Ingeniero Fiscalizador. Podrá ser construido empleando moldes laterales fijos o deslizantes, a opción del contratista. El empleo de moldes no es necesario si se usan pavimentadoras con precompactación.

El hormigón utilizado, para este tipo de trabajo, debe cumplir con las exigencias de la presente especificación, salvo que en los documentos contractuales se indiquen disposiciones especiales, en cuyo caso deben cumplirse los requisitos establecidos en estas últimas disposiciones.

### **405-9.2 Materiales**

#### **405-9.2.1 Cemento**

**a.-** El cemento Portland que se utilice en la mezcla deberá tener, preferentemente mínima retracción, bajo calor de hidratación y elevada resistencia a largo plazo, que contrarresten el fenómeno de fatiga; así mismo deberá cumplir con los requisitos de calidad impuestos por las normas INEN correspondientes.

**b.-** Cuando el Proyecto o el Entidad Contratante no indiquen el tipo de cemento que se debe usar, se entenderá que se trata de cemento Portland tipo 1P.

**c.-** Se podrán incorporar como aglomerantes adiciones minerales tales como cenizas volantes, humo de sílice, puzolana, etc., siempre que se verifique mediante ensayos que no se alteran las propiedades del hormigón, ni se originan reacciones desfavorables.

### 405-9.2.2 Agregados

- a.-** Los agregados se clasificarán en agregados finos, menores que 4,76 mm (Nº.4), y agregados gruesos, mayores que 4,76 mm.
- b.-** Para garantizar la alta calidad de los hormigones a usarse en estos pavimentos, los materiales que constituyen las fracciones tanto de los agregados gruesos como de los finos, deberán ser resistentes, duros, estables, limpios y libres de materia vegetal y de exceso de partículas alargadas o planas, así como de arcilla u otro material inconveniente. Deben cumplir con las características físicas de la norma INEN 872 (ASTM C 33).
- c.-** Los agregados se obtendrán de las minas o canteras indicadas por los documentos contractuales y/o por el Ingeniero Fiscalizador, o de las propuestas por el contratista y aprobadas por la Entidad Contratante.
- d.-** La granulometría de los agregados, finos y gruesos combinados deberá ser continua y cumplirá con los requisitos de graduación que se indica en la tabla 1.1.
- e.-** Cuando los agregados no cumplan con todos los requisitos especificados, se podrán emplear si estudios completos de laboratorio demuestran que con similares relaciones agregado / cemento se puede obtener HCR de la calidad exigida, apto para satisfacer tanto las características del pavimento como las condiciones de durabilidad.

Tabla 1.1 Granulometría		
Tamiz		% que pasa (acumulado)
Mm	pulgadas	
25,4	(1)	100
19,1	(3/4)	84-100
12,7	(1/2)	73-91
9,5	(3/8)	62-81
4,76	(No.4)	51-69
2,38	(No.8)	39-58
1,19	(NO.16)	29-48
0,595	(No.30)	20-38
0,296	((No.50)	12-29
0,149	(No.100)	7-20
0,074	(No.200)	2-10 ( * )

( \* ) El porcentaje menor a 75 micras (tamiz No. 200) puede llegar al 15 % en la arena siempre y cuando se trate de arena triturada.

### 405-9.2.3 Agregados finos

**a.-** El agregado fino podrá estar constituido por arena manufacturada por trituración, arena natural o por una mezcla de ambos materiales. La arena manufacturada deberá provenir de rocas sanas y durables, que cumplan los requisitos de calidad necesarios para obtener un hormigón de las características exigidas.

**b.-** Los agregados finos cumplirán con lo indicado en la norma INEN 872 (ASTM C 33) . El uso de materiales pasantes por el tamiz 75  $\mu$  m (No.200), si no son plásticos, resulta beneficioso porque reduce el porcentaje de vacíos de la pasta. Sin embargo, su efecto en el hormigón fresco o endurecido debe ser evaluado en el estudio del diseño de la mezcla.

**405-9.2.4 Agregados gruesos**

**a.-** El agregado grueso puede estar constituido por roca triturada, grava triturada o por una mezcla de ambos materiales. El agregado grueso triturado

deberá provenir de rocas y/o gravas sanas y durables, que cumplan los requisitos de calidad necesarios para obtener un hormigón de las características exigidas.

**b.-** Los agregados gruesos cumplirán con lo indicado en la INEN 872 (ASTM C 33). En caso que el agregado grueso contenga material que reaccione perjudicialmente con los álcalis del cemento, la Entidad Contratante se reserva el derecho de realizar todos los estudios que consideren necesarios, antes de aprobarlos o rechazarlos definitivamente.

**c.-** A fin de minimizar la segregación durante el transporte y colocación del hormigón y de conseguir texturas de pavimento adecuadas, el tamaño nominal máximo del agregado no debe exceder de 19 mm (3/4").

**405-9.2.5 Agua**

**a.-** El agua que se utilice en la mezcla o en el curado, deberá cumplir los requisitos indicados en la sección 804 de las especificaciones MOP-001-F-2000.

El agua a emplearse deberá ser aprobada por el Fiscalizador; será limpia, libre de impurezas y carecerá de aceites, álcalis, ácidos, sales, azúcar y materia orgánica. Se podrá emplear agua potable.

El agua podrá contener como máximo las siguientes impurezas por porcentaje:

Impurezas	Porcentaje
-----------	------------

Alcalinidad calculadas en términos de carbonato de calcio.	0,05
Sólidos orgánicos total.	0,05
Sólidos inorgánicos total.	0,05

#### **405-9.2.6 Aditivos**

**a.-** Se podrá utilizar un retardador de fraguado que permita obtener un plazo adecuado de trabajabilidad del hormigón, a la temperatura y más condiciones ambientales previstas al momento de su colocación, de acuerdo con las características especiales de cada obra.

**b.-** El empleo de otros aditivos deberá ser aprobado por el Ingeniero Fiscalizador.

#### **405-9.3 Diseño de mezclas**

Los procedimientos para determinar las proporciones de las mezclas, así como sus propiedades, difieren entre el HCR/HCP y el hormigón convencional, debido a la relativa mayor consistencia del HCR/HCP y al uso en su preparación de granulometrías no convencionales.

Las principales diferencias en la proporción de las mezclas para pavimentos en HCR/HCP y en hormigón convencional son las siguientes:

- \* El HCR/HCP usualmente no tiene aire entrampado.
- \* Tiene un menor contenido de agua
- \* Tiene un menor contenido de pasta
- \* Requiere un mayor contenido de agregado fino para producir una combinación de agregados bien graduada y estable bajo la acción de los rodillos vibratorios.
- \* Tiene un tamaño nominal máximo de agregados no mayor de 19 mm a fin de minimizar la segregación y producir una textura superficial adecuada.

Para efectos de diseño se distingue del suelo cemento y de las bases tratadas con cemento, por usar agregados de alta calidad y un contenido de cemento mayor.



Para poder ser consolidado con eficiencia debe ser lo suficientemente seco para soportar el peso y el efecto de los rodillos vibratorios, pero por otra parte debe tener el suficiente contenido de humedad para permitir una adecuada distribución de la pasta a través de la masa durante las operaciones de mezclado y compactación.

La apariencia de un hormigón diseñado para ser compactado mediante rodillos vibratorios difiere de la de un hormigón que tenga un asentamiento medible en el cono de Abrams. A pesar de que el HCR/HCP no presenta evidencia visible de pasta de cemento cuando no está compactado, debe tener suficiente volumen de pasta para llenar todos los espacios vacíos de la masa de agregados.

Existen algunos procedimientos para diseñar las mezclas de HCR/HCP, los cuales pueden ser agrupados en dos categorías:

- 1) Dosificación usando pruebas de consistencia del hormigón. VeBe Modificado (ACI211.3).
- 2) Dosificación usando pruebas de compactación de suelos. Proctor Modificado (ASTM D 1557)

Para efectos de estas especificaciones técnicas se considera necesario el uso del método 1) a base de la determinación de la consistencia del hormigón.

#### **405-9.4 Método de dosificación según la determinación de la consistencia del hormigón**

Debe determinarse primero los parámetros que intervienen en el diseño, estos son: contenido de agregados, contenido de cemento y contenido de agua. En cuanto al contenido de agregados éste debe cumplir con la gradación sugerida en la Tabla 1.1. Aproximadamente se conoce que con arena y agregado grueso que cumplan norma ASTM C 33, sus proporciones se reparten en 60 y 40%, respectivamente.

Las mezclas de estos hormigones deben contener suficiente volumen de pasta cementicia (cemento y agua) para llenar los vacíos internos presentes en el arreglo granular. La relación de volumen de pasta a volumen de mortero afecta tanto a la facilidad de compactación de la mezcla como a la textura superficial del pavimento. Experiencias de laboratorio sugieren empezar con contenidos de cemento entre 200 y 300  $\text{kg/m}^3$  y humedades entre 6 y 7%, este último parámetro depende de la absorción de los agregados.

La consistencia de la mezcla de prueba se evaluará en tiempo VeBe según la norma ASTM C 1170 y el tiempo óptimo estará comprendido entre 30 y 40 segundos, cuando se utilice el sobrepeso de 22,7 kg descrito en la misma.

Una buena manera de realizar las mezclas de prueba consiste en dejar todos los parámetros fijos para realizar cambios en una sola variable. De esta manera se determinan las mejores condiciones de consistencia y cada parámetro puede ser optimizado para obtener las condiciones deseadas en el hormigón tanto en estado fresco como endurecido.

#### **405-9.5      Diseño de espesores**

Por el hecho de que los pavimentos de HCR/HCP tienen un comportamiento similar a los de hormigón convencional, los procedimientos de diseño son aproximadamente iguales.

El diseño de espesores para pavimentos de hormigón convencional se basa en mantener, dentro de límites aceptables, los esfuerzos de tracción por flexión y los daños por fatiga causados por las cargas del tráfico.

La ubicación de las cargas de tráfico sobre el pavimento, tienen una gran influencia sobre los esfuerzos y daños por fatiga en su estructura, que son máximos cuando dichas cargas están ubicadas en los bordes y juntas, y menores cuando están localizadas en el interior del pavimento.

Este mismo principio es considerado en los métodos de diseño para espesores de pavimentos desarrollados por la Portland Cement Association (PCA) y por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, que, junto con la AASHTO, son los organismos más reconocidos en nuestro medio para diseños de pavimentos.

Métodos de diseño más recientes y probados con materiales locales, han sido desarrollados a fin de tomar en consideración, en la determinación de los espesores de los pavimentos, todas las ventajas que se han encontrado para este tipo de pavimentos.

Las ventajas más importantes sobre el hormigón convencional son:

- \*Menor contenido de cemento por su baja relación agua/cemento.
- \*Mayores resistencias por su mayor densificación por compactación.
- \*Módulo elástico mayor.
- \*Módulo de Rotura (tracción por flexión) mayor.
- \*Comportamiento a la fatiga mejor.

Quedará a mejor criterio del ingeniero diseñador la selección del método a emplear, debiendo someter a la aprobación de la entidad contratante los resultados del diseño.

#### **405-9.6 Proceso Constructivo**

##### **Preparación de la Subrasante y de la Súbbase.- Trabajos Preliminares.**

La súbbase sobre la que se construirá el pavimento deberá cumplir los requisitos exigidos en el proyecto y comprobados por el ingeniero fiscalizador, teniendo especial cuidado en la compactación de los rellenos sobre las obras de drenaje. El ingeniero fiscalizador autorizará las superficies de súbbase que se encuentren preparadas para recibir la capa de rodadura. Previamente debe haberse comprobado que la capacidad portante de la súbbase es por lo menos igual a la adoptada en el diseño del pavimento.

Antes de iniciar la colocación del hormigón, la superficie de la súbbase se humedecerá uniformemente, evitando la acumulación excesiva de agua.

Cuando el proceso constructivo requiera de la colocación de moldes fijos laterales, estos deberán ser instalados con precisión, de acuerdo a los alineamientos y pendientes determinadas en el proyecto. Los moldes deberán ser recubiertos con aceite antes de colocar el hormigón. El retiro de los moldes se efectuará, solamente, cuando se haya completado la compactación de los bordes de la carpa teniendo cuidado con el borde fresco del hormigón.

Cuando se estipule el uso de barras de acero de transferencia de cargas, el proyecto deberá establecer tipo, diámetro, separación y posición del acero. Las barras de acero deberán estar limpias y libres de óxido o de cualquier material que pueda afectar su adherencia.

##### **405-9.6.1 Dosificación, mezclado y transportación**

**a.-** Las cantidades de los agregados, cemento y agua serán fijados mediante el diseño de la mezcla y autorizadas por el Ingeniero Fiscalizador, de conformidad con lo indicado en el numeral 405-9.3 Diseño de Mezclas de estas especificaciones, y el diseño y la fórmula maestra, para el trabajo serán presentadas por el contratista para la aprobación de la fiscalización.

**b.-** Se podrán utilizar plantas centrales de dosificación y mezclado para hormigón, plantas centrales de dosificación para hormigón, plantas centrales continuas o discontinuas para mezclas asfálticas, o mezcladoras portátiles con balanzas para dosificación.

- c.-** Para el transporte del hormigón de la planta a la obra, se utilizarán camiones de volteo, camiones mezcladores o equipo especial para transporte de hormigón.
- d.-** En el caso de utilizar en el transporte camiones de volteo, el tiempo de transporte-descarga no excederá al 50% del plazo de trabajabilidad establecido en el diseño de la mezcla, contado a partir del momento en que el hormigón se descarga del mezclador.
- e.-** Los camiones de volteo deberán disponer de la debida protección para evitar que, durante el transporte, la acción de los agentes climáticos pueda deteriorar al hormigón.
- f.-** En caso de emplearse para el transporte camiones mezcladores, el tiempo carga-transporte-descarga no excederá al 75% del plazo de trabajabilidad establecido en el diseño de la mezcla, contado a partir del momento en que el cemento entró en contacto con el agua.
- g.-** La colocación del hormigón deberá ser continua y no podrá ser interrumpida por un lapso mayor al 75% del plazo de trabajabilidad establecido; en este caso, el contratista deberá formar una junta de construcción fría antes de continuar con el vaciado del hormigón.
- h.-** El hormigón deberá colocarse mientras este fresco, y no se permitirá la adición de agua para reamasar la mezcla parcialmente endurecida.
- i.-** El contratista deberá proteger el hormigón fresco recién colocado para evitar daños por cualquier causa que, en caso de producirse, serán reparados por su cuenta. Se exceptuará esta responsabilidad, cuando estos daños sean producidos por derrumbes o deslizamientos de tierras imprevistos.

#### **405-9.6.2 Distribución, conformación y compactación**

- a.-** La colocación del hormigón se realizará, preferentemente, con pavimentadora para hormigón asfáltico o pavimentadora para hormigón provista de elementos mecánicos que aseguren obtener una correcta distribución y elevada compactación del hormigón. Además, deberán disponer de los medios electrónicos necesarios para efectuar el control automático de la nivelación del pavimento que se coloca. No se permitirá, salvo el caso de una emergencia puntual, el uso de motoniveladora para colocar este tipo de pavimentos.
  - a.1 La colocación del hormigón debe suspenderse cuando la temperatura del aire sea menor de 5° C.
  - a.2 También debe suspenderse cuando una combinación de máxima temperatura ambiental y velocidad del viento puedan ocasionar exagerada pérdida de humedad por evaporación.
- b.-** Para equipo convencional (distribuidora de agregados, pavimentadora para hormigón asfáltico o pavimentadora para hormigón convencional con o sin encofrados deslizantes).

- b.1 El proceso de compactación deberá iniciarse tan pronto como el hormigón haya sido colocado y dependerá del tipo de equipo de distribución utilizado.

Este proceso se ejecutará mediante la siguiente secuencia general:

- ?? Dos pasadas con el rodillo tandem sin vibración.
- ?? El número de pasadas con el rodillo tandem con vibración que se requieran para obtener la densidad especificada. Usualmente son cuatro pasadas.
- ?? Varias pasadas con el rodillo neumático de 10 ó 20 toneladas, (usualmente dos pasadas son suficientes) para cerrar vacíos de la superficie o fisuras presentadas durante la vibración.
- ?? Finalmente cuatro pasadas con el rodillo tandem sin vibración para nivelar cualquier imperfección dejada por el rodillo neumático.

Para efectos de esta secuencia el recorrido de ida y vuelta de los rodillos equivale a dos pasadas.

Esta secuencia recomendada puede ser variada si en lugar de usar vibración en la compactación se efectúa un mayor número de pasadas con el rodillo sin vibración; si se decide no usar rodillos neumáticos para cerrar la superficie, o, si se utiliza pavimentadoras con capacidad de precompactación, en cuyo caso el número de pasadas puede ser sustancialmente reducido.

- b.2 Debe observarse el comportamiento del hormigón fresco bajo la primera pasada del rodillo. Si la consistencia es adecuada el hormigón se deformará uniformemente bajo el paso del rodillo. Si está demasiado húmedo, la superficie aparecerá brillante y pastosa y se notará efecto de bombeo no solo bajo el paso del rodillo sino bajo las pisadas de los trabajadores. Por el contrario, si la mezcla está muy seca, el rodillo no dejará huellas a su paso y la densificación será muy difícil, especialmente en el sector inferior de la capa.

De ocurrir alguno de los casos anteriores deberán hacerse pequeños ajustes en el contenido de agua para conseguir la trabajabilidad requerida, o según el caso, podría necesitarse un nuevo diseño de la mezcla.

- b.3 En el transcurso de la operación de rodillado con vibración, deberá detenerse el modo de vibración antes de detener el avance del rodillo. De no procederse así se podrá presentar una depresión a través del pavimento, difícil de corregir.

- b.4 Al final de cada faja de pavimento el rodillo debe salir por el extremo sin confinamiento, y esto redondea el borde del pavimento. El sector redondeado debe ser removido con sierra para crear una junta vertical, antes de colocar la siguiente faja.
- b.5 El equipo de compactación estará conformado, como mínimo, de un rodillo liso vibratorio pesado, con una carga sobre la generatriz no inferior a tres toneladas por metro, y de un rodillo pesado de neumáticos, cuya carga por rueda no sea inferior a tres toneladas y con una presión de inflado no inferior 0.8 MPa.
- c.- Para pavimentadora vibro-compactadora de alto desempeño. ( HCP )  
\* Cuando se utilice este tipo de pavimentadoras no es necesario realizar compactación adicional con rodillos, puesto que la densidad alcanzada debe ser suficiente para asegurar una buena calidad del hormigón y del acabado superficial. En caso necesario podrá completarse la densidad requerida, mediante el uso de rodillos de las características señaladas en b.5.
- d.- Cuando se coloque un tramo de pavimento de ancho menor al de un carril o se construyan áreas pequeñas y de forma irregular, en las cuales no es posible usar la maquinaria, previa autorización del Ingeniero Fiscalizador, se podrá colocar, conformar y compactar el hormigón por métodos manuales usando reglas enrasadoras vibratorias y placas o rodillos compactadores portátiles.
- e.- La colocación, conformación y compactación del hormigón se efectuará durante el período de luz diurna o utilizando una adecuada instalación eléctrica para lograr una correcta iluminación.
- f.- El proceso de compactación deberá quedar totalmente terminado dentro del plazo de trabajabilidad de la mezcla.
- g.- El grado de compactación del pavimento, referido a la densidad máxima de diseño obtenida según ASTM D 1557, no será inferior al noventa y seis por ciento (96%). El HCR ó HCP se considerará aceptable si el promedio de todas las pruebas de densidad no es menor que 96%, siempre que ninguna prueba individual sea menor del 93%.
- h.- El control de compactación se realizará utilizando el densímetro nuclear. Se efectuará una comprobación por cada 500 m<sup>2</sup> de pavimento, o una por cada faja de construcción.

### 405-9.6.3 Curado y protección del hormigón

- a.- Terminada la compactación del pavimento de HCR ó de HCP, se procederá de inmediato a su protección mediante la aplicación de un tratamiento de curado.
- b.- Debido al bajo contenido de agua del hormigón, es necesario efectuar un cuidadoso proceso de curado, manteniendo húmeda la superficie del pavimento, a fin de que pueda desarrollar la resistencia de diseño y para prevenir desprendimientos de la superficie endurecida.
- c.- Debe usarse durante el primer día un camión tanquero con barra esparcidora de agua. En los subsiguientes seis días debe mantenerse la superficie húmeda mediante cualquier procedimiento que demuestre su eficacia, como rocío de agua con boquillas, uso de tanqueros de agua o arena saturada. La aplicación de una capa de emulsión asfáltica ha sido utilizada con éxito en Europa para el curado del hormigón. Este procedimiento ha sido probado localmente y puede ser también utilizado, especialmente cuando se desea abrir el tráfico tan pronto como las juntas hayan sido aserradas, a fin de proteger la superficie de la abrasión
- d.- Las prácticas de protección que se deben adoptar en la colocación de pavimentos de hormigón convencional, cuando las temperaturas ambientales son mayores de 30°C o menores de 5°C o con ambientes muy secos o con mucho viento, también deben tomarse en el caso del HCR o del HCP.
- e.- El contratista deberá colocar barreras adecuadas, señales de tránsito y/o vigilantes hasta que el Ingeniero Fiscalizador autorice la apertura al tránsito.
- f.- Cuando por falta de dispositivos de advertencia y defensa del pavimento, ocurrieren daños debido al tránsito incontrolado, las reparaciones serán por cuenta del contratista y serán realizadas a juicio del Ingeniero Fiscalizador.
- g.- En ningún caso se permitirá el tránsito vehicular antes de haber aserrado las juntas transversales de contracción.

### 405-9.6.4 Ejecución de juntas

#### Juntas Transversales de contracción

- a.- Las juntas serán construidas de acuerdo al diseño, dimensiones y separación que indiquen los planos.
- b.- Las juntas deberán construirse aserrando el hormigón, tan pronto éste tenga la consistencia suficiente para que no se desgrane con el aserrado. El aserrado se efectuará de tal manera que su borde quede

perfectamente vertical. El aserrado de juntas se lo puede ejecutar en dos etapas: un primer corte con sierra delgada y de poca profundidad a las 3 ó 4 horas de terminada la compactación, y un nuevo corte con sierra del espesor y profundidad requeridos por el diseño, después de las 12 horas posteriores a la compactación.

- c.- Las juntas serán aserradas antes de permitir la circulación de vehículos sobre el pavimento, con espaciamientos, según el diseño, de entre 9 y 20 m y con una profundidad igual a la cuarta parte del espesor de la losa.
- d.- Las juntas se rellenarán dentro del menor plazo posible, contado a partir del aserrado de las mismas. Antes de proceder al relleno, las juntas se deberán limpiar con aire a presión.
- e.- Cuando no se indiquen en el proyecto y/o los planos, los métodos de aplicación y los materiales de sello que se utilicen, deberán ser previamente aprobados por la Entidad Contratante.

### **Juntas de construcción**

Durante el proceso constructivo mediante el uso de pavimentadoras, se forman juntas longitudinales entre dos fajas consecutivas en la dirección de la pavimentación, y juntas transversales al final de cada faja de pavimentación, en sentido perpendicular a esa dirección.

Una junta "fresca" se forma entre dos fajas sucesivas de pavimentación cuando el intervalo de tiempo entre la colocación de esas dos fajas es lo suficientemente corto como para permitir que el sector común a las dos fajas pueda ser compactado en conjunto para formar una junta monolítica entre las dos fajas. Este intervalo de tiempo es de alrededor de una hora dependiendo de la temperatura, de la humedad ambiental y de la velocidad del viento..

Estas juntas frescas se consiguen dejando de 30 a 45 cm al borde de la faja sin compactar durante la operación de rodillado. Este borde sin compactar se lo usa para fijar la altura de la pavimentadora al colocar la faja siguiente, Después de la colocación de la faja adyacente, la junta longitudinal se compacta centrando el tambor del rodillo sobre la junta y compactando simultáneamente el borde de la faja adyacente, como se indica en el gráfico La compactación de estas juntas pueden requerir un número mayor de pasadas para obtener la densidad requerida.

Las juntas "frías" se producen cuando por razones del proceso constructivo no es posible efectuar la compactación de los bordes de dos fajas consecutivas dentro del límite de tiempo en que la faja más antigua todavía es compactable. Este límite es de aproximadamente una hora posterior a la colocación del hormigón en el pavimento, dependiendo de las condiciones ambientales de la zona. Estas juntas se construyen aserrando el borde



exterior no compactado de la faja correspondiente y colocando la nueva faja contra el borde vertical resultante del corte. (Ver gráfico de la página anterior)

Las juntas transversales de construcción se construyen con un procedimiento similar, es decir, cortando con sierra el extremo redondeado por la salida de los equipos y pavimentando la continuación de la faja contra el extremo vertical así obtenido.

Se dispondrán juntas transversales de construcción al final de cada jornada diaria de trabajo, o cuando el proceso constructivo se interrumpa durante un tiempo superior al 75 % del plazo de trabajabilidad establecido.

### **Juntas entre capas**

**a.-** Cuando el espesor del diseño del pavimento de HCR requiera que su construcción se efectúe en dos capas, se deberá colocar la capa superior antes del comienzo del fraguado de la capa inferior sin superar entre ambas operaciones, un lapso equivalente al 50% del plazo de trabajabilidad establecido. Este tiempo se podrá ajustar a criterio del Ingeniero Fiscalizador cuando se trate de climas calurosos y/o ventosos. Además deberá mantenerse húmeda la superficie de la capa inferior. Cuando se utilicen pavimentadoras con alto poder de compactación, el espesor máximo de una capa será de 300 mm; en los demás casos será de 200 mm.

**b.-** Para garantizar la efectividad del trabajo, indicado en el literal anterior, se deberá disponer por cada capa de un equipo de extendido o colocación y compactación.

### **Relleno de juntas**

Los materiales que se empleen para rellenar las juntas serán los indicados en el contrato o por la Entidad Contratante.

## **405-9.7 Ensayos y tolerancias**

### **405-9.7.1 Ensayos**

**a.-** El contratista deberá estudiar los materiales que se propone utilizar en la fabricación del hormigón y deberá elaborar el diseño de la mezcla de acuerdo con el numeral 405-9.3 para determinar la dosificación con la cual obtendrá la calidad especificada en el contrato. Esta fórmula deberá ser revisada y aprobada por el Ingeniero Fiscalizador antes de iniciar la elaboración del hormigón.

- b.-** El hormigón a usarse deberá tener una resistencia a la tracción por flexión ( Módulo de Rotura ) de 4,5 MPa. Si las características conocidas de los materiales disponibles o las pruebas preliminares indican dificultad para alcanzar esta resistencia económicamente, puede usarse una resistencia a la tracción por flexión no menor de 3,5 MPa siempre que el espesor de la losa sea diseñado de acuerdo con esta resistencia.
- c.-** Para el ensayo de consistencia del hormigón, se empleará el método ASTM C-1170-70-91.
- d.-** Para el ensayo a la flexión, las vigas se prepararán, curarán y ensayarán de acuerdo a los métodos ASTM C-78-94 y C-31/C-31M-96.
- e.-** El nivel de resistencia del hormigón será considerado satisfactorio, si cumple con los dos requisitos siguientes.

**e.1.** El promedio de todos los conjuntos de tres ensayos consecutivos de resistencia será igual o superior al módulo de rotura a la flexión (MR), especificado en el proyecto.

**e.2.** Ningún resultado individual del ensayo de resistencia (promedio de dos vigas) será menor que el MR especificado es  $\pm 0,5$  MPa.

- f.-** Se tomará, como mínimo, una muestra (4 vigas) por cada día de trabajo, por cada 120 m<sup>3</sup> de hormigón compactado o por cada 500 m<sup>2</sup> de pavimento colocado.
- g.-** Se podrá considerar la evaluación de la resistencia recurriendo a la tracción por flexión, mediante la resistencia a la tracción por compresión diametral (Prueba Brasileña), mediante la elaboración de probetas cilíndricas de hormigón de acuerdo a la norma ASTM C 1435-99. Para el efecto deberá establecerse mediante ensayos, una adecuada correlación entre la resistencia a la tracción por compresión diametral y la resistencia a la compresión por flexión.

#### **405-9.7.2 Tolerancias**

- a.-** La verificación de los alineamientos, perfil transversal y dimensiones del pavimento de HCR, se efectuará en base a los datos indicados en los planos contractuales con las siguientes tolerancias:
- a.1.-** Las cotas de la superficie no deberán variar en más de un centímetro, determinadas con una regla de 4 m.
- a.2.-** El ancho de la superficie, medida del eje al borde del pavimento, no podrá ser menor que el ancho indicado en los planos.
- a.3.-** La pendiente transversal no variará en un valor mayor a  $\pm 0,5\%$  de la pendiente del proyecto.
- a.4.-** La determinación de los espesores se efectuará mediante un nivel fijo, tomando puntos sobre el eje y los costados de la sub-base terminada y luego

nivelando los mismos puntos sobre el pavimento de HCR terminado. La nivelación se efectuará en secciones cada veinte metros lineales o de un punto por cada veinte metros cuadrados.

**a.5.-** Los espesores medidos podrán ser inferiores en un máximo de 5 milímetros en relación con el espesor del proyecto; pero, en ningún caso, el 80% de las mediciones efectuadas será inferior al espesor del proyecto.

#### **405-9.8 Investigación de resultados de los ensayos de baja resistencia**

**a.-** Si cualquier ensayo de resistencia a la flexión, de vigas curadas en el laboratorio es menor que el valor especificado de MR por más de 0,5 MPa, o si los ensayos de vigas curadas en obra indican deficiencia en la protección y curado, deberá tomarse medidas para asegurar que no se pone en peligro la capacidad de carga de la estructura.

**b.-** Si se confirma, luego de agotar todos los procedimientos no destructivos de control actualmente aceptados, que el hormigón es de dudosa resistencia y los cálculos indicaren que la capacidad de carga se habría reducido significativamente, se obtendrán del sector en duda vigas aserradas y/o núcleos de acuerdo con las normas ASTM C-42-99. En este caso, deberán obtenerse tres grupos de vigas aserradas y/o núcleos por cada resultado de resistencia que resulte menor del MR en más 0.5 MPa.

?? **b.1.-** Las vigas serán ensayadas a la tracción por flexión de acuerdo al método ASTM C-78-94.

?? **b.2.-** Los núcleos serán ensayados a la tracción por compresión diametral de acuerdo al método ASTM C-496-96.

**c.-** Si el hormigón del pavimento estará seco en las condiciones de servicio, los núcleos o vigas deberán secarse al aire (temperatura entre 15° y

30 °C, humedad relativa menor al 60%) durante siete días antes del ensayo, y deberán ensayarse secos. Si el hormigón del pavimento estará más que superficialmente húmedo en las condiciones de servicio, los núcleos o vigas deberán sumergirse en agua por lo menos 48 horas y ensayarse húmedos.

**d.-** El hormigón del sector representado por los ensayos se considerará estructuralmente adecuado cuando se cumpla con una de las dos condiciones siguientes:

**d.1.-** El promedio de las resistencias de las vigas resulte, por lo menos, igual al 85% de MR y ninguna viga deberá tener una resistencia menor que el 75% del MR.

**d.2.-** El promedio de las resistencias de los núcleos resulte, por lo menos, igual al 60% del MR y ningún núcleo deberá tener una asistencia menor que el 54% de MR.

**e.-** Si no se satisfacen los criterios del literal anterior y si, además, existen dudas con respecto a la suficiencia estructural, la Entidad Contratante puede ordenar ensayos de carga de acuerdo con lo estipulado en el capítulo 20 del Código Ecuatoriano de la Construcción (INEN-1993), para la parte dudosa de la estructura, o puede tomar otras medidas según las circunstancias.

#### **405-9.9 Medición**

**a.-** Las cantidades a pagarse por el pavimento, construido en conformidad con los documentos y planos contractuales y aceptado por el Ingeniero Fiscalizador, será el volumen efectivamente realizado y medido en metros cúbicos, en base al área calculada como la proyección de la superficie del pavimento en un plano horizontal y al espesor promedio medido y aceptado por el Ingeniero Fiscalizador.

**b.-** La longitud a pagarse por las juntas transversales aserradas y/o de construcción será la longitud realmente aserrada, debidamente rellenada, medida en metros lineales.

**c.-** No se medirán para el pago ni las barras de unión ni los conjuntos de pasadores para la transferencia de cargas, en caso de ser usados en las juntas.

**d.-** No serán objeto de pago ni el agua utilizada para la mezcla, el acabado y el curado, ni los demás materiales que se usen en el curado, ni los trabajos de protección.

#### **405-9.10 Pago**

**a.-** Las cantidades de obras determinadas de acuerdo con lo indicado en el numeral anterior, serán pagadas a los precios unitarios contractuales para los rubros correspondientes.

**b.-** Estos precios y pago constituirán compensación completa por la preparación, transporte y suministros de los agregados, transporte y suministros del cemento, transporte y suministro de aditivos; preparación, colocación, distribución, compactación, acabado y curado del hormigón; mantenimiento, preparación y colocación de los moldes; construcción de juntas, inclusive limpieza y relleno; colocación y suministro de acero de refuerzo, cuando el proyecto lo estipule, mano de obra, equipos, herramientas, materiales y operaciones conexas de los trabajos considerados en esta sección.

<b>No. del Rubro de Pago y Designación</b>	<b>Unidad</b>	<b>de</b>
<b>medida</b>		

405-9	Pavimento de HCR ó HCP.....	Metro Cúbico (m <sup>3</sup> )
405-9-(1)	Juntas aserradas y de construcción.....	metro lineal (m)

#### **405.10 Condiciones para Recepción de Pavimentos .-**

##### **405-10.01 Descripción**

Esta especificación tiene por objetivo fijar los parámetros y las exigencias que deben cumplir los pavimentos nuevos o reconstruidos para proceder a su recepción, independientemente de los requisitos de calidad que deben haber cumplido las distintas capas de pavimento, las que aparecen recogidas para cada caso en los diferentes numerales relacionados con los ensayos y tolerancias. Para la recepción de pavimentos como tal se deberán cumplir criterios de confort y seguridad evaluados sobre la superficie terminada.

##### **405-10.02 Definiciones**

###### **a- Criterio de confort.**

Está relacionado con la regularidad superficial determinada por la puesta en obra de las capas de rodadura y también con diversos tipos de fallos o degradaciones y sus reparaciones (bacheos, sellados de grietas, etc.) cuando no están bien realizadas. Esta gama de irregularidades hace incómoda la rodadura, con vibraciones y dificultades para mantener la velocidad de marcha. Contribuye además al desgaste de los vehículos, incluidos los neumáticos. Para evaluar el confort se realizarán determinaciones del Índice de Regularidad Internacional (IRI).

###### **b- Criterios de seguridad.**

La **microtextura** o aspereza depende de la textura superficial de los agregados y del mortero bituminoso. Es muy importante para la adherencia entre neumático y pavimento y, por tanto, para la resistencia al deslizamiento en todas las circunstancias. Las irregularidades de este tipo son siempre necesarias. Se evaluará determinando el coeficiente de rozamiento longitudinal con el Péndulo TRL (Británico) según la Norma ASTM E 303.

La **macrotectura** o rugosidad depende del tamaño máximo del agregado y de la composición de la mezcla, tratamiento superficial, sello, etc. La macrotectura es necesaria para una adecuada resistencia al deslizamiento a velocidad media y elevada con pavimento mojado. Se evaluará con el ensayo del círculo o mancha de arena.

**405-10.03 Ensayos y tolerancias.**

Las exigencias de calidad a cumplir para la recepción de los pavimentos son las mostradas en la Tabla 405-9.1. En carreteras interurbanas es importante alcanzar una microtextura áspera y una macrotextura rugosa.

**TABLA 405-9.1**

<b>OBJETIVO</b>	<b>PARAMETRO</b>	<b>EXIGENCIAS</b>	<b>PROCEDIMIENTOS PARA EVALUACION</b>
Comodidad	Rugosidad (m/km)	Hormigón asfáltico Máx 2.5 IRI Tratamiento o superficial Máx 4.0 IRI	Roadmeters o algún tipo de perfilómetro estático o dinámico.
Seguridad	Coefficiente rozamiento longitudinal Macrotextura	Mín 0,5  Mín 0,5mm	Péndulo TRL (Británico)  Mancha de arena

Las mediciones de la rugosidad deberán realizarse a lo largo de los carriles exteriores de la vía. El coeficiente de rozamiento longitudinal y la macrotextura deberán evaluarse cada 500 metros de forma alternada en cada carril.

## SECCION 406. REPARACION Y MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS

### 406.1. Utilización de Geotextil

**406.1.01. Descripción** Este trabajo consistirá en la colocación de geotextiles no tejidos termofundidos sobre una de las capas del pavimento, para corregir y evitar la propagación de grietas o trizaduras. La colocación de este geotextil requerirá la aplicación previa de una capa bituminosa de sellado y la colocación de una capa de rodadura asfáltica sobre el geotextil para permitir la circulación vehicular.

En ciertos casos, de acuerdo con lo especificado a continuación, el geotextil requerirá además, un riego bituminoso de adherencia antes de su colocación.

**406.1.02. Materiales** Los geotextiles deberán cumplir las características establecidas en las condiciones contractuales y especificadas en la Tabla 406.1.1.

**TABLA 406.1.1**  
**CARACTERISTICAS Y ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL GEOTEXTIL NO TEJIDO UTILIZADO PARA REPAVIMENTACIÓN**

PROPIEDADES	NORMA	UNIDAD	VALOR
<b>MECANICAS</b>			
Método Grab	ASTM D-4632		
Resistencia a la Tensión		N(lb)	520(117)
Elongación		%	750
Resistencia al Punzonamiento	ASTM D-4833	N (lb)	270 (61)
Resistencia al Rasgado Trapezoidal	ASTM D -4533	N(lb)	195 (44)
Método Mullen Burst	ASTM D-3786		
Resistencia al Estallido		kPa(psi)	1450(210)
<b>HIDRÁULICAS</b>			
Tamaño de Abertura Aparente	ASTM D-4751	mm(No. Tamiz)	0.18 (80)
Permeabilidad	ASTM D-4491	cm/s	$38 \times 10^{-2}$
Permitividad	ASTM D-4491	s <sup>-1</sup>	2.50
Espesor	ASTM D-5199	mm	1.50
Retención de Asfalto	TEXAS DOT3099	l/m <sup>2</sup> (gal/yd <sup>2</sup> )	1.30(0.29)
<b>PRESENTACIÓN</b>			
Tipo de Polímero	Fabricante		Polipropileno
Ancho del Rollo	Medido	m	3.8
Largo del Rollo	Medido	m	150
Área del Rollo	Calculado	m <sup>2</sup>	570

Los materiales para la capa bituminosa de sellado previo deberán cumplir con lo especificado en el numeral 405.6.02.

El riego bituminoso de adherencia, en caso de ser necesario, deberán cumplir con lo especificado en el numeral 405.2.02.

La capa de rodadura deberá hallarse establecida en el contrato y sus materiales y procedimientos cumplirán las especificaciones de la sección correspondiente.

**406.1.03. Equipo** El Contratista deberá emplear en este trabajo todo el equipo necesario para la ejecución eficiente y oportuna del mismo. Antes de ser utilizado, el equipo deberá contar con la aprobación del Fiscalizador.

Los equipos mínimos para la aplicación de la capa bituminosa de sellado, del riego de adherencia y de la carpeta de rodadura establecida en el contrato, serán los especificados en las secciones correspondientes, indicadas en el numeral anterior.

Para la colocación del geotextil, el contratista deberá disponer como mínimo de rodillos tensores para extenderlo, cepillos de cerda rígida para corregir cualquier arruga y cuchillas o tijeras.

**406.1.04. Ensayos y Tolerancias** Los geotextiles deberán cumplir con las exigencias mínimas establecidas en la Tabla 406.1.1.

No se permitirá ningún pliegue o arruga en el geotextil extendido en caso de no poder ser corregidas con cepillos de cerdas rígidas, las arrugas deberán ser cortadas y parchadas.

#### **406.1.05 Procedimientos de Trabajo.**

**406.1.05.1 Generalidades** La colocación del geotextil debe realizarse en lo posible mientras el asfalto de la capa bituminosa de sellado se halle caliente a fin de que mantenga sus propiedades de adherencia.

Se preferirá realizar este trabajo cuando la temperatura del aire sea superior a 14° C en caso de utilizarse asfaltos diluidos, y a 18° C en caso de utilizarse emulsiones, a fin de que el tiempo de cura no se dilate.

El Fiscalizador revisará cuidadosamente que la absorción del asfalto de la capa de sellado o del riego de adherencia en el geotextil sea lo más uniforme posible para conseguir la impermeabilización total de ésta.

**406.1.05.2 Preparación de la Superficie** La superficie en la cual se deba extender el geotextil deberá barrerse y deberá hallarse seca y libre de cualquier material extraño.



De existir rajadura o fisura de un espesor de 3 a 6 mm., estas deberán ser rellenadas con mezclas adecuadas de material asfáltico y arena. Las rajaduras mayores o baches deberán ser corregidos con mezclas de cemento asfáltico o de emulsiones. En algunos casos puede necesitarse la colocación de una capa niveladora de sello luego de efectuado el bacheo.

**406.1.05.3. Aplicación de la capa bituminosa de sellado** La colocación del sello asfáltico se realizará de acuerdo a lo establecido en la subsección 405.6.

La proporción del material asfáltico variará de acuerdo a la condición de la capa de pavimento que recibirá el geotextil pero generalmente se emplearán cantidades de 1.0 a 1.3 litros por metro cuadrado, pudiendo reducirse estos valores en un 20% en las curvas cerradas e intersecciones, debido al cambio de velocidad de los vehículos.

El material asfáltico deberá distribuirse mediante el uso de un distribuidor de asfalto autopulsado, manteniendo al mínimo el uso de los aplicadores manuales. El ancho de aplicación de la capa bituminosa de sellado deberá ser aproximadamente 50 cm. mayor que el ancho de colocación del geotextil.

**406.1.05.4. Colocación del geotextil** El material deberá ser extendido sobre la capa bituminosa de sellado, utilizando rodillos tensores y evitando la formación de arrugas, antes de que el asfalto se enfríe completamente y pierda su adhesividad.

El geotextil deberá ser colocado de modo que el lado con pelusa entre en contacto con el asfalto, a fin de lograr una mayor adhesión entre ella y la capa de pavimento.

Una vez extendido el geotextil, se alisará y presionará mediante el uso de cepillos de cerda dura, para que se aplane cualquier pequeña deformación del geotextil y quede en contacto total con la capa de pavimento.

En caso de que se hayan producido arrugas que no sean corregidas con los procedimientos anteriormente indicados, será necesario cortarlas manualmente, parcharlas y aplanar los bordes.

Las uniones transversales del geotextil deberán formarse con traslape de al menos 20 centímetros, que se efectuarán en el sentido de la marcha de la terminadora de pavimentos que colocará la carpeta posterior, a fin de que los bordes no se levanten o deformen con el paso de la máquina. Para completar el traslape, se deberá efectuar un riego liviano adicional de material bituminoso, a fin de que las superficies traslapadas queden unidas firmemente.

**406.1.05.5. Colocación de la capa de rodadura** Se procurará que la colocación de la capa de rodadura se efectúe en forma inmediata a la terminación de la extensión del geotextil.

No se permitirá ningún tránsito de vehículos sobre el geotextil, antes de que sea protegido con la capa de rodadura.

Los procedimientos de trabajo para la construcción de la capa de rodadura estarán de acuerdo con lo especificado para ello, en la Sección 405.

**406.1.06. Medición** La cantidad a pagarse por la colocación del geotextil será en metros cuadrados de la superficie efectivamente cubierta, medida en sitio.

La capa de sello se pagará de acuerdo a lo establecido para ello, en la subsección 405.6.

El riego de adherencia que fuere necesario será medido para el pago, de acuerdo a lo especificado en la subsección 405.2.

**406.1.07. Pago** Las cantidades determinadas en la forma indicada en el numeral anterior se pagarán a los precios contractuales para los rubros designados a continuación.

Estos precios y pago constituirán la compensación total por el suministro, transporte y colocación en sitio del geotextil y por la colocación del riego necesario, de sellado y de adherencia; así como por mano de obra, herramientas, materiales y operaciones conexas en la ejecución de los trabajos descritos en esta sección.

<b>No. del Rubro de Pago y Designación</b>	<b>Unidad de medición</b>
406-1 Geotextil no tejido termo fundido.....	Metro cuadrado (m2)
405-6 Capa bituminosa de sellado.....	Litro (1)
405-2 Riego de adherencia.....	Litro (1)

**406-2. Recuperación de Pavimentos con Emulsiones Asfálticas en sitio.**

**406-2.01. Descripción.-** Este trabajo consistirá en la recuperación y reutilización en el mismo lugar de los agregados existentes en pavimentos antiguos, en los cuales se hallan constituyendo capas asfálticas de rodadura, y capas de bases asfálticas o capas de bases granulares, material granular o alguna combinación de ellos.

Estos agregados se emplearán como parte del material que se utilizará en la construcción de nuevas bases recicladas con procesos de mezclado con

emulsiones asfálticas, las cuales serán colocadas sobre las capas subyacentes del pavimento antiguo, en cumplimiento de las disposiciones contractuales y con las alineaciones, pendientes y secciones transversales constantes en los planos del contrato.

**406-2.02. Materiales.-** La trituración de la capa a recuperar se efectuará obligatoriamente mediante el empleo de un recuperador de caminos constituido por un tambor de puntas de carbono, de tungsteno o diamante, que permita obtener materiales con tamaños cercanos a los de una base granular. Su granulometría puede corregirse añadiéndose un nuevo agregado triturado en la cantidad necesaria.

La abertura de la puerta trasera de la cámara del rotor tiene gran efecto sobre la graduación resultante. Mientras más cerrada esté la puerta se retiene más tiempo el material por lo que se trituran más las partículas.

El material bituminoso a emplearse estará constituido por una emulsión asfáltica que deberá cumplir los requerimientos constantes en la subsección 810-4.

Para rejuvenecer el asfalto adherido al material extraído de la capa de rodadura se empleará en la mezcla un agente suavizador o rejuvenecedor, que puede ser una emulsión de resinas de petróleo o azufre.

En caso de ser necesario la adición de material granular, este deberá cumplir con las siguientes exigencias:

Los agregados gruesos no deberán tener un desgaste mayor de 40% luego de 500 revoluciones en la máquina de Los Ángeles, cuando sean ensayados a la abrasión, según la Norma INEN 860.

La porción de agregados que pasa el tamiz INEN 0.425 mm (No. 40) deberá tener un índice de plasticidad menor a 4, según lo establecido en las normas INEN 691 y 692. La granulometría de los agregados recuperados, mezclados con los nuevos agregados de corrección (de ser necesarios), deberán cumplir con las exigencias de la tabla 406-7.01.

**406-2.03. Equipo.-** El contratista deberá disponer del equipo necesario cuyo estado, potencia y capacidad productiva garantice el correcto cumplimiento del plan de trabajo. Si durante el transcurso de los trabajos el fiscalizador observa deficiencias o mal funcionamiento del equipo, ordenara su inmediata reparación o reemplazo.

El equipo mínimo a utilizarse será: un recuperador mecánico, que desgarre y desmenuce el material existente, inyecte la emulsión, mezcle y lo deposite en la vía para el resto de las actividades de compactación y conformación, un tanquero para emulsión, motoniveladora, rodillos lisos tandem y rodillos neumáticos. Además, será necesario una distribuidora de agregados cuando

se requiera adicionar material granular con el fin de cumplir con una de la fajas granulométricas especificadas.

**406-2.04. Ensayos y Tolerancias.-** Los ensayos que se deben realizar para la comprobación de la calidad de los agregados y de la emulsión asfáltica serán los indicados en el numeral 405.4.04. Para la comprobación de la calidad de la mezcla se utilizará el Método Marshall para emulsiones asfálticas especificado en el Manual del Asphalt Institute, “Manual Básico para Emulsiones Asfálticas”, Manual Series No. 19.

**406.2.05. Procedimientos de trabajo.**

**Recuperación de los materiales.** Se efectuará con un recuperador de caminos.

**Mezclado y distribución.** Se efectuará en el sitio. El Contratista previamente deberá preparar la fórmula de trabajo de acuerdo a los requerimientos del diseño y con la aprobación del Fiscalizador. La máquina distribuirá el material mezclado con emulsión sobre la vía en forma regular, iniciándose el proceso de compactación , luego el perfilado y por último la compactación final.

Cuando sea necesario añadir material granular, se lo realizará por medio de un distribuidor de agregados, en las cantidades indicadas en el diseño o fórmula maestra, previo al inicio del reciclado

**Compactación.** Inmediatamente después de haber quedado distribuida la mezcla se procederá con la compactación inicial con rodillo vibratorio. Luego se realizará una conformación superficial con motoniveladora para obtener una superficie regular y uniforme, de acuerdo con la alineación , gradiente y sección transversal especificada. Luego se realizará la compactación final con rodillos lisos y/o neumáticos.

En el caso en que se contemple colocar una capa de rodadura sobre la capa reciclada, será necesario dejar transcurrir el tiempo hasta que el porcentaje de humedad libre de la mezcla recuperada sea igual o menor al 1 %, previo al riego de adherencia. En el caso de que vaya a permanecer por un tiempo mayor sin protección será necesario colocar un sello asfáltico convencional, más aún si es temporada invernal.

**406-2.05.2. Extracción de los materiales.-** La recuperación de los materiales de la carpeta asfáltica de rodadura con o sin base se efectuará mediante el uso de un tractor, motoniveladora con un desgarrador o una fresadora. El material así obtenido podrá: 1) ser llevado a una planta de trituración primero y después a una planta asfáltica o ser llevado directamente a la planta asfáltica si su granulometría lo permite para ser mezclado con materiales vírgenes si se lo considera necesario y ser devueltos a la vía como una base asfáltica mezclada en planta en frío o una mezcla asfáltica mezclada

en planta en frío para carpeta de rodadura; o 2) ser dejado en sitio y si se considera necesario se mezclará con materiales vírgenes, siguiendo el procedimiento constructivo normal de bases .

A fin de completar la cantidad de agregado necesario para la capa de base, de acuerdo con el diseño, se desgarrará a continuación el espesor necesario de la capa de base existente, y este material será recuperado y conducido a la instalación de mezclado en planta o acumulado fuera de la vía, en el caso de utilizar el procedimiento de mezclado en sitio.

**406-2.05.3.Tratamiento de las capas inferiores.-** Las capas del pavimento que quedarán en sitio deberán ser revisadas por el Fiscalizador, a fin de ordenar la ejecución de los trabajos que fueren necesarios, como conformación y compactación, antes de la colocación de la nueva capa de base reciclada.

**406-2.05.4.Mejoramiento de los agregados.-** El laboratorio realizará los estudios necesarios para determinar las proporciones a utilizarse de los materiales recuperados de la carpeta y de la base antiguas, a fin de obtener la granulometría requerida, la cual deberá ser chequeada antes y durante la distribución de la mezcla para la base en la vía.

En caso necesario, se podrá añadir a los dos tipos de agregados recuperados, un porcentaje de agregado nuevo, preparado con una granulometría que complete los requerimientos del diseño.

**406-2.05.5.Mezclado y distribución.-** El mezclado de los materiales necesarios para la base diseñada, podrá efectuarse en planta central o en sitio. En todo caso, antes de proceder al mezclado, en Contratista deberá preparar la fórmula de trabajo que establezca las proporciones de los varios agregados que se propone utilizar, el porcentaje de emulsión asfáltica y el porcentaje de tipo de rejuvenecedor; todo de acuerdo con los requerimientos del diseño y la aprobación del Fiscalizador.

1) Mezcla en planta: El material extraído de la carpeta y primariamente triturado, se conducirá a la instalación central de mezcla, en donde será complementado con el agregado recuperado de la capa de base y, de ser necesario, con agregado nuevo preparado en las proporciones establecidas en la fórmula de trabajo.

Se introducirán en la mezcladora los agregados secos y a continuación se añadirá la emulsión catiónica de asfalto junto con el agente rejuvenecedor. El tiempo de mezclado será de aproximadamente dos minutos, para permitir la acción del rejuvenecedor sobre el asfalto adherido a los agregados de la carpeta y la dilución de éste para que pase a constituir parte integrante de la mezcla total. El tiempo de mezclado podrá ser alterado por el Fiscalizador, en vista de los resultados que observe en las primeras paradas de mezcla.

Una vez concluido el proceso, la mezcla será transportada en camiones de

volteo, cuyos cajones deberán hallarse absolutamente limpios, y será distribuida mediante el empleo de una terminadora de pavimentos (finisher), empleando los mismos procedimientos establecidos en el numeral 405-5.05.3.

2) Mezcla en sitio: En caso de utilizarse el procedimiento de mezclado en la vía, se deberá distribuir en primer lugar el agregado extraído de la base en un camellón a un costado de la vía, sobre el que se colocará el agregado recuperado de la carpeta y primariamente triturado, para proceder a la mezcla inmediata utilizando motoniveladoras y pulverizadoras-mezcladoras. Durante el mezclado, se añadirá la emulsión asfáltica y el agente rejuvenecedor, y se continuará el trabajo hasta la dilución del asfalto adherido al agregado de la carpeta y la incorporación de éste como parte integrante de la mezcla.

Una vez concluido el mezclado, se distribuirá el material en todo el ancho de la vía mediante motoniveladoras, y se procederá a su conformación para cumplir los requisitos del diseño.

**406-2.05.6.Compactación.-** Se deberán cumplir lo que está escrito en el Manual del Instituto del Asfalto, “Manual Básico de Emulsiones Asfálticas”, Manual Series No. 19 :

**406-2.06. Medición.-** Las cantidades a pagarse por la construcción de la capa recuperada con emulsión será el número de metros cúbicos de mezcla puesta en obra, compactada y aprobada por el fiscalizador, así como el número de litros de emulsión incorporados a la mezcla.

El cómputo de la cantidad de emulsión empleada se determinará por medición directa de la máquina. La cantidad de material que en algunos casos sea necesario añadir, se determinará sobre la base del volumen suelto real colocado.

**406-7.07. Pago.** Las cantidades determinadas en la forma indicada en el numeral anterior, se pagarán a los precios señalados en el contrato para los rubros designados a continuación.

El pago efectuado y los precios contractuales constituirán la compensación total por el desgarramiento, recuperación, inyección, mezclado, colocación, conformación y compactación de la mezcla; así como también por la mano de obra, equipos, herramientas, tratamiento de materiales y operaciones conexas, en el completamiento de los trabajos descritos en esta sección.

**Nº del Rubro de Pago y Designación**

**Unidad de Medición**

406-2 (1) Capa de base recuperada.....	Metro cúbico (m <sup>3</sup> )
406-2 (2) Emulsión asfáltica para la base.....	Litro (l)
406-2 (3) Agente rejuvenecedor.....	Litro (l)
406-2 (3) Agente rejuvenecedor.....	Kilogramo (kg)

### **406-3. Reciclaje de Pavimentos con Hormigón Asfáltico Mezclado en Planta.**

**406-3.01. Descripción.-** Este trabajo consistirá en la recuperación y reutilización de los agregados existentes en pavimentos antiguos, en los cuales se hallan constituyendo capas asfálticas de rodadura y capas de bases asfálticas o capas de bases granulares.

Estos agregados serán empleados como parte del material que se utilizará en la construcción de nuevas bases y carpetas de rodadura recicladas, con procesos de preparación de hormigón asfáltico mezclado en planta, y que serán colocadas sobre las capas subyacentes del pavimento antiguo, en cumplimiento de las disposiciones contractuales y con las alineaciones, pendientes y secciones transversales constantes en los planos del contrato.

Utilice el Capítulo 12 del Manual del Instituto del Asfalto “The Asphalt Handbook” Manual Series No. 4, para diseño y control de mezclas asfálticas recicladas en caliente .

**406-3.02. Materiales.-** Se emplearán los materiales recuperados de capas de pavimento, extraídos en cumplimiento de los requisitos señalados en el numeral 406-2.02.

Cuando el pavimento se halle constituido por base y capa de rodadura asfálticas, para la construcción de una nueva capa de base o de carpeta de rodadura, se deberá proceder al desgarramiento de la capa de rodadura y de la base asfálticas viejas para obtener el material suficiente, que se lo deberá triturar en una trituradora primaria en donde será reducido a tamaños inferiores al máximo especificado para la base o carpeta de rodadura escogidas en el diseño.

En el caso de que el pavimento se halle formado por la capa de rodadura asfáltica y una base granular, se procederá al desgarramiento de la capa de rodadura y a la trituración del material recuperado en una trituradora primaria, de acuerdo con lo indicado en el párrafo anterior. De ser necesario se completará la cantidad necesaria del material para la capa de base o de rodadura, y se corregirá la granulometría con el agregado procedente del desgarramiento de la base granular subyacente o con agregado nuevo triturado según las necesidades, a fin de mezclarlos en las proporciones que determine el laboratorio.

La granulometría del material deberá estar acorde con cualquiera de las especificadas en el numeral 404-5.02, en el caso de utilizarse el reciclaje para la construcción de capas de base, y con cualquiera de las especificadas en el

numeral 405-5.02 en el caso de utilizarse el reciclaje para la construcción de capas de rodadura. En todo caso, la granulometría que deba emplearse en el trabajo, deberá hallarse determinada en el contrato.

El material bituminoso que se utilice será cemento asfáltico, el cual deberá cumplir con los requisitos señalados en la subsección 810-2. El tipo y grado del material asfáltico estará determinado en el contrato; sin embargo, en caso necesario, el Fiscalizador podrá cambiar el grado del asfalto durante la construcción, hasta los grados inmediatos más próximos, sin que haya modificación en el precio unitario señalado en el contrato.

En general, para la mezcla en planta no se utilizará ningún agente rejuvenecedor, pero si fuere necesario se podrá emplear azufre u otro tipo de suavizante.

**406-3.03. Equipo.-** El Contratista deberá disponer del equipo necesario en condiciones satisfactorias para el Fiscalizador, quien lo deberá aprobar previamente a su utilización en el trabajo.

El equipo a utilizarse será una recicladora y/o una fresadora autopropulsada; equipo de trituración completo con cribas para selección de tamaños del agregado; equipo de transporte similar al especificado en el numeral 405-5.03.2; equipo de distribución igual al indicado en el numeral 405-5.03.3; equipo de compactación similar al especificado en el numeral 405-5.03.4, y planta de mezclado en caliente, que cumpla los requerimientos especificados en el numeral 405-5.03.1 y que cuente además con los accesorios necesarios para el proceso de reciclaje, en especial para evitar el excesivo calentamiento del material recuperado de la carpeta asfáltica, los cuales pueden ser protectores de la llama del quemador del secador y amplificadores de la radiación del calor, o tambor pequeño adicional a la entrada del tambor principal del secador, o doble sistema y lugar de alimentación de los agregados al secador. La mayoría de estos accesorios pueden ser adaptados en sitio a las plantas convencionales de preparación de hormigón asfáltico.

**406-3.04. Ensayos y Tolerancias.-** Los ensayos a efectuarse para comprobar la calidad de los materiales y de la mezcla, así como las tolerancias permitidas, inclusive en la fórmula maestra de obra, serán idénticos a los especificados en el numeral 405-5.04.

**406-3.05. Procedimientos de trabajo.**

**406-3.05.1.Generalidades.-** Antes de iniciarse ninguna preparación de la mezcla asfáltica para utilizarla en la obra, el Contratista deberá presentar al Fiscalizador el diseño de la fórmula maestra de obra, preparada en base al estudio de los materiales que utilizará. El Fiscalizador efectuará las revisiones y comprobaciones pertinentes a fin de autorizar la producción de la mezcla. Toda la mezcla del hormigón asfáltico reciclado deberá ser realizada de acuerdo con esta fórmula de trabajo dentro de las tolerancias enmarcadas en el numeral 405-5.04, salvo que fuere necesario modificarla durante el trabajo, debido a



variaciones en los materiales.

La fórmula maestra establecerá los requisitos determinados en el numeral 405-5.05.1.

Una vez aprobados todos los materiales y procedimientos, junto con la fórmula maestra de obra, el Contratista deberá construir en primer lugar un tramo de aproximadamente un km de longitud de la base o carpeta asfáltica, y dejarla abierta al tránsito vehicular público por un período de prueba de aproximadamente 2 meses, a fin de que el Fiscalizador pueda realizar las observaciones e investigaciones necesarias antes de proceder a autorizar la construcción de todo el sector contratado.

**406-3.05.2.Extracción de los agregados.-** La recuperación de los materiales de la capa de rodadura asfáltica se efectuará mediante el uso de un tractor o una motoniveladora pesada con desgarrador. El material así extraído será transportado a una instalación de trituración, para ser reducido de tamaño en una trituradora primaria.

A fin de completar la cantidad del agregado necesario para la base o la capa de rodadura, y corregir la granulometría de acuerdo con el diseño, se podrá utilizar el agregado de la capa de base granular subyacente, recuperándolo mediante el mismo procedimiento, para conducirlo a la instalación de trituración y cribado, a fin de mezclarlo con el agregado extraído en la carpeta.

De todos modos, el agregado para la mezcla de hormigón asfáltico reciclado deberá ser corregido con agregado virgen a fin de centrar correctamente la granulometría y cumplir las especificaciones de resistencia a la abrasión.

**406-3.05.3.Tratamiento de las capas inferiores.-** Las capas del pavimento antiguo que quedaren en sitio, deberán ser revisadas por el Fiscalizador, a fin de ordenar la ejecución de los trabajos que fueren necesarios, como conformación y compactación, antes de proceder a la colocación de la nueva capa de base o de carpeta recicladas.

**406-3.05.4.Dosificación y mezclado.-** Los agregados para la preparación de la mezcla reciclada deberán almacenarse separadamente en tolvas individuales, antes de entrar en la planta para el secado. La alimentación de estos agregados al secador deberá efectuarse mediante medios que eviten la segregación o degradación de las diferentes fracciones.

Una de las tolvas contendrá la fracción que ha sido triturada a partir del material recuperado de la carpeta asfáltica, la cual será alimentada mediante los mecanismos existentes en la planta especialmente para el efecto, a fin de evitar que el asfalto se recaliente en exceso o se queme con la llama del soplete del secador. Los demás agregados se secarán por el tiempo y a la temperatura necesarios para reducir la humedad a un máximo del 1%, al momento de efectuar la mezcla. El calentamiento será uniforme y graduado para evitar cualquier

deterioro de los agregados. Los agregados secos y calientes incluida la fracción recuperada de la carpeta asfáltica, pasarán a las tolvas de recepción en la planta asfáltica, desde donde serán dosificados en sus distintas fracciones, de acuerdo con la fórmula de trabajo, para ser introducidos en la mezcladora.

El sistema de dosificación y mezclado de los materiales deberá mantenerse dentro de las indicaciones constantes en el numeral 405-5.05.2, con la única excepción del caso en que se emplee azufre para rejuvenecer el asfalto adherido a los áridos, en cuyo caso las temperaturas de la mezcla deberán bajar a un rango de 130 °C a 150 °C para el asfalto y la temperatura de los agregados deberá mantenerse entre 120 °C y 150 °C, para evitar daño del suavizador con la consiguiente producción de gases adicionales.

**406-3.05.5.Distribución.-** La distribución de la mezcla asfáltica reciclada para base deberá efectuarse sobre la capa subyacente del pavimento, que haya sido tratada previamente y se halle limpia, seca e imprimada. En el caso de tratarse de mezcla reciclada para capa de rodadura, ésta deberá distribuirse sobre la base previamente construida, que deberá hallarse limpia, seca e imprimada. Esta distribución no se iniciará si no se dispone en la obra de todos los medios suficientes de transporte, distribución, compactación. etc, para realizar un trabajo eficiente y sin demoras que afecten a la obra .

A partir del cumplimiento de estos requerimientos, la distribución deberá ser llevada a cabo de acuerdo con lo especificado en el numeral 405-5.05.3

**406-3.05.6.Compactación.-** Se deberá cumplir con lo especificado en el numeral 405-5.05.4.

**406-3.05.7.Sellado.-** A menos que los documentos contractuales determinen lo contrario, es conveniente colocar inmediatamente, una capa bituminosa de sellado sobre el pavimento reciclado, la cual deberá ser colocada de acuerdo con los requerimientos de la subsección 405-6 cuando el Fiscalizador lo autorice.

**406-3.06. Medición.-** Las cantidades a pagarse por la construcción de la base o capa de rodadura de hormigón asfáltico reciclado en planta, serán los metros cuadrados de superficie cubierta con un espesor compactado especificado en el contrato o determinado por el Fiscalizador. La medición se efectuará en base a la proyección en un plano horizontal del área pavimentada y aceptada por el Fiscalizador.

La medición para el pago podrá también se efectuada en toneladas de mezcla efectivamente usada para la construcción de la base o de la carpeta, de acuerdo con las estipulaciones contractuales. En este caso se computarán para el pago las toneladas pesadas en la planta y transportadas en los volquetes.

En todo caso, la forma de pago estará determinada en el contrato, sea en toneladas de hormigón suelto o en metros cuadrados de carpeta compactada al espesor requerido.

La capa bituminosa de sellado que, se coloque sobre la carpeta de rodadura se pagará de acuerdo con lo especificado para ella en la subsección 405-6.

**406-3.07. Pago.-** Las cantidades determinadas en cualquiera de las formas establecidas en el numeral anterior, serán pagadas a los precios señalados en el contrato para los rubros siguientes.

Estos precios y pago constituirán la compensación total por la recuperación, preparación y transporte de los agregados, el suministro del asfalto y del rejuvenecedor, la preparación en planta en caliente del hormigón asfáltico, el transporte, la distribución, terminado y compactación de la mezcla, el tratamiento y limpieza de la superficie que recibirá el hormigón asfáltico reciclado; así como por mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas, en el completamiento de los trabajos descritos en esta sección.

<b>Nº del Rubro de Pago y Designación</b>	<b>Unidad de Medición</b>
406-3 (1) Capa de base de hormigón asfáltico reciclado mezclado en planta en caliente de....cm.de espesor.....	Metro cuadrado (m <sup>2</sup> )
406-3 (1) Capa de base de hormigón asfáltico reciclado mezclado en planta en caliente.....	Tonelada (t)
406-3 (2) Capa de rodadura de hormigón asfáltico reciclado mezclado en planta en caliente de....cm. de espesor.....	Metro cuadrado (m <sup>2</sup> )
406-3 (2) Capa de rodadura de hormigón asfáltico reciclado mezclado en planta en caliente.....	Tonelada (t)

#### **406-4. Capa de Hormigón Asfáltico para Controlar la Reflexión de Fisuras (Capa de Alivio)**

Se define como capa de alivio las capas de hormigón asfáltico que se construyan sobre pavimentos rígidos de cemento Portland, flexibles y semirígidos consistentes en bases de suelo cemento, existentes que se encuentran seriamente agrietados y como medida de evitar la reflexión de las fisuras a la nueva capa que se proyecta colocar, (dentro de los programas de recapeamiento o repavimentación de una vía) y estará constituida por agregados de granulometría abierta y material asfáltico, mezclados en caliente y en planta central.

#### **406-4.02. Materiales.-**

**406-4.02.1.Áridos.-** El agregado grueso se obtendrá por trituración de piedra, de cantera, o grava natural, en cuyo caso, deberá contener como mínimo un setenta y cinco por ciento (75%) en peso, de elementos triturados que presenten dos (2) o más caras fracturadas.

Los agregados serán limpios, sólidos y resistentes, de uniformidad razonable,

exentos de polvo, suciedad y arcilla u otras materias extrañas.

La curva granulométrica del árido estará comprendida dentro de una de las fajas indicadas en el cuadro siguiente y que será establecida en el contrato.

La calidad del agregado deberá cumplir con los requisitos establecidos en la subsección 811-2.

**Tabla 406-4.1**  
**Graduaciones límite recomendadas para la capa de reflexión de fisuras, de acuerdo al MS-17 del Instituto del Asfalto**

Tamiz	Porcentaje que pasa		
	A	B	C
75 mm. (3")	100	--	--
63 mm. (2 1/2")	95-100	100	--
50 mm. (2")	--	--	100
37.5 mm.(1 1/2")	30-70	35-75	75-90
19 mm. (3/4")	3-20	5-20	50-70
9.5 mm. (3/8")	0-5	--	--
4.75 mm.(Nº 4)	--	--	8-20
2.36 mm.(Nº 8)	--	0-5	--
150 um. (Nº 100)	--	--	0-5
75 um. (Nº 200)	--	0-3	--

Contenido de cemento asfáltico 1.5 - 3.0 %

AC40, 40-50 pen. o

AR - 16000

**406-4.02. Asfalto.-** El tipo y grado del material asfáltico que deberá emplearse en la mezcla estará determinado en el contrato y será mayormente cemento asfáltico con un grado de penetración 60 - 70. En caso de vías que serán sometidas a un tráfico liviano o medio se permitirá el empleo de cemento asfáltico 85 – 100. La clasificación del tráfico se muestra en la tabla 405-5.2 .

**406-4.03. Equipo.-** El equipo necesario para la producción, tendido y compactación será el mismo que se utilice para las mezclas de hormigón asfáltico de acuerdo con los espesores, alineamientos y anchos especificados.

**406-4.03.1. Equipo de distribución de la mezcla.-** La distribución de la mezcla asfáltica en el camino, se realizará mediante motoniveladoras o terminadoras que distribuirán el hormigón asfáltico de acuerdo con los espesores, alineamientos y anchos específicos.

**406-4.03.2. Equipo de Compactación.-** Tan pronto se haya terminado el

tendido y distribución de la mezcla en los espesores especificados se procederá a la compactación mediante rodillos lisos con peso de 10 a 12 toneladas.

#### **406-4.04. Procedimientos de Trabajo.-**

##### **406-4.04.1. Estudio de la Mezcla y obtención de la Fórmula de Trabajo.-**

La ejecución de la mezcla no se iniciará sin que se haya aprobado el tramo de prueba, con el cual se establecerá, en especial el porcentaje de asfalto y el sistema de compactación necesario.

El Contratista presentará al Fiscalizador los materiales y la fórmula maestra de trabajo, el cual realizará las comprobaciones pertinentes para autorizar su producción.

Dicha fórmula señalará:

- La granulometría de los agregados combinados.
- El porcentaje en peso, del total de la mezcla de áridos, de ligante bituminoso a emplear.
- La temperatura que deberá tener el hormigón asfáltico al salir de la mezcladora.
- La temperatura mínima de la mezcla al iniciarse la compactación.

La cantidad de asfalto será la establecida de acuerdo con el comportamiento del tramo de prueba y su valor estará comprendido entre 1.5 a 3.0 %.

**406-4.04.2. Distribución.-** La distribución del hormigón asfáltico se efectuará sobre la superficie de rodadura preparada para el efecto y que se encuentre limpia y completamente seca. En caso de que se presente un gran porcentaje de baches en la capa de rodadura existente, estos deberán ser previamente reparados o bacheados con mezcla asfáltica densa y de acuerdo con las normas establecidas para el efecto.

Una vez que se haya efectuado el bacheo en la vía se procederá a aplicar un riego bituminoso de adherencia, el mismo que se ejecutará de acuerdo con las disposiciones establecidas en la subsección 405-2 de estas especificaciones.

Por ningún motivo la capa de alivio será expuesta al tráfico, razón por la cual el Contratista deberá elaborar su programa de trabajo de tal forma que tan pronto se haya terminado la compactación de la capa se proceda a tender la nueva capa de rodadura.

**406-4.04.3. Compactación.-** La compactación se realizará de acuerdo a lo señalado en el numeral 405.5.05.4. de estas especificaciones, y para lo cual solo se utilizarán rodillos lisos tipo tandem de 10 a 12 toneladas.

**406-4.05. Medición.-** Las cantidades a pagarse por la construcción de la capa

de alivio mezclado en planta, serán los metros cuadrados de superficie cubierta con el espesor compactado especificado. La medición se efectuará en base a la proyección en un plano horizontal del área pavimentada y aceptada por el Fiscalizador.

**406-4.06. Pago.-** Las cantidades determinadas en la forma establecida en el numeral anterior serán pagadas a los precios unitarios señalados en el contrato para el rubro siguiente.

Este precio y pago constituirá la compensación total por el suministro de los agregados y cemento asfáltico, la preparación en planta en caliente de la capa de alivio, el transporte, la distribución, terminado y compactación de la mezcla, la limpieza de la superficie que recibirá la capa de alivio; así como por la mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas, en el completamiento de los trabajos descritos en esta sección.

<b>N° del Rubro de Pago y Designación</b>	<b>Unidad de Medición</b>
406-4 Capa de alivio de hormigón asfáltico mezclado en planta de....cm. de espesor.....	Metro cuadrado (m <sup>2</sup> )

#### **406.5 Micro-aglomerado (Micro-surfacing).-**

**406.-5.1 Descripción** El micro-aglomerado es una mezcla de agregados de granulometría cerrada, relleno mineral, emulsión asfáltica, aditivos y agua. El micro-aglomerado se utiliza como protección para el pavimento y para mejorar los valores de fricción superficial. Este micro-aglomerado no aumenta la resistencia estructural de un pavimento. Cualquier pavimento que es estructuralmente débil en áreas localizadas debe ser reparado antes de la aplicación de un micro-aglomerado.

**406-5.2 Materiales** La emulsión asfáltica debe cumplir con los requisitos señalados en el numeral 810-4. Los agregados deberán cumplir con los requisitos estipulados por el Instituto del Asfalto en su publicación “Manual Básico de Emulsiones Asfálticas, Manual Series N.19” para micro-aglomerados. Si se considera necesario, se podrán utilizar aditivos líquidos o en polvo.

**406-5.3 Equipo** Los equipos serán los indicados por el Instituto del Asfalto en su publicación “Manual Básico de Emulsiones Asfálticas, Manual Series N.19” para micro-aglomerados.

**406-5.4 Procedimiento de Trabajo** El procedimiento de trabajo será el indicado por el Instituto del Asfalto en su publicación “Manual Básico de Emulsiones Asfálticas, Manual Series N.19” para micro-aglomerados.

**406-5.5 Ensayos y tolerancias** La emulsión asfáltica debe cumplir con los requisitos señalados en el numeral 810.4. Los agregados y la lechada

asfálticas deberán cumplir con los requisitos estipulados por el Instituto de Asfalto en su publicación “Manual Básico de Emulsiones Asfálticas, Manual Series N. 19” para micro-aglomerados.

**406-5.6 Medición.-** Las cantidades a pagarse por el micro-aglomerado construidas de acuerdo a lo señalado en los documentos contractuales, serán las cantidades medidas en la obra de emulsión asfáltica y agregados y realmente empleados en el trabajo.

Los agregados serán pagados por metro cúbico en base a las cantidades señaladas para el tipo de micro-aglomerado correspondiente. No se efectuará ningún pago adicional por la cantidad de material que se emplee para el secado en el caso que hubiere exudación asfáltica.

La emulsión asfáltica se pagará por kilogramos. Los aditivos, si es que se utilizan se pagarán por kilogramos.

#### **406.6 Recuperación de Pavimentos con Asfáltico Expandido en sitio.-**

**406.6.01 Descripción.-** Este trabajo consiste en la recuperación y reutilización en el mismo lugar de los agregados existentes en pavimentos antiguos, los cuales se hallan constituidos de capas asfálticas de rodaduras, bases asfálticas o bases granulares, material granular o alguna combinación de ellos.

Estos agregados se emplearán como parte del material que se utilizará en la construcción de nuevas bases recicladas con procesos de mezclado con asfalto espumado, las cuales serán colocadas sobre las capas subyacentes del pavimento antiguo, en cumplimiento de las disposiciones contractuales y con las alineaciones, pendientes y secciones transversales constantes en los planos del contrato.

La base recuperada con asfalto expandido en sitio es una mezcla de agregados con la humedad y temperatura ambiente, previamente triturado durante el proceso de recuperación, y cemento asfáltico líquido caliente, el cual es llevado a un estado de expansión por la adición de una pequeña cantidad de agua (1 a 3% en peso del cemento asfáltico) en una cámara especial de expansión.

**406-6.02 Materiales.** La trituración de la capa a recuperar se efectuará obligatoriamente mediante el empleo de un recuperador de caminos constituido por un tambor de puntas de carbono, de tungsteno o diamante, que permita obtener materiales con tamaños cercanos a los de una base granular. Su granulometría puede corregirse añadiéndose un nuevo agregado triturado en la cantidad necesaria.

La abertura de la puerta trasera de la cámara del rotor tiene gran efecto sobre la graduación resultante. Mientras más cerrada esté la puerta se retiene más

tiempo el material por lo que se trituran más las partículas.

El cemento asfáltico cumplirá con los requisitos señalados en el numeral 810-2 de las Especificaciones Generales MOP-001-F-2000.

En caso de ser necesario la adición de material granular, este deberá cumplir con las siguientes exigencias:

Los agregados gruesos no deberán tener un desgaste mayor de 40% luego de 500 revoluciones en la máquina de Los Ángeles, cuando sean ensayados a la abrasión, según la Norma INEN 860.

La porción de agregados que pasa el tamiz INEN 0.425 mm (No. 40) deberá tener un índice de plasticidad menor a 4, según lo establecido en las normas INEN 691 y 692. La granulometría de los agregados recuperados, mezclados con los nuevos agregados de corrección (de ser necesarios), deberán cumplir con las exigencias de la tabla 406-6.01.

**TABLA 406-6.01**

TAMIZ	A	B	C
50.8 mm	100	-----	-----
38.1 mm	70-100	100	-----
25.4 mm	55-85	70-100	100
19.0 mm	50-80	60-90	70-100
9.5 mm	40-70	45-75	50-80
4.75 mm	30-60	30-60	35-65
2.00 mm	20-50	20-50	25-50
0.425 mm	10-30	10-30	10-30
0.075 mm	5-20	5-20	5-20

**406-6.03 Equipos.** El contratista deberá disponer del equipo necesario cuyo estado, potencia y capacidad productiva garantice el correcto cumplimiento del plan de trabajo. Si durante el transcurso de los trabajos el



fiscalizador observa deficiencias o mal funcionamiento del equipo, ordenara su inmediata reparación o reemplazo.

El equipo mínimo a utilizarse será: un recuperador mecánico, con cámara o reactor de expansión incluida, que desgare y desmenuce el material existente, inyecte el asfalto expandido, mezcle y lo deposite en la vía para el resto de las actividades de compactación y conformación, un tanquero para cemento asfáltico caliente, motoniveladora, tanquero de agua y rodillos vibratorios. Además, será necesario una distribuidora de agregados cuando se requiera adicionar material granular con el fin de cumplir con una de las fajas granulométricas especificadas.

**406-6.04. Ensayos y tolerancias.** Los agregados que se añadan, cuando este sea el caso, deberán cumplir los requisitos de calidad, cuyas pruebas están indicadas en el numeral 811-3. La granulometría de la mezcla de agregados para la base reciclada con asfalto expandido será comprobada mediante los ensayos INEN 696, que se efectuarán sobre muestras tomadas en sitio antes de añadir el asfalto, cuando es posible; caso contrario, la parte fina se la determinará luego de una extracción.

El Contratista presentará para la aprobación de la Fiscalización, la fórmula maestra de diseño de la base reciclada, en la que se establecerá:

- Granulometría y humedad del material a recuperar.
- Granulometría del material a añadirse, en caso de ser necesario.
- Diseño de la mezcla de agregados que cumpla con las especificaciones granulométricas.
- Porcentaje de cemento asfáltico determinado mediante un diseño basado en el método Marshall o tracción indirecta, empleando los equipos de laboratorio respectivos.
- Temperatura del cemento asfáltico y porcentaje de agua con los cuales se obtenga la máxima expansión y vida media.
- Porcentaje de agua a añadir para alcanzar la mayor densidad y densidad seca máxima por el ensayo Proctor Modificado, AASHTO T-180-D, de la mezcla con asfalto.

El rango de tolerancia del cemento asfáltico será de : +/- 0.5%.

Los porcentajes de compactación alcanzados serán superiores al 97% de la densidad seca máxima del Proctor Modificado.

La mezcla asfáltica compactada con 75 golpes por cara en moldes tipo Marshall, debe tener un proceso de curado que incluye 24 horas en el molde (sin la base) a temperatura ambiente, y luego de la extracción del molde 72 horas adicionales en un horno de tiro forzado de aire a 60 °C. Dichas muestras a 25 °C debe cumplir los requisitos para el ensayo Marshall o Tracción Indirecta indicados en la tabla 406-6.02 .

**TABLA 406-6.02**

Ensayos de acuerdo al método :	Especificación.
MARSHALL Estabilidad seca	Mínimo = 910 kg = 2.000 libras
Estabilidad sumergida	Mínimo = 454 kg = 1.000 libras
TRACCION INDIRECTA (AASHTO T-283)	
Condición seca	Mínimo = 2,5 kg/cm <sup>2</sup> = 36 psi
Condición sumergida	Mínimo = 1,0 kg/cm <sup>2</sup> = 14 psi

La condición sumergida se logra colocando la probeta en un recipiente para vacío, y luego de ser cubierta con agua a 25 °C se aplicará un vacío de 50 mm de mercurio durante 60 minutos. Alguna variante para lograr resultados similares a este procedimiento deberá ser aprobada por la Fiscalización.

#### **406-6.05. Procedimiento de trabajo.**

**Recuperación de los materiales.** Se efectuará con un recuperador de caminos.

**Mezclado y distribución.** Se efectuará en el sitio. El Contratista previamente deberá preparar la fórmula de trabajo de acuerdo a los requerimientos del diseño y con la aprobación del Fiscalizador. La máquina distribuirá el material mezclado con asfalto sobre la vía en forma regular, iniciándose el proceso de compactación , luego el perfilado y por último la compactación final.

Cuando sea necesario añadir material granular, se lo realizará por medio de un distribuidor de agregados, en las cantidades indicadas en el diseño o fórmula maestra, previo al inicio del reciclado

**Compactación.** Inmediatamente después de haber quedado distribuida la mezcla se procederá con la compactación inicial con rodillo vibratorio. Luego se realizará una conformación superficial con motoniveladora para obtener una superficie regular y uniforme, de acuerdo con la alineación , gradiente y sección transversal especificada. Luego se realizará la compactación final con rodillos lisos y/o neumáticos.

En el caso en que se contemple colocar una capa de rodadura sobre la capa reciclada, será necesario dejar transcurrir al menos 72 horas al tráfico, previo al riego de adherencia. En el caso de que vaya a permanecer por un tiempo mayor del indicado sin protección será necesario colocar un sello asfáltico convencional, más aún si es temporada invernal.

**406-6.06. Medición.** Las cantidades a pagarse por la construcción de la capa reciclada con asfalto expandido será el número de metros cúbicos de mezcla puesta en obra, compactada y aprobada por el fiscalizador, así como el número de litros de asfalto expandido incorporados a la mezcla.

El cómputo de la cantidad de asfalto empleado se determinará por medición directa de la máquina y/o por la determinación del cemento asfáltico por ensayos de extracción antes y después. La cantidad de material que en algunos casos sea necesario añadir, se determinará sobre la base del volumen suelto real colocado.

**406-6.07. Pago.** Las cantidades determinadas en la forma indicada en el numeral anterior, se pagarán a los precios señalados en el contrato para los rubros designados a continuación.

El pago efectuado y los precios contractuales constituirán la compensación total por el desgarramiento, recuperación, inyección, mezclado, colocación, conformación y compactación de la mezcla; así como también por la mano de obra, equipos, herramientas, tratamiento de materiales y operaciones conexas, en el completamiento de los trabajos descritos en esta sección.

<b>No. del Rubro de pago y Designación</b>	<b>Unidad de medida</b>
406-6 Capa asfáltica recuperada.....	metro cúbico (m3)
406-6 (1) Agregados triturados.....	metro cúbico (m3)
406-6 (2) Asfalto espumado.....	litros (l)

### 406.7 Capas Delgadas de Microaglomerados en Caliente.

**406-7.01. Descripción.-** Este trabajo consistirá en la construcción de microaglomerados asfálticos en caliente colocados en capas delgadas con un espesor entre 2 y 3 cm, constituidos por agregados en la granulometría especificada, relleno mineral, si es necesario, y material asfáltico, mezclado en caliente en una planta central y colocado sobre un pavimento existente, de acuerdo con los requerimientos de los documentos contractuales.

**406-7.02. Materiales.-** Los agregados a emplear estarán constituidos por roca o grava trituradas totalmente, arenas y relleno mineral, debiendo cumplir con alguna de las exigencias granulométricas que se muestran en la tabla 406-7.1, para los tamaños máximos de 8 ó 10 mm.

Los agregados a utilizar serán limpios, sólidos y resistentes, libres de materiales orgánicos, arcillas u otras materias extrañas. El porcentaje de desgaste por abrasión de los agregados será menos del 25% según la Norma INEN 860.

El máximo porcentaje en peso de partículas alargadas y achatadas retenidas en el tamiz INEN 4.75mm cuya relación entre las dimensiones máximas y mínimas mayor que 5, no deberá ser mayor de un 10% según la Norma ASTM D4791.

Los agregados gruesos retenidos en el tamiz INEN 4.75 mm deben tener cierta angularidad, debiendo contener al menos el 75% en peso de elementos triturados que contengan dos o más caras fracturadas según la Norma ASTM D5821.

**TABLA 406-7.1**

Tamaño máximo nominal	12,5 mm	10 mm	8 mm	Tz No. 4 (4,75 mm)	Tz No. 8 (2,36 mm)	Tz No. 30 (0,60 mm)	Tz No. 200 (0,075mm )
8 mm	-----	100	75-97	25-40	20-35	12-25	7-10
10 mm	100	75-97	-----	25-40	20-35	12-25	7-10

Las mismas presentan como característica discontinuidades entre los tamices No 8 y No 4, que son responsable de una excelente macrorugosidad.

Como agregados finos se utilizarán mayormente arenas trituradas, limitándose el contenido de arena natural en la mezcla a un máximo del 10 %. El equivalente de arena se realizará en los agregados pasantes por el tamiz INEN 4.75 mm. Tendrá un valor mínimo de 35% según Norma ASTM D2419.

Los agregados serán de características tales que, al ser impregnados con material bituminoso, más de un 95% de este material bituminoso permanezca impregnando las partículas, después de realizado el ensayo de resistencia a la peladura.

El material asfáltico que deberá emplearse será un cemento asfáltico de penetración 85-100 mejorado con polímeros, con elevada cohesión interna, para otorgar a las mezclas una gran resistencia al arranque de sus partículas, una cierta capacidad de recuperación elástica y una mejora notable en su resistencia a la deformación plástica. El cemento asfáltico 85-100 que se vaya a utilizar deberá cumplir antes de mezclarse con polímeros las exigencias de la tabla 810-2.1. Las características que deben cumplir los asfaltos ya mejorados con polímeros, bien sean estos elastómeros, como el SBS o el EVA, o plastómeros, como el EE-2, se muestran en la tabla 406-7.2.

**TABLA 406-7.2**

Penetración (25 °C, 100g, 5s)	50 - 70
Punto de ablandamiento (A y B), °C	> 60

Para tráfico medio o liviano podrá admitirse el empleo de cementos asfálticos de penetración 60-70 sin modificar con polímeros, siempre que cumplan las exigencias de la tabla 810-2.1. La clasificación del tráfico aparece en la tabla 405-5.4.

**406-7.03 Equipos.-** Serán necesarias plantas mezcladoras, camiones, equipos para la distribución de la mezcla y compactadores. Estos deberán cumplir los mismos requerimientos mostrados en el numeral 405-5.03 para el caso del hormigón asfáltico mezclado en planta, de las Especificaciones Generales MOP-001-F -2000.

**406-7.04 Ensayos y tolerancias.-** Los ensayos que se deben realizar para la comprobación de la calidad de los agregados y el material asfáltico serán los indicados en el numeral 406-8.02.

La mezcla asfáltica deberá cumplir con los requisitos siguientes:

Porcentaje en peso de ligante:	5,0 % a 5,8% sobre la mezcla.
Porcentaje de vacíos:	superior al 4%.
Estabilidad Marshall (60 oC):	mayor a 1650 libras.
Estabilidad retenida luego de 7 días en agua a temperatura ambiente:	superior al 75 %.

Las briquetas tipo Marshall deberán ser confeccionadas aplicando 50 golpes por

cara con el martillo correspondiente dicho método.

Las tolerancias admitidas y las actividades a realizar para el control de calidad de la obra terminada son similares a las mostradas en el numeral 405-5.04 para el hormigón asfáltico mezclado en planta, de las Especificaciones Generales MOP-001-F - 2000.

**406-7.05 Procedimientos de trabajo.-** Son los mostrados en el numeral 405-5.05 para el hormigón asfáltico mezclado en planta, de las Especificaciones Generales MOP-001-F - 2000.

Especial cuidado deberá tenerse en el riego de adherencia previo a la colocación de la capa, al ser muy grande las fuerzas de cizalla ejercidas por los neumáticos a nivel de esta interfase y para la impermeabilización del soporte, dado el contenido de huecos en estos tipos de mezclas.

Se deberá emplear para el riego una dotación grande, entre 400 y 600 g/m<sup>2</sup> de ligante residual, en función del estado del soporte. Los materiales asfálticos a utilizar podrán ser asfaltos diluidos de curado rápido o emulsiones catiónicas de rotura rápida. Las mismas deberán cumplir las exigencias de calidad estipuladas en las especificaciones vigentes del MOP.

**406-7.06 Medición y pago.-** Serán similares a las mostradas en los numerales 405-5.06 y 405-5.07 para el hormigón asfáltico mezclado en planta, de las Especificaciones Generales MOP-001-F-2000.

## **406-8 Fresado de pavimento asfáltico**

**406-8.01 Descripción.-** Este trabajo consiste en la obtención de un nuevo perfil longitudinal y transversal de un pavimento asfáltico existente, mediante su fresado en frío, de acuerdo con los alineamientos y dimensiones indicados en los documentos del proyecto y las instrucciones del fiscalizador

**406-8.02 Materiales.-** Este requisito no es aplicable en la presente especificación.

**406-8.03 Equipo.-** El equipo para la ejecución de los trabajos deberá ser una máquina fresadora cuyo estado, potencia y capacidad productiva garanticen el correcto cumplimiento del plan de trabajo. Si durante el transcurso de los trabajos el Fiscalizador observa deficiencias o mal funcionamiento de la máquina, ordenará su inmediata reparación o reemplazo.

### **406-8.04 Procedimiento de trabajo**

#### **Preparación de la superficie existente**

Inmediatamente antes de las operaciones de fresado, la superficie de pavimento deberá encontrarse limpia y, por lo tanto, el Constructor deberá adelantar las operaciones de barrido y/o soplado que se requieran para lograr tal condición.

### **Fresado del pavimento**

El fresado se efectuará sobre el área que apruebe el fiscalizador, a temperatura ambiente y sin adición de solventes u otros productos ablandadores que puedan afectar la granulometría de los agregados o las propiedades del asfalto existente.

El material extraído deberá ser transportado y acopiado en los lugares que indiquen los documentos del proyecto o que establezca el Fiscalizador y será de propiedad del Ministerio de Obras Públicas del Ecuador.

Durante el manipuleo del material fresado, deberá evitarse su contaminación con suelos u otros materiales extraños.

En proximidades de bocas de pozos y en otros sitios inaccesibles al equipo de fresado, el pavimento deberá removerse empleando otros métodos que den lugar a una superficie apropiada.

El trabajo de fresado se podrá realizar en varias capas, hasta alcanzar el espesor del proyecto, debiendo quedar una superficie nivelada y sin fracturas.

En la eventualidad de que al término de una jornada de trabajo no se complete el fresado en todo el ancho de la calzada, los bordes verticales, en sentido longitudinal, cuya altura supere cinco centímetros (5 cm), deberán ser suavizados de manera que no impliquen peligro para el tránsito automotor. Igual precaución se tomará en los bordes transversales que queden al final de cada jornada.

Cualquiera que sea el método utilizado por el Constructor, los trabajos de fresado no deberán producir daños a objetos, estructuras y plantas que se encuentren cerca a la zona de acción de sus equipos y, por lo tanto, deberá tomar las precauciones que corresponda, siendo de su responsabilidad todos los daños y perjuicios que en dichos elementos se ocasionen durante el desarrollo de los trabajos. Al efecto, el Fiscalizador estará facultado para exigir la modificación o incremento de todas las medidas de seguridad que se hayan adoptado inicialmente.

#### **406-8.05.- Condiciones para recepción de trabajos**

Durante la ejecución de los trabajos, el Fiscalizador verificará el funcionamiento del equipo empleado y levantará los perfiles que considere necesarios.

- Se admitirá una tolerancia de las cotas de la superficie resultante, respecto de las de proyecto, hasta de cinco milímetros (5 mm) en defecto o en exceso.
- El Fiscalizador se abstendrá de aceptar en el acopio todo material que resulte contaminado como resultado de un manipuleo incorrecto por parte del Constructor.

**406-8.06.- Medición.-** La unidad de medida del pavimento asfáltico fresado será el metro cúbico ( $m^3$ ), aproximado al entero, de superficie fresada de

acuerdo con las exigencias de esta especificación y las dimensiones y cotas señaladas en los documentos del proyecto u ordenadas por el Fiscalizador.

El área tratada se determinará multiplicando la longitud fresada por el ancho tratado y por el espesor fresado, el cual estará establecido en los planos del proyecto o será fijado por el Fiscalizador.

No se medirá ningún área por fuera de tales límites.

**406-8.07.- Pago.-** El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y a satisfacción plena del Fiscalizador.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de limpieza previa que requiera la superficie, el fresado para alcanzar las cotas o espesores que indique el proyecto; cargue, transporte, descargue y acopio del material fresado en los sitios establecidos; la reparación a satisfacción de todos los elementos que hayan sido afectados por la ejecución de los trabajos; la señalización preventiva y el ordenamiento del tránsito público durante el lapso de ejecución de los trabajos y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución del fresado del pavimento asfáltico.

<b>No del Rubro de Pago y Designación</b>	<b>Unidad de medida</b>
406-8 Fresado de pavimento asfáltico .....	Metro cúbico (m <sup>3</sup> )



**SECCIÓN 407 CONTROL AMBIENTAL DURANTE LA CONFORMACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA.**

**407-01. Descripción.-** Durante la conformación de la capa de rodadura, con frecuencia se producen derrames de asfalto líquido y emulsiones, especialmente durante la etapa de riego del sello o el vertido de residuos de concreto asfáltico a los cuerpos de agua más cercanos; así como también la emisión de gases producto del calentamiento del asfalto. Esta sección contempla una serie de actividades a ejecutar por parte del Contratista, tendientes a minimizar los efectos negativos que sobre el ambiente y la salud humana pueden producir.

**407-02. Procedimiento de Trabajo.-** Si las especificaciones ambientales particulares no contemplan nada sobre este tema, será el Fiscalizador quien ordene al Contratista la cabal ejecución de las siguientes acciones:

1. Se verificará un buen manejo del riego del asfalto líquido, emulsiones y concreto asfáltico por parte de los operarios, al igual que un adecuado mantenimiento de los transportes de dichos materiales;
2. Los residuos de concreto asfáltico por ningún motivo serán vertidos o desalojados a los cauces naturales de agua;
3. Cuando se la obra vial sea adyacente a un drenaje natural, se colocará barreras de contención para retener los desechos o residuos;
4. Deberá realizarse limpiezas periódicas de las cunetas laterales de residuos y fragmentos de la construcción vial;
5. En el caso accidental de vertimiento de asfalto líquido o emulsión asfáltica utilizada para la imprimación, deberá recogerse dicho material, incluyendo el suelo contaminado y disponiéndolo en los rellenos sanitarios construidos para tal fin.
6. Los obreros que laboran en el transporte y disposición de asfalto deben disponer del equipo adecuado de seguridad industrial, tal como cascos, botas, protectores buco-nasales y otros que eviten afecciones pulmonares.

**407-03. Medición y Pago.-** Los trabajos que deban realizarse con los propósitos de esta sección, dada su naturaleza, no se pagarán en forma directa, sino que se considerarán en los rubros del contrato.

## **CAPITULO 800. M A T E R I A L E S**

---

### **SECCION 801. HORMIGON DE CEMENTO PORTLAND.**

#### **801-1. Generalidades.**

**801-1.01. Objetivos.-** La presente especificación tiene por objeto establecer los requisitos que debe cumplir el hormigón de cemento Portland, para su utilización en la construcción de piezas estructurales de este material, incluyendo los pavimentos rígidos.

**801-1.02. Alcance y limitaciones.-** Esta especificación se aplica a toda estructura o elemento que requiera para su construcción, hormigón de cemento Portland.

**801-1.03. Clases de hormigón.-** Con la finalidad de establecer una guía en el uso de las diferentes clases de hormigón, cuando no se indican en los planos, se recomienda usar la Tabla 801-1.1.

**801-1.04. Adicionales o especiales.-** El Constructor presentará los diseños del hormigón al Fiscalizador, quien realizará por su cuenta ensayos de comprobación. Si existen divergencias entre ellos, se realizará un tercer ensayo en presencia del Fiscalizador y Contratista. Si los resultados de este tercer ensayo son satisfactorios se mantendrá el diseño; caso contrario, el Fiscalizador ordenará el cambio del diseño, hasta conseguir que se cumplan con los requisitos especificados para la obra.

Si se requiere de aditivos para la fabricación de hormigón, estos deberán cumplir lo estipulado en el Capítulo 805 de las presentes especificaciones.

#### **801-2. Fabricación del Hormigón.**

**801-2.01. Almacenamiento de agregados.-** El manipuleo y almacenamiento de agregados para hormigones se hará en forma tal que se evite la segregación de los tamaños componentes o la mezcla con materiales extraños.

El Contratista deberá efectuar el almacenamiento separado de los agregados en silos o plataformas especiales, convenientemente localizados.

Los acopios se prepararán en capas aproximadamente horizontales, de un espesor no mayor de 1,0 metro.

Los agregados que provengan de diferentes fuentes de origen no deberán almacenarse juntos, y cada tamaño o fracción de agregado deberá almacenarse separadamente.

TABLA 801-1.1

## CLASES Y USOS DE HORMIGONES DE CEMENTO PÓRTLAND

CLASE	TIPO DE HORMIGÓN	RESISTENCIA ESPECIFICADA A COMPRESIÓN $f_c$ Mpa	RESISTENCIA ESPECIFICADA A TRACCIÓN POR FLEXION MR Mpa	RELACION AGUA/CEMENTO *	USO GENERAL (solamente información)
A	Estructura Especial	> 28	N/A	0.44	Obras de gran envergadura Puentes. Losa superior de alcantarillas de tráfico directo. Elementos prefabricados. Tanques y reservorios
B	Estructural	Entre 21 y 28	N/A	0.58	Losas, vigas, viguetas, columnas, nervaduras de acero, alcantarillas de cajón, estribos, muros, zapatas armadas.
C	Para elementos trabajando a tracción	N/A	> 3.5	0.46	Pavimentos rígidos, tanques y reservorios cilíndricos o cónicos
D	Para compactar con rodillo o con pavimentadora	N/A	> 3.5	0.36	Pavimentos, presas de gravedad
E	No estructural	Entre 14 y 18	N/A	0.65	Zapatas sin armar, replantillos, bordillos, contrapisos
F	Ciclópeo	> 12	N/A	0.70	Muros, estribos y plintos no estructurales
G	Relleno fluido	Entre 0.5 y 8	N/A	--	Rellenos para nivelación, bases de pavimentos, rellenos de zanjas y excavaciones

\* Valores referenciales para el diseño.

El transporte de los agregados, desde los depósitos de almacenamiento a la planta dosificadora, se efectuará de manera que el manipuleo no altere la granulometría propia de los agregados.

No se emplearán los agregados que, durante su manipuleo o transporte, se mezclaren con tierra o material extraño.

#### **801.b Almacenamiento de materiales**

El cemento, y agregados livianos, deben permanecer siempre en lugares ventilados y ubicados de tal manera que la Fiscalización, pueda chequear fácilmente. Deben ser almacenados de tal manera que se asegure la conservación de sus cualidades y aptitudes para la obra. Los materiales de almacenamiento aún cuando hayan sido aprobados antes de ser almacenados, deben ser inspeccionados antes que se utilicen en la obra, todos los materiales tienen que ser manejados con precaución evitando que se pierdan o deterioren sus propiedades de diseño.

Solamente con el permiso de la Fiscalización se puede permitir que cantidades pequeñas de sacos abiertos de cemento permanezcan almacenados en pisos o plataformas bajo techo, pero no deben sobrepasar el tiempo máximo de 48 horas.

#### **801.c Almacenamiento de agregados**

Cuando el almacenamiento de los agregados del concreto se realiza a mano, lo más importante es prevenir la contaminación con otros materiales.

Para el uso de los agregados es conveniente no remover por lo menos 15 cm. de la parte inferior.

El agregado debe ser almacenado en el menor tiempo posible para reducir el contenido libre de humedad.

Para asegurar un concreto uniforme, los agregados almacenados deberían mantenerse en un razonable contenido de humedad uniforme.

#### **801.d Almacenamiento de aditivos**

Es necesario mantener una lista de presentación y aprovisionamiento de aditivos. Esta lista deberá contener la dosificación para ser usada; además se debería solicitar una certificación de que el material ha sido proporcionado para tal requerimiento. Cuando el caso lo amerite y la Fiscalización lo solicite, es necesario obtener una certificación del laboratorio.

En obras de gran importancia se debería solicitar:

- 1.- El contenido químico, con su peso respectivo y sus tolerancias.

2. - Una muestra de 250 ml de aditivos.
3. - Cada 6 meses certificar la garantía para comprobar que el producto no ha sido cambiado.

Los chequeos pueden referirse al ASTM C 260 y ASTM C 494.

**801-2.02. Planta y equipo de dosificación.-** La planta dosificadora será de un tipo adecuado, e incluirá tolvas de almacenamiento con compartimientos separados para cada fracción de agregados.

Los controles de pesaje permitirán graduar la salida del material, incluyendo el retiro de cualquier exceso, si se sobrepasa el peso de un agregado.

Las tolvas de pesaje serán construidas de tal manera que puedan descargar totalmente los materiales y no produzcan vibraciones en las balanzas.

La planta de dosificación estará montada de tal manera que sus piezas estructurales se conserven niveladas perfectamente, con las tolerancias respectivas en los mecanismos de pesaje.

Las balanzas serán del tipo aprobado por el Fiscalizador y constituirán parte integrante de la planta dosificadora.

Los errores máximos permisibles para balanzas de agregados o de cemento serán:

- a) Para calibración: 0.5% de la carga neta.
- b) Para cemento: 1% de la carga neta en trabajo.
- c) Para agregados: 2% de la carga neta en trabajo.

Para efectos de verificar el peso de las balanzas se dispondrá de por lo menos 12 pesas de 20 kilogramos, y puede requerirse tal calibración cuando el Fiscalizador lo crea conveniente.

El Fiscalizador exigirá que las tolvas de agregados o las mezcladoras de hormigón dispongan de dispositivos satisfactorios, para pesar o medir aditivos en polvo o líquidos.

**801-2.03. Requisitos Adicionales.-** La planta mezcladora funcionará para cada dosificación por separado; cada carga se colocará en la planta, en forma completa.

Para el mezclado en planta, y si se utiliza cemento a granel, éste será pesado por separado y colocado dentro de una tolva en las cantidades estipuladas. Los agregados finos y cada uno de los tamaños de los agregados gruesos serán

pesados y colocados en las cantidades fijadas dentro de las tolvas correspondientes.

Para el mezclado al pie de la obra los agregados serán pesados en la planta de dosificación y transportados al sitio en cajas de vehículos u otros recipientes diseñados para el objeto; cada compartimento del recipiente contendrá una mezcla completa de dosificación y se asegurará su separación mediante tabiques, que impedirán el paso de materiales de un compartimento a otro durante el transporte o descarga. El cemento a granel será transportado en un recipiente separado y cerrado herméticamente. El cemento en sacos podrá ser transportado sobre los agregados, y el número de sacos de cemento que correspondan a cada mezcla o carga de dosificación irá sobre los agregados de esa carga.

Si en una determinada obra el volumen de hormigón necesario resulta pequeño y no se justifica el montaje de una planta central de dosificación, el Contratista podrá, con permiso previo y por escrito del Fiscalizador, efectuar la dosificación de los materiales pesándolos en balanzas de plataforma aprobadas o midiéndolos en volúmenes sueltos.

Para el segundo caso, el Fiscalizador exigirá que las cantidades sean medidas por separado, de tal forma que asegure una dosificación uniforme, para lo cual se podrán emplear cajones cuyos volúmenes hayan sido establecidos cuidadosamente y estén contruidos de un material que resista el uso. Los cajones que estén deteriorados o semidestruídos por el uso, serán retirados de la obra.

Para determinar los volúmenes de los agregados se exigirá un continuo control, a fin de evitar las posibles variaciones por efecto de la humedad de los agregados.

### **801-3. Mezclado y Transporte.**

**801-3.01. Generalidades.-** En lo que sigue, se referirá a los procedimientos y normas de mezcla y transporte del hormigón, a los cuales se sujetará estrictamente el Contratista, bajo el control del Fiscalizador.

El hormigón podrá ser mezclado en obra, en una planta mezcladora central o en una mezcladora móvil, del tipo y capacidad aprobados por el Fiscalizador.

El equipo y los procedimientos para mezclar, transportar y colocar el hormigón deberá hacerse conocer al Fiscalizador por lo menos 10 días antes de comenzar el trabajo, para su aprobación.

**801-3.02. Hormigón mezclado en obra.-** Los materiales se colocarán en el tambor de la mezcladora, de modo que una parte del agua de amasado se

coloque antes que los materiales secos; a continuación, el orden de entrada a la mezcladora será: parte de los agregados gruesos, cemento, arena, el resto del agua y finalmente el resto de los agregados gruesos. El agua podrá seguir ingresando al tambor hasta el final del primer cuarto del tiempo establecido para el mezclado. Los aditivos inclusores de aire deberán agregarse al agua, en las cantidades especificadas en el diseño, en la forma aconsejada por su fabricante o durante el tiempo fijado por el Fiscalizador.

El tambor de la mezcladora se operará a la velocidad recomendada por el fabricante y dentro de la capacidad especificada por él.

El tiempo de mezclado será 60 segundos como mínimo para mezcladoras de capacidad menor de 0,75 metros cúbicos, y de por lo menos 90 segundos para mezcladores con capacidad de 0,75 metros cúbicos o más; en ningún caso deberá sobrepasar los 5 minutos. El tiempo de mezclado se medirá desde el momento en que todos los ingredientes, excepto el agua, se hayan introducido al tambor. La mezcladora deberá disponer de dispositivos adecuados para el control del tiempo de mezclado.

Cuando las condiciones de la obra impongan el empleo de aditivos que no se hayan establecido en los documentos contractuales, su utilización será permitida previo permiso escrito del Fiscalizador.

No se permitirá el exceso de mezclado ni el reamasado que requiera de adición de agua para conservar la consistencia requerida.

La capacidad mínima de una mezcladora será la equivalente a la de un saco de cemento. El volumen de una mezcla de hormigón deberá prepararse para una cantidad entera de sacos de cemento, excepto cuando se utilice cemento al granel.

Los sacos de cemento que por cualquier razón hayan sido parcialmente usados o que contengan cemento endurecido serán retirados. La mezcladora deberá limpiarse periódica y minuciosamente, de manera que se asegure una correcta preparación del hormigón cuando se reanude la operación.

**801-3.03. Hormigón mezclado en planta.-** El mezclado en planta central cumplirá con los requisitos para mezclado en obra. Si se usa para el transporte

del hormigón una mezcladora de tambor giratorio, del tipo cerrado y hermético, el tiempo inicial del mezclado en planta central podrá reducirse a 50 segundos y completarse el proceso durante el transporte, siendo este tiempo igual al especificado en el siguiente numeral.

**801-3.04. Hormigón mezclado en camión.-** Las mezcladoras sobre camión serán del tipo de tambor giratorio, impermeables y de construcción tal que el hormigón mezclado forme una masa completamente homogénea.



Los agregados y el cemento serán medidos con precisión en la planta central, luego de lo cual se cargará el tambor que transportará la mezcla. La mezcladora

del camión estará equipada con un tanque para medición de agua; solamente se llenará el tanque con la cantidad de agua establecida, a menos que se tenga un dispositivo que permita comprobar la cantidad de agua añadida. La cantidad de agua para cada carga podrá añadirse directamente, en cuyo caso no se requiere tanque en el camión.

La capacidad de las mezcladoras sobre camión será la fijada por su fabricante, y el volumen máximo que se transportará en cada carga será el 60 % de la capacidad nominal para mezclado, o el 80 % del mismo para la agitación en transporte.

El mezclado en tambores giratorios sobre camiones deberá producir hormigón de una consistencia adecuada y uniforme, la que será comprobada por el Fiscalizador cuando él lo estime conveniente. El mezclado se empezará hasta dentro de 30 minutos luego de que se ha añadido el cemento al tambor y se encuentre éste con el agua y los agregados. Si la temperatura del tambor está sobre los 32 grados centígrados y el cemento que se utiliza es de fraguado rápido, el límite de tiempo antedicho se reducirá a 15 minutos.

La duración del mezclado se establecerá en función del número de revoluciones a la velocidad de rotación señalada por el fabricante. El mezclado que se realice en un tambor giratorio no será inferior a 70 ni mayor que 100 revoluciones. Para verificar la duración del mezclado, se instalará un contador adecuado que indique las revoluciones del tambor; el contador se accionará una vez que todos los ingredientes del hormigón se encuentren dentro del tambor y se comience el mezclado a la velocidad especificada.

**801-3.05. Transporte de la mezcla.-** La entrega del hormigón para estructuras se hará dentro de un período máximo de 1,5 horas, contadas a partir del ingreso del agua al tambor de la mezcladora; en el transcurso de este tiempo la mezcla se mantendrá en continua agitación. En condiciones favorables para un fraguado más rápido, como tiempo caluroso, el Fiscalizador podrá exigir la entrega del hormigón en un tiempo menor al señalado anteriormente.

El vaciado del hormigón se lo hará en forma continua, de manera que no se produzca, en el intervalo de 2 entregas, un fraguado parcial del hormigón ya colocado; en ningún caso este intervalo será más de 30 minutos.

Para el transporte del hormigón se emplearán camiones con tambores giratorios del tipo que se describe en el numeral 801-3.04.

En el transporte, la velocidad de agitación del tambor giratorio no será inferior a 4 RPM. ni mayor a 6 RPM.. Los métodos de transporte y manejo del hormigón

serán tales que faciliten su colocación con la mínima intervención manual y sin causar daños a la estructura o al hormigón mismo.

**801-3.06. Cantidad de agua y consistencia.-** El agua será medida en volumen o al peso. Si el agua se dosifica por volumen, se incluirá un tanque auxiliar desde el cual se llenará el tanque de medición del agua. Dicho tanque de medición estará equipado con una toma y válvulas exteriores para obtener una correcta medida o cualquier otro dispositivo que garantice una rápida y exacta cantidad del agua entregada por el tanque auxiliar. El volumen del tanque auxiliar deberá ser mayor que el del tanque de medición.

Los equipos de medición de agua deberán tener una precisión tal que permitan una tolerancia que se encuentre dentro del 1% de las cantidades indicadas. Para verificar esta tolerancia, se podrá requerir pruebas de calibración.

La consistencia del hormigón será establecida en el diseño aprobado por el Fiscalizador y se la determinará según el método de ensayo propuesto por la norma AASHTO T 119. Para mantener la relación agua/cemento, manteniendo la misma consistencia del hormigón, se deberá considerar el contenido de agua propio de los agregados, ya que el agua superficial o agua libre entra como una adición al agua total de la mezcla.

**801-3.07. Mezclado y transporte del hormigón para pavimentos.-** La fabricación de hormigón de cemento Portland para pavimentos se realizará conforme se estipula en los numerales 801-3.02 a 801-3.06 de este capítulo, salvo lo expresamente indicado en esta sección.

El tiempo de mezclado en planta central o en la obra no será menor de 50 segundos ni mayor de 3 minutos. Cualquier carga mezclada por un tiempo menor del mínimo mencionado será desechada fuera de la obra.

El hormigón que haya sido mezclado en una planta central será transportado a la obra en camiones agitadores o mezclador sobre camión. El tiempo transcurrido desde el momento en que se agregue el agua a la mezcla hasta que se coloque el hormigón en la obra no deberá pasar de 60 minutos. Se permitirá agregar agua a la mezcla y efectuar el mezclado adicional correspondiente, cuando ésto sea necesario para lograr una mezcla con la consistencia especificada, siempre y cuando se lo efectúe dentro de los 45 minutos después de haberse iniciado el mezclado original.

El equipo de transporte deberá ser capaz de proporcionar el abastecimiento de hormigón al sitio de colocación, sin segregación ni interrupciones que den lugar a pérdida de plasticidad entre vertidas sucesivas.

Cuando el mezclado del hormigón de cemento Portland se efectúe en tiempo caluroso, el Fiscalizador podrá exigir que el Contratista tome medidas

apropiadas, para evitar que la temperatura de mezcla exceda los 35 grados centígrados.

No se efectuará el mezclado del hormigón en tiempo frío si la temperatura es menor de 4 grados centígrados, salvo que se provea de un equipo adecuado para calentar los agregados, antes de su introducción a la mezcladora. Los medios empleados serán tales que se calienten uniformemente los agregados sin ocasionarles ningún daño. De no especificarse de otra manera, la temperatura de la mezcla, al momento de colocarla en la obra, deberá fluctuar entre los 10 y 26 grados centígrados.

#### **801-4. Curado del Hormigón.**

**801-4.01. Disposiciones comunes a todos los métodos de curado.-** Para el curado correcto del hormigón es necesario que no se permita la evaporación del agua de la mezcla, hasta que el hormigón haya adquirido su resistencia. Se podrá usar para el curado cualquiera de los métodos que se describen en los siguientes numerales.

#### **801.e Curado del hormigón**

El contratista debe informar a la Fiscalización, los métodos propuestos para el curado; deben proveerse de equipos y materiales en cantidad adecuada, con anterioridad al colocado del hormigón.

Si no existe ninguna indicación en los planos, el contratista tiene la opción de escoger el método del curado, a excepción que la Fiscalización requiera algunos métodos de curado para secciones especiales de una estructura.

Métodos inadecuados de curado, deberán ser la causa para que la Fiscalización retrase la colocación del hormigón en el trabajo, hasta que se tome la acción necesaria para remediar esta situación.

De no existir ninguna especificación en los planos, se seguirá la siguiente recomendación.

Todo hormigón debe ser curado para períodos de cuatro (4) días excepto los indicados en la siguiente tabla:

**TABLA 8 – 801.e  
EXCEPCION PARA EL CURADO DE 4 DIAS**

DESCRIPCIÓN	TIPO DE CEMENTO	DIAS REQUERIDOS PARA EL CURADO
Las superficies superiores de losas de puentes, las losas superiores de alcantarillas sujetas al tráfico directo y hormigón para recubrimiento	I o III	8
	II o I/II*	10
	Todos los tipos con agregados livianos	10
Hormigón para pilotes	Todos	6

\* Cumplirán los requisitos de los dos: tipos I y tipo II.

**801-4.02. Humedecimiento con agua.-** El agua para curado del hormigón debe ser limpia, libre de aceites, álcalis, ácidos, sales, azúcar, materia orgánica, y debe cumplir además con los requisitos de la norma INEN 1108. Las aguas potables sí son consideradas satisfactorias.

Dentro de lo posible, todas las superficies de hormigón deben mantenerse a una temperatura de más de 10 grados centígrados y en condición húmeda, mediante rociados convenientemente espaciados, por lo menos durante los 7 primeros días después de su colocación, si se ha usado cemento Portland normal, o durante 3 días, si el cemento empleado es de fraguado rápido.

**801-4.03. Membranas impermeables.-** Son aquellos componentes que se rocían sobre todas las superficies expuestas del hormigón fresco, tanto horizontales como verticales, y que forman una fina membrana que impide la pérdida de agua durante el primer período de endurecimiento. También reducen la alta temperatura del concreto expuesto a la radiación del sol.

Los compuestos para formar este tipo de membranas deberán cumplir lo especificado en la norma AASHTO M-148, y se los clasifica en las siguientes categorías:

- TIPO 1 Claro o translúcido sin teñir
- TIPO 1-D Claro o translúcido con un teñido temporal
- TIPO 2 Blanco pigmentado

Estas membranas podrán aplicarse: 1) Antes de que se inicie el curado inicial del hormigón. 2) Después de retirar el encofrado. 3) Después de iniciado el curado húmedo, según se haya propuesto al Fiscalizador y aceptado por él.

Los componentes Tipo 1 y 1-D deben formar una membrana traslúcida sin color o ligeramente coloreada; si se usa el Tipo 1 D, se deberá notar la capa coloreada, luego de 4 horas desde su aplicación. El color de la membrana, cualquiera que sea, debe desaparecer luego de que hayan transcurrido 7 días desde su aplicación, si ha sido directamente expuesta a los rayos solares.

El Tipo 2 consistirá de un pigmento blanco y el diluyente necesario, los cuales vendrán premezclados para uso inmediato. El compuesto presentará una apariencia blanca uniforme al ser aplicado sobre una superficie nueva de hormigón a la proporción recomendada por el fabricante.

Los componentes líquidos para las membranas deberán tener una consistencia adecuada, a fin de que puedan ser aplicados fácilmente por rociado, con rodillo o con brocha; según se especifique, se los debe aplicar en forma uniforme y a una temperatura superior a los 4 grados centígrados.

El compuesto deberá adherirse al concreto fresco en obra, cuando éste se encuentre húmedo, endurecido o lo suficientemente resistente para recibir el tratamiento, formando una capa continua que no deberá resquebrajarse o fisurarse, y que sea flexible, sin agrietamientos visibles o agujeros; no será pegajosa ni resbaladiza, y si se camina sobre ella, tampoco dejará marcada huella alguna, debiendo mantener estas propiedades por lo menos 7 días después de su aplicación.

Los componentes que forman estas membranas no se deteriorarán al unirse con el concreto.

Los componentes que forman la membrana podrán almacenarse por lo menos 6 meses sin sufrir deterioro, siempre que se cumplan con las especificaciones del fabricante para almacenamiento.

La porción volátil de los componentes no será tóxica o inflamable ni contaminará el aire.

La prueba de retención de agua en este tipo de membranas, dará como resultado una pérdida de agua de no más de 0.55 Kg/m<sup>2</sup> de superficie en 72 horas.

El compuesto blanco pigmentado (Tipo 2) deberá tener una reflexión no menor del 60 % de la correspondiente al óxido de magnesio.

**801-4.04. Láminas impermeables de papel o polietileno.-** Son aquellas láminas de polietileno o papel impermeable que se colocan sobre la superficie

fresca del hormigón, para evitar la evaporación, durante el período de curado de los hormigones.

Las láminas reflejantes de color blanco son utilizadas, además, como aislantes de temperatura, cuando el hormigón se halla expuesto a las radiaciones solares. Las láminas impermeables pueden ser de uno de los siguientes tipos:

- a) Papel impermeable: color natural y blanco.
- b) Lámina de polietileno: color natural y blanca opaca.
- c) Lámina de polietileno, color blanco, con trama de fibra de cáñamo

Las láminas impermeables deberán cumplir lo estipulado en la norma AASHTO M-171, cuyos principales requisitos se presentan en la Tabla 801-4.1

Si las láminas impermeables se someten a la prueba de retención de agua, la pérdida de agua contenida en una muestra deberá limitarse a un máximo de  $0,055 \text{ gr/cm}^2$  en el momento de su colocación.

El papel impermeable estará formado por dos hojas unidas con un material bituminoso, en que se halle una malla de hilos de fibra con una separación de 3,5 cm como máximo. El papel será de color natural, con una apariencia uniforme y libre de defectos a simple vista.

El papel impermeable blanco deberá tener este color por lo menos en una de sus caras y debe cumplir con todos los demás requisitos señalados anteriormente.

La lámina de polietileno será transparente, de espesor uniforme, sin impresiones, y no se emplearán colorantes en su fabricación, excepto la lámina de polietileno coloreada, la cual será de color blanco opaco; la lámina estará libre de defectos visibles y tendrá una apariencia uniforme.

La lámina de polietileno, color blanco, con trama de fibra de cáñamo, estará constituida por capas unidas de tela y polietileno blanco opaco, que formarán una lámina uniforme de 0,10 mm de espesor mínimo; estas capas estarán adheridas firmemente para evitar que existan desprendimientos durante su manipuleo y colocación. El polietileno cumplirá con lo señalado en el párrafo anterior y la tela deberá pesar no menos de  $300 \text{ gr/m}^2$ .

**801-4.05. Vapor.-** El curado con vapor a alta presión, vapor a presión atmosférica, calor y humedad u otro proceso aceptado, se emplea para acelerar el tiempo requerido por el hormigón hasta obtener la resistencia especificada y reducir en igual forma su tiempo de curado, el tiempo de curado del hormigón.

Para este procedimiento, después de colocar el hormigón en una cámara adecuada, los elementos o piezas se mantendrán en condición húmeda por un período de 4 horas, antes de aplicar el vapor. Las piezas se colocarán y cubrirán de tal manera que se permita la libre circulación del vapor entre ellos, evitando

Tabla 8011.

**ESPECIFICACIONES FISICAS PARA LAMINAS IMPERMEABLES DE PAPEL O POLIETILENO**

TIPO DE MATERIALES		Espesor nominal	RESISTENCIA MINIMA A LA TENSION				% de alargamiento		% de reflectancia mínimo	
			Kg/cm. de ancho		Kg/cm2		mínimo			
		Medida en dirección de la elaboración								
		mm.	Longitud.	Transv.	Longitud.	Transv.	Longitud.	Transv.		
Papel impermeable	Color Natural		5,4	2,7						
	Blanco		5,4	2,7					50	
Lámina de polietileno	Color Natural	0,10			120	85	225	350		
	Blanca	0,10			120	85	225	350	70	
Lámina de polietileno blanco Con trama de fibra de cáñamo									70	

escapes. Durante la aplicación del vapor entre ellos, el incremento de la temperatura no deberá exceder de 22 grados centígrados por hora. La temperatura máxima será de 65 grados centígrados, la cual se mantendrá constante hasta que el hormigón haya desarrollado la resistencia requerida, o durante el tiempo especificado para este tipo de curado.

**801-4.06. Conservación de los encofrados en su lugar.-** Si el curado se efectúa sin retirar los moldes o encofrados, éstos deberán permanecer en su lugar un mínimo de 7 días después de la colocación del hormigón.

## **801-5. Protección del Hormigón.**

**801-5.01. Generalidades.-** Bajo condiciones lluviosas, la colocación del hormigón se interrumpirá, antes de que la cantidad de agua en la superficie provoque un escurrimiento o lavado de la superficie de hormigón, a menos que el Contratista proporcione una protección adecuada contra daños.

Todo el hormigón que haya sufrido congelación antes de su fraguado final o se haya deteriorado por otras causas durante el fraguado, será retirado y reemplazado por el Contratista, a su costo.

**801-5.02. Protección de las estructuras de hormigón.-** Todas las estructuras de hormigón se mantendrán a una temperatura no menor de 7 grados centígrados, durante las 72 horas posteriores a su colocación, y a una temperatura no menor de 4 grados centígrados durante 4 días adicionales. Cuando lo solicite el Fiscalizador, el Contratista deberá remitir por escrito, en líneas generales, los métodos propuestos para la protección del hormigón.

**801-5.03. Protección del pavimento de hormigón.-** El pavimento de hormigón se mantendrá a una temperatura no menor de 4 grados centígrados por el lapso de 72 horas. Cuando lo solicite el Fiscalizador, el Contratista deberá remitir por escrito, en líneas generales, los métodos que propone utilizar para la protección del hormigón. Los métodos adoptados deberán ceñirse a lo estipulado en la Sección 409 relacionado con la protección del pavimento.

El nuevo pavimento permitirá rápidamente el tráfico, y si lo autoriza el Fiscalizador, el hormigón deberá ser fabricado con cemento Portland Tipo III. En este caso, el pavimento podrá entrar en servicio tan pronto como el hormigón desarrolle un módulo de ruptura de 39 kg/cm<sup>2</sup>. El módulo de ruptura será determinado de acuerdo con el método de ensayo ASTM C 689.

## **801-6. Resistencia y Otros Requisitos.**

**801-6.01. Generalidades.-** Los requisitos de resistencia a la compresión del hormigón consistirán en una resistencia mínima que deberá alcanzar el hormigón antes de la aplicación de las cargas, y si éste es identificado por su resistencia, en una resistencia mínima a la edad de 28 días. Las varias resistencias que se



requieran son especificadas en los capítulos correspondientes o se indicarán en los planos.

**801-6.02. Resistencia del Hormigón.-** La resistencia a la compresión del hormigón se determinará en base al ensayo establecido en las normas AASHTO T 22 o ASTM C 39, y la resistencia a la flexión se determinara en base al ensayo establecido en las normas AASHTO T 97 (ASTM C 78) o AASHTO 198 (ASTM C 496) con especímenes de hormigón elaborados y curados de acuerdo con los métodos que se indican en la norma AASHTO T 23 (ASTM C 31) o T 126 (ASTM C 192).

Para cada ensayo de resistencia deben elaborarse por lo menos dos especímenes de ensayo (cilindros o vigas) elaborados con material tomados de la misma mezcla de hormigón. Un ensayo será el resultado del promedio de las resistencias de los especímenes ensayados a la edad especificada. Si un espécimen muestra evidencia de baja resistencia con respecto a los demás, debido a un muestreo, manejo, curado o ensayo inadecuados, se debe descartar y la resistencia de los especímenes restantes será considerada como resultado del ensayo.

Las muestras para los ensayos de resistencia de cada clase de hormigón, deberán tomarse al menos una vez diaria, y una vez por cada 150 m<sup>3</sup> de hormigón o por cada 500 m<sup>2</sup> de superficie fundida, lo que fuere menor en todo caso el hormigón empleado y que se planille, deberá estar respaldado por los ensayos correspondientes.

El contratista o el fiscalizador podrán realizar ensayos adicionales a edades diferentes a las especificadas a fin de obtener información acerca de la evolución en el desarrollo de la resistencia, verificar la efectividad del curado y la protección del hormigón, o para determinar el tiempo de remoción de los encofrados o cuando la estructura puede ser puesta en servicio.

La resistencia de una clase determina de hormigón será considerada satisfactoria si cumple con los dos requisitos siguientes:

Para el caso de resistencia a la compresión:

El promedio de todos los conjuntos de tres resultados de ensayos consecutivos de resistencia debe ser igual o superior a la resistencia especificada  $f'_c$ ; y , ningún resultado individual de resistencia puede estar 3.5 Mpa por debajo de la resistencia especificada  $f'_c$ .

Para el caso de resistencia a la tracción por flexión:

El promedio de todos los conjuntos de tres resultados de ensayos consecutivos de resistencia debe ser igual o superior al Modulo de Rotura (MR) especificado;

y, ningún resultado individual de resistencia puede estar 0,5 Mpa por debajo del MR especificado.

Si el fiscalizador de la obra cree conveniente comprobar el curado y protección del hormigón en obra, deberá solicitar que se realicen ensayos a la compresión o a la tracción por flexión en especímenes curados en obra, de acuerdo al método de ensayo establecido en la Norma ASTM C31. Tales especímenes deben ser moldeados al mismo tiempo y de las mismas muestras que los especímenes de ensayo curados en laboratorio para la aceptación del hormigón.

Si la resistencia de los cilindros curados en obra, a la edad especificada, es menor que el 85% de la resistencia de los especímenes compañeros curados en laboratorio, deberán mejorarse los procedimientos de protección y curado del hormigón. Si las resistencias de los especímenes curados en laboratorio son apreciablemente mayores que las resistencias especificadas ( $f'_c$  o MR), las resistencias de los especímenes curados en obra no necesitan exceder de  $f'_c$  en más de 3,5 Mpa o de MR en más de 0,5 Mpa cuando no se cumpla el criterio del 85%.

Si los ensayos individuales de especímenes curados en laboratorio presentan resistencias menores que  $f'_c - 3,5$  Mpa o que  $MR - 0,5$  Mpa, o si los ensayos de los especímenes curados en obra indican deficiencia en la protección y curado, deben tomarse medidas para asegurar que la capacidad de carga de la estructura no está en peligro, si se confirma, luego de adoptar todos los procedimientos no destructivos de control actualmente aceptados, que el hormigón es de dudosa resistencia y los cálculos indicaren que la capacidad de carga de la estructura se habría reducido significativamente, deberán obtenerse de los sectores en duda especímenes extraídos de acuerdo con la Norma ASTM C-42. En este caso, deberán obtenerse tres especímenes por cada resultado de resistencia que esté por debajo de  $f'_c - 3,5$  Mpa o de  $MR - 0,5$  Mpa.

Si el hormigón de la estructura va a estar seco durante las condiciones de servicio, los especímenes deberán secarse al aire (temperatura entre 15 y 30° C, humedad relativa menor al 60%) durante 7 días antes de la prueba y deberán ensayarse secos.

Si el hormigón de la estructura va a estar más que superficialmente húmedo durante las condiciones de servicio, los especímenes deberán sumergirse en agua por lo menos por 48 horas y ensayarse húmedos.

Cuando se haya especificado resistencia a la comprensión, el hormigón del sector representado por los ensayos se considerará estructuralmente adecuado, si el promedio de las resistencias de los 3 núcleos es por lo menos igual al 85% de  $f'_c$ , y ningún núcleo tiene una resistencia menor del 75% de  $f'_c$ .

Cuando se haya especificado resistencia a la tracción, el hormigón del sector representado por los ensayos se considerara estructuralmente adecuado cuando se cumpla con una de las condiciones siguientes:

- El promedio de las resistencias de las vigas, ensayadas según la Norma ASTM-C78, resulte por lo menos igual al 85% del MR especificado y ninguna viga tenga una resistencia menor que el 75% de dicho modulo.
- El promedio de las resistencias de los núcleos ensayados según la Norma ASTM-C42, resulte por lo menos igual al 60% del MR especificado y ningún núcleo tenga una resistencia menor del 54% de dicho modulo.

Si estos criterios de aceptación de resistencia no se cumplen mediante los ensayos de los especímenes extraídos, y si las condiciones estructurales permanecen en duda, la autoridad responsable puede ordenar que se hagan pruebas de carga de acuerdo a lo especificado en el Capítulo 20 del Código Ecuatoriano de la Construcción, para la parte dudosa de la estructura u ordenar la demolición de la obra defectuosa y su correspondiente reemplazo.

Cuando un elemento de hormigón precolado es curado al vapor, la resistencia a la compresión del hormigón será evaluada en base de ensayos individuales representativos, de porciones específicas de la producción. Cuando dicho hormigón es designado por su resistencia a la compresión a los 28 días, el hormigón se considerará aceptable si su resistencia a la compresión alcanza el valor especificado, aun cuando dicha resistencia se alcance después del curado y hasta los 30 días posteriores al colado del elemento.

Cuando el hormigón se designe por su resistencia a la compresión, será necesario especificar el ensayo de mezclas de prueba de los materiales, la fabricación, el equipo de mezclado y los procedimientos a emplearse. Para cada mezcla de prueba, los materiales, el equipo de mezclado, procedimientos y el tamaño de la parada serán los mismos que los usados en el trabajo. El contenido de aire de las mezclas de prueba será igual o mayor que el especificado para el hormigón, sin considerar reducciones debido a tolerancias.

La colocación del hormigón en obra no se efectuará hasta que la mezcla de prueba, de acuerdo al diseño aprobado, haya sido elaborada por el Contratista, ensayada por el Fiscalizador y hallada conforme con los requisitos de resistencia especificada en los planos.

Una vez que los materiales, dosificación de la mezcla, equipo de mezclado y procedimientos han sido aprobados para su uso, se necesitará de una nueva autorización, previos los ensayos correspondientes, antes de efectuar cualquier cambio.

El Contratista solicitará con la debida anticipación la autorización para efectuar las mezclas de prueba, y será el único responsable de los atrasos que la obra sufra si no cumpliere oportunamente con este requisito.

Tratándose de elementos de hormigón prefabricado, que son manufacturados en una planta establecida, el Contratista determinará la dosificación de la mezcla, la cual deberá ser aprobada por el Fiscalizador.

## SECCION 802. CEMENTO PORTLAND

### 802-1. Cemento Portland.

**802-1.01. Objetivos.-** Esta especificación tiene como objeto determinar las características y requisitos que debe cumplir el cemento Portland.

#### 802.a Cemento portland

Las normas establecidas por el MOP bajo los lineamientos del INEN regirán para todos los procesos constructivos y cuando se requiere alguna especificación no contemplada en esta norma se deberá considerar los requerimientos del AASHTO M 85 "PORTLAND CEMENT", con sus modificaciones: a), b) y c).

**802-1.02. Alcance y limitaciones.-** Esta especificación se aplica a todos los Tipos de cemento Portland indicados en el numeral 802-1.04. correspondientes a la norma INEN 152.

**802-1.03. Definiciones específicas.-** Cemento Portland es el producto que se obtiene de la pulverización del clinker, el cual está constituido esencialmente por silicatos de calcio hidratado, adicionado con agua o sulfato de calcio o los dos materiales, en proporciones tales que cumplan los requisitos químicos relativos a las cantidades máximas de anhídrido sulfúrico y pérdidas por calcinación.

**802-1.04. Tipos de cemento.-** El cemento Portland se clasifica en 5 Tipos que, de acuerdo con la norma INEN 152, son los siguientes:

- TIPO I Cemento de uso general, al que no se exigen propiedades especiales.
- TIPO II Para uso en construcciones de hormigón expuestas a la acción moderada de sulfatos o cuando se requiere de moderado calor de hidratación.
- TIPO III Para usarse en construcciones de hormigón, cuando se requiere de alta resistencia inicial.
- TIPO IV Para usarse en construcciones de hormigón, cuando se requiere bajo calor de hidratación.
- TIPO V Para usarse en construcciones de hormigón, cuando se requiere de alta resistencia a la acción de los sulfatos.

Los cementos de los Tipo IV y V no se hallan comúnmente en el mercado, por lo que su fabricación será sobre pedido, con la debida anticipación.

Los cementos Tipo I, II y III pueden utilizarse con incorporadores de aire, de acuerdo a lo previsto en la Sección 805 de estas especificaciones.

Sí en los planos o documentos contractuales no se indicare el Tipo de cemento a usarse en una obra, se entenderá que debe emplearse el cemento Portland del Tipo I.

En cualquier estructura o pavimento se utilizará un solo Tipo de cemento, si de otro modo no se indica en los planos.

**802-1.05. Requisitos.-** El cemento Portland debe cumplir con los requisitos químicos y físicos establecidos en las Tablas 2.1, 3.1 y 3.2 de la norma INEN 152, de acuerdo al Tipo del cual se trate.

A criterio del fabricante, pueden utilizarse aditivos durante el proceso de fabricación del cemento, siempre que tales materiales, en las cantidades utilizadas, hayan demostrado que cumplen con los requisitos especificados en la norma INEN 1504.

El cemento deberá almacenarse en un depósito adecuado que lo proteja de la intemperie, para reducir a un mínimo su hidratación durante el almacenamiento y de tal manera que permita un fácil acceso para la inspección e identificación adecuadas.

El cemento se podrá entregar envasado en sacos o a granel. Si se entrega ensacado, cada saco tendrá una masa neta de 50 kg., y se acepta hasta una diferencia del 1% de ésta.

Si la entrega es a granel, el proveedor certificará la cantidad entregada, mediante balanzas calibradas periódicamente por el INEN.

En lo referente a rotulado, todos los sacos deben llevar impreso con letras legibles e indelebles las siguientes indicaciones:

- a) Nombre del cemento “CEMENTO PORTLAND”
- b) Tipo de cemento.
- c) Contenido neto en kilogramos, “50 kg.”
- d) Marca de fábrica.
- e) Razón social de la empresa fabricante.

Cuando el cemento se despache al granel, deberá incluirse una guía de transporte con las indicaciones mencionadas.

**802-1.06. Ensayos y Tolerancias.-** Todos los ensayos y tolerancias referentes a los requisitos químicos y físicos que deben cumplir los 5 Tipos de cemento Portland, se basarán en las normas INEN correspondientes, de acuerdo a lo que indica la norma INEN 152.

El cemento Portland que permanezca almacenado al granel más de 6 meses o almacenado en sacos por más de 3 meses, será nuevamente muestreado y ensayado y deberá cumplir los requisitos previstos, antes de ser usado.

La comprobación del cemento se referirá a:

<b>TIPO DE ENSAYO</b>	<b>ENSAYO INEN</b>
Análisis químico	INEN 152
Finura	INEN 196, 197
Tiempo de fraguado	INEN 158, 159
Consistencia normal	INEN 157
Resistencia a la compresión	INEN 488
Resistencia a la flexión	INEN 198
Resistencia a la tracción	AASHTO T-132

Si los resultados de las pruebas efectuadas no satisfacen los requisitos especificados, el cemento será rechazado.

Cuando se disponga de varios tipos de cemento, éstos deberán almacenarse por separado y se los identificará convenientemente, para evitar que sean mezclados.

Los sacos de cemento que contengan terrones de cemento aglutinado o que hayan fraguado parcialmente por cualquier causa serán rechazados. El uso del cemento proveniente de sacos rechazados no será permitido.

El Contratista tiene la obligación de proveer los medios adecuados para almacenar el cemento en un depósito de amplia capacidad y de fácil acceso para el Fiscalizador. Este depósito deberá ser seco, abrigado y protegido de la humedad.

Los cementos se muestrearán y ensayarán de acuerdo a los métodos descritos en las normas INEN correspondientes y podrán ser muestreados en la fábrica o en el lugar de trabajo. A opción del Fiscalizador, se podrá aceptar el cemento en base a certificados de cumplimiento que satisfagan los requerimientos de la subsección 103-3 de las presentes especificaciones.

El cemento podrá ser utilizado en la obra, una vez que se hayan realizado los ensayos y pruebas correspondientes y el Fiscalizador haya autorizado por escrito su empleo.

El Contratista llevará un registro preciso de las entregas de cemento y de su uso en la obra. Copias de estos registros se entregarán al Fiscalizador.



## SECCION 803. AGREGADOS PARA HORMIGON

### 803.1. Generalidades.

**803-1.01. Objetivos.-** El objetivo de esta especificación es determinar los requisitos que deben cumplir los áridos para ser utilizados en la preparación de hormigón de cemento Portland.

**803-1.02. Alcance y limitaciones.-** Esta especificación comprende los áridos naturales y los obtenidos por trituración de grava o piedra naturales.

**803-1.03. Definiciones específicas.-** Tamaño máximo del agregado: Es la menor dimensión nominal de la abertura del tamiz INEN a través del cual pasa toda la cantidad del árido (INEN 694).

**Arido:** Material granular que resulta de la disgregación y desgaste de las rocas, o que se obtiene mediante la trituración de ellas.

**Arido grueso:** Arido cuyas partículas son retenidas por el tamiz INEN 4,75 mm. (N° 4).

**Arido fino:** Arido cuyas partículas atraviesan el tamiz INEN 4,75 mm y son retenidas en el tamiz INEN 75 mm (N° 200).

### 803-2. Arido Grueso.

**803-2.01. Descripción.-** Los agregados gruesos para el hormigón de cemento Portland estarán formados por grava, roca triturada o una mezcla de éstas que cumpla con los requisitos de la norma INEN 872. Los agregados se compondrán de partículas o fragmentos resistentes y duros, libres de material vegetal, arcilla u otro material inconveniente, sin exceso de partículas alargadas o planas.

**803-2.02. Requisitos.-** Salvo que las especificaciones particulares designen otra cosa, los agregados para el hormigón de cemento Portland cumplirán las exigencias granulométricas que se indican en la Tabla 803-2.1., de acuerdo a lo establecido en la norma INEN 872 (Tabla 3).

**803-2.03. Ensayos y Tolerancias.-** Las exigencias de granulometría serán comprobadas por el ensayo granulométrico INEN 696.

El peso específico de los agregados se determinará de acuerdo al método de ensayo INEN 857.

Los agregados gruesos no podrán contener material o sustancias perjudiciales que excedan de los porcentajes de la Tabla 803-2.2., según INEN 872.

TABLA 803-2.1

## REQUISITOS DE GRADUACION DEL ARIDO GRUESO

TAMIZ INEN	TAMIZ ASTM	Porcentaj en masa que debe pasar por los tamices INEN indicados en la columna (1) para ser considerado como arido grueso de Grado:									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
		90 - 37,5 (mm)	6,3 - 3,75 (mm)	6,3 - 4,75 (mm)	37,5 - 4,75 (mm)	26,5 - 4,75 (mm)	19 - 4,75 (mm)	13,2 - 4,75 (mm)	9,5 - 2,36 (mm)	53 - 26,5 (mm)	37,5 - 19 (mm)
106		100									
90		90-100									
75	3		100								
63	2 1/4	25-60	90-100	100					100		
53			35-70	95-100	100				90-100	100	
37,5	1 1/2	0-15	0-15		95-100	100			35-70	90-100	
26,5				35-70		95-100	100		0-15	20-55	
19	3/4	0-5	0-5		35-70		90-100	100		0-15	
13,2				10-30		25-60		90-100	100	0-5	
9,5	3/8				10-30		20-55	40-70	85-100		0-5
4,75	No. 4			0-5	0-5	0-10	0-10	0-15	10-30		
2,36	No. 8					0-5	0-5	0-5	0-10		
									0-5		

Fuente: Norma INEN 872, Tabla N° 3

Tabla 803-2.2.

<b>LIMITES PARA LAS SUSTANCIAS PERJUDICIALES EN EL ÁRIDO GRUESO PARA EL HORMIGON DE CEMENTO PORTLAND</b>		
<b>SUSTANCIA PERJUDICIAL</b>	<b>% MAX EN MASA</b>	<b>METODO DE ENSAYO INEN **</b>
Terrones de arcilla y partículas desmenuzables.		
a) Para hormigón sometido a abrasión	5	698
b) Para cualquier otro hormigón	10	
Material más fino que el tamiz INEN 75 µm (N° 200). *		
a) Para hormigón sometido a abrasión	1	697
b) Para cualquier otro hormigón	1	
Partículas livianas.		
a) Para hormigón sometido a abrasión	0,5	699
b) para cualquier otro hormigón	1	
Resistencia a la abrasión		
a) Para hormigón sometido a abrasión	50	860
b) Para cualquier otro hormigón	50	861
Resistencia a la disgregación (pérdida de masa después de 5 ciclos de inmersión y secado)		
a) Si se utiliza sulfato de magnesio	18	863
b) Si se utiliza sulfato de sodio	12	

?? En el caso de áridos gruesos triturados, si el material más fino que el tamiz INEN 75 µm es polvo resultante de trituración, libre de arcilla o esquistos, el porcentaje se puede aumentar a 1.5

\*\* El método propuesto por el INEN es obligatorio.

FUENTE: Norma INEN 872

El peso unitario del agregado se determinará de acuerdo al método de ensayo INEN 858.

Los agregados gruesos deberán tener un porcentaje de desgaste no mayor de 50 a 500 revoluciones, determinado según los métodos de ensayo especificados en las normas INEN 860 y 861.

Los agregados gruesos no deberán experimentar una desintegración ni pérdida total mayor del 12 % en peso, cuando se los someta a cinco ciclos de la prueba de durabilidad al sulfato de sodio, según lo especificado en la norma INEN 863.

Las muestras para los ensayos deben ser representativas de la naturaleza y características o condiciones de los materiales que se encuentran en los yacimientos naturales, en los depósitos comerciales o en obra, según corresponda; y deben tomarse siguiendo los requisitos de muestreo que se especifican en la norma INEN 695.

Los áridos gruesos que presenten resultados de ensayos que excedan los límites especificados en el cuadro anterior, pueden aceptarse, siempre que el hormigón de propiedades comparables, hecho de árido similar proveniente de la misma fuente, haya mostrado un servicio satisfactorio al estar expuesto a una condición similar, a la cual va a estar sometido el hormigón por elaborarse con dicho árido grueso; o, en ausencia de un registro de servicio, siempre que mezclas de prueba preparadas con dicho árido grueso presenten características satisfactorias, al ser ensayadas en el laboratorio.

### **803-3. Arido Fino.**

**803-3.01. Descripción.-** Los agregados finos para hormigón de cemento Portland estarán formados por arena natural, arena de trituración o una mezcla de ambas.

Los agregados finos se compondrán de partículas resistentes y duras, libres de material vegetal u otro material inconveniente.

Los agregados finos provenientes de diferentes minas o fuentes de origen no podrán ser almacenados conjuntamente; se los colocará en depósitos separados, a distancias suficientes, para evitar posibles mezclas entre los materiales de diferentes depósitos.

Los agregados finos obtenidos de diferentes fuentes de origen, no podrán ser utilizados en forma alternada en la misma obra que se está construyendo, sin contar con permiso escrito del Fiscalizador.

#### **803.a Agregados en pilas de acopio**

**Descripción** Este trabajo consiste en la construcción de pilas de acopio de agregado en sitios existentes o preparados por el contratista en conformidad razonable con estas especificaciones y en las ubicaciones indicadas en los planos

o establecidas por la Fiscalización.

**Materiales** Los agregados en pilas de acopio tienen que cumplir con los requisitos de la sección indicados en la partida de pago en el itinerario de la licitación. El contrato especificará los procedimientos aplicables de muestreo y ensayos de aceptación.

### **Requisitos para la construcción**

**Sitios de acopio** Los sitios existentes tienen que ser preparados por el contratista en la medida que se estime necesario para dar cabida al agregado a ser acopiado.

Cuando se indique en el contrato, el contratista tiene que construir el (los) sitio(s) indicado(s) por la Fiscalización luego de ser efectuadas las operaciones de desbroque, y una vez realizado el acondicionamiento de todos los árboles, troncos, arbustos y desechos, de acuerdo con lo estipulado en la sección del MOP 302. “ Desbroce, desbroque y limpieza”.

El sitio tiene que ser nivelado, conformado, y compactado para lograr una sección transversal razonablemente uniforme que drene satisfactoriamente. Se tiene que compactar la superficie en todo su ancho con un mínimo de tres pasadas completas con equipo de compactación, aprobado de acuerdo con los requisitos estipulados en la sección del MOP 305. “Terraplenados”.

Después que el sitio haya sido nivelado y compactado, se tiene que colocar y compactar una capa de agregado triturado sobre toda el área de pilas de acopio y las tiene que hacer suficientes para estabilizar el suelo del sitio y las carreteras de acceso para prevenir la contaminación de las pilas de acopio con suelo u otros materiales perniciosos.

**Acopio de agregados en pilas** El equipo y los métodos usados para acopiar agregados en pilas tienen que ser tales que no ocurra degradación ni segregación perjudiciales del agregado. No se incorporará al agregado ninguna cantidad apreciable de material extraño. No se permitirá que se entremezclen los materiales de las pilas de acopio.

La contaminación de las pilas de acopio por el transporte o colocación de equipos no se permitirá, y cualquier agregado así contaminado se retirará de la pila de acopio y se eliminará.

Las pilas de acopio tienen que ser construidas en capas que no excedan de 1.5 m. de espesor.

Cuando los materiales se acopien en pilas por medio de cintas transportadoras, los conos se limitaran a 1.8 metros.

**Método de medición** La cantidad de agregado a pagarse será el número de metros cúbicos o de toneladas ordenadas y colocadas en pilas de acopio autorizadas.

Cuando se requiera el pago por metro cúbico en el itinerario de la licitación, las pilas de acopio terminadas se medirán y calcularán por el método de área terminada promedio.

Cuando se señalen la escoria y la piedra (o grava) como materiales alternativos para partidas de paga en el itinerario de la licitación y el pago se realice por peso, las cantidades estimadas se basarán en las gravedades específicas volumétricas promedio de los materiales alternativos disponibles.

**Base para el pago** Las cantidades aceptadas, determinadas en las formas provistas anteriormente, se pagará el precio unitario contractual licitado, respectivamente, por cada una de las partidas de pago particulares enumeradas a continuación que figuran en el itinerario de la licitación, cuyos precios y pagos constituirán la compensación total por el trabajo prescrito en esta sección, con excepción de que cuando se especifique en el contrato, los agregados triturados colocados en la pila de acopio se aceptarán sobre una base estadística, de acuerdo con lo dispuesto en la “EVALUACION ESTADISTICA DE LOS MATERIALES PARA SU ACEPTACIÓN”.

El pago se realizará para la

<b>Rubro de Pago y Designación</b>	<b>Unidad de Medición</b>
Agregados en pilas de acopio, Sección....., graduación....., .....	Metro cúbico (m3).
Agregado en pilas de acopio Sección....., graduación....., .....	Toneladas (ton).
Preparación del sitio de pilas de Acopio.....	Hectáreas (ha).

### **803.b Evaluación estadística de los materiales para su aceptación**

Cuando las especificaciones requieren que a un material se le tome muestras y se le hagan pruebas con un fundamento estadístico, el material será evaluado para su aceptación de acuerdo a esta subsección. Todos los resultados de pruebas para su lote serán analizados colectiva y estadísticamente con el Método de Análisis de Nivel de Calidad-Desviación Estándar, utilizando los procedimientos especificados para determinar el porcentaje total estimado del lote que está dentro de los límites de las especificaciones. El Análisis de Nivel de Calidad es un procedimiento estadístico para estimar el porcentaje de cumplimiento a una especificación y es efectuados por cambios en el promedio

aritmético (X) y por la desviación estándar de la muestra (s). El análisis de cada

parámetro de prueba será basado en un **Nivel Aceptable de Calidad (NAC)** de 95.0 y un riesgo del productor de 0.05. El NAC puede ser visto como el porcentaje menor de material de las especificaciones que es aceptable como un promedio del proceso. El riesgo del productor es la probabilidad de que cuando el contratista esté produciendo material a exactamente el NAC, los materiales recibirán menos de un factor de pago de 1.00.

Como un incentivo para adquirir el material de calidad, un factor de pago mayor de 1.00 se puede obtener. El factor de pago máximo obtenible es de 1.05.

Un lote que contenga material que no esté de acuerdo con las especificaciones (un factor de pago menor de 1.00), puede ser aceptado si el factor de pago es por lo menos 0.75 y no existe defectos aislados identificados por la Fiscalización. La Fiscalización puede ordenar la remoción del material que no está de acuerdo con las especificaciones.

Un lote que contenga material que falle en obtener por lo menos un factor de pago de 0.75, será rechazado por la Fiscalización. Todo el material rechazado tiene que ser removido del trabajo, incluyendo todas las partes del trabajo en las cuales se haya utilizado dicho material que no está de acuerdo con las especificaciones, a menos que exista un pedido por escrito del contratista para que acepte el material a un precio reducido, y que exista una decisión de la Fiscalización de que el material que no está de acuerdo con las especificaciones, puede ser aceptado y permitido su uso o que permanezca en el trabajo terminado.

Cualquier lote del cual se hayan obtenido por lo menos tres muestras y todos los resultados de las pruebas llenen los siguientes criterios recibirán un factor de pago por lo menos de 1.00 si:

- ?? Todos los resultados de las pruebas se encuentran dentro de la desviación permisible especificada para esa parte, o
- ?? Todos los resultados de las pruebas son mayores o iguales a un límite mínimo de especificación, o
- ?? Todos los resultados de las pruebas son menores o iguales a un límite máximo de especificación, el que sea apropiado.

El computo del Nivel de Calidad en estos casos, será para determinar la cantidad de cualquier bono que pueda ser garantizado.

Si menos de tres muestras han sido obtenidas en el momento en que se termine un lote, el material en el lote restringido será incluido como parte de un lote adyacente al factor de pago calculado para ese lote revisado.

El contratista puede escoger y remover cualquier material defectuoso y reponerlo con material nuevo para evitar un factor de pago menor de 1.00. A cualquier material defectuoso nuevo que se le tomarán muestras, se le harán

pruebas y se le evaluará para su aceptación de acuerdo a esta subsección.

La Fiscalización puede rechazar cualquier cantidad de material que parezca defectuoso de acuerdo a una inspección visual o resultados de pruebas. Dicho material rechazado no puede ser utilizado en el trabajo y los resultados de las pruebas hechas en el material rechazado no serán incluidas en las pruebas de aceptación de lote.

**Análisis del nivel de calidad.-** Los procedimientos del Método de Desviación Estándar son como siguen:

(a) Determine el promedio aritmético ( $\bar{X}$ ) de los resultados de las pruebas :

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$$

donde,  $\sum$  = sumatoria de

$x$  = valor individual de la prueba

$n$  = número total de valores de pruebas

(b) Calcule la desviación estándar de la muestra ( $s$ ) :

$$s = \sqrt{\frac{\sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

donde,  $\sum x^2$  = sumatoria de los cuadrados de los valores individuales de las pruebas.

$(\sum x)^2$  = sumatoria de los valores individuales al cuadrado de las pruebas .

(c) Calcule el índice superior de calidad ( $Q_s$ ) :

$$Q_s = \frac{USL - \bar{X}}{S}$$

donde, USL (límite superior de especificación) = valor que se busca más la desviación permitida.

(d) Calcule el índice menor de calidad ( $Q_l$ )

—



$$Q_I = \frac{X - LSL}{S}$$

donde, LSL ( límite inferior de especificación ) = valor que se busca menos la desviación permitida.

(e) Determine  $P_s$  ( el porcentaje dentro del limite superior de la especificación que corresponde a un  $Q_s$  dado) de la Tabla 8 - 803.1. Nota: Si un USL no es especificado,  $P_s$  será 100.

( f ) Determinar  $P_I$  ( el porcentaje dentro del limite inferior de la especificación que corresponde a un  $Q_I$  dado ) de la tabla 8 - 803 – 1. Nota: Si un LSL no es especificado,  $P_I$  será 100.

( g ) Determine el Nivel de Calidad (el porcentaje total dentro de los limites de la especificación).

$$\text{Nivel de Calidad} = (P_s + P_I) - 100$$

( h ) Utilizando el Nivel de Calidad del paso ( g ) , determine el factor de pago del lote de la Tabla 8 - 803 – 2.

TABLAS 8 - 803 - 1

ANALISIS DEL NIVEL DE CALIDAD POR EL METODO DE DESVIACION ESTANDAR															
Ps o P <sub>I</sub> DENTRO DE LOS LIMITES DE VALORES POSITIVOS DE Qs o Q <sub>I</sub>	n = 3	n = 4	n = 5	n = 6	n = 7	N = 8	n = 9	n = 10	n = 12	n = 15	n = 19	n = 26	n = 38	n = 70	n=201
								A n = 11	a n = 14	A n = 18	A n = 25	a n = 37	a n = 69	a n=200	a n = ?
	100	1.16	1.50	1.79	2.03	2.23	2.39	2.53	2.65	2.83	3.03	3.20	3.38	3.54	3.70
99		1.47	1.67	1.80	1.89	1.95	2.00	2.04	2.09	2.14	2.18	2.22	2.26	2.29	2.31
98	1.15	1.44	1.60	1.70	1.76	1.81	1.84	1.86	1.91	1.93	1.96	1.99	2.01	2.03	2.05
97		1.14	1.54	1.62	1.67	1.70	1.72	1.74	1.77	1.79	1.81	1.83	1.85	1.86	1.87
96	1.14	1.38	1.49	1.55	1.59	1.61	1.63	1.65	1.67	1.68	1.70	1.71	1.73	1.74	1.75
95		1.35	1.44	1.49	1.52	1.54	1.55	1.56	1.58	1.59	1.61	1.62	1.63	1.63	1.64
94	1.13	1.32	1.39	1.43	1.46	1.47	1.48	1.49	1.50	1.51	1.52	1.53	1.54	1.55	1.55
93		1.29	1.35	1.38	1.40	1.41	1.42	1.43	1.44	1.44	1.45	1.46	1.46	1.47	1.47
92	1.12	1.26	1.31	1.33	1.35	1.36	1.36	1.37	1.37	1.38	1.39	1.39	1.40	1.40	1.40
91	1.11	1.23	1.27	1.29	1.30	1.30	1.31	1.31	1.32	1.32	1.33	1.33	1.33	1.34	1.34
90	1.10	1.20	1.23	1.24	1.25	1.25	1.26	1.26	1.26	1.27	1.27	1.27	1.28	1.28	1.28
89	1.09	1.17	1.19	1.20	1.20	1.21	1.21	1.21	1.21	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.23
88	1.07	1.14	1.15	1.16	1.16	1.16	1.16	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17
87	1.06	1.11	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.13	1.13
86	1.04	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08
85	1.03	1.05	1.05	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
84	1.01	1.02	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.99	0.99
83	1.00	0.99	0.98	0.97	0.97	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.95	0.95	0.95
82	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.93	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
81	0.96	0.93	0.91	0.90	0.90	0.89	0.89	0.89	0.89	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
80	0.93	0.90	0.88	0.87	0.86	0.86	0.86	0.85	0.85	0.85	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
79	0.91	0.87	0.85	0.84	0.83	0.82	0.82	0.82	0.82	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81
78	0.89	0.84	0.82	0.80	0.80	0.79	0.79	0.79	0.78	0.78	0.78	0.78	0.77	0.77	0.77
77	0.87	0.81	0.78	0.77	0.76	0.76	0.76	0.75	0.75	0.75	0.75	0.74	0.74	0.74	0.74
76	0.84	0.78	0.75	0.74	0.73	0.73	0.72	0.72	0.72	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71
75	0.82	0.75	0.72	0.71	0.70	0.70	0.69	0.69	0.69	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.67
74	0.79	0.72	0.69	0.68	0.67	0.66	0.66	0.66	0.66	0.65	0.65	0.65	0.65	0.64	0.64

**Nota:** Para valores negativos de Qs o Q<sub>I</sub>, Ps o P<sub>I</sub>, es igual a 100 menos el valor de Ps o P<sub>I</sub>, que figura en la tabla . Si el valor de Qs o Q<sub>I</sub>, no corresponde exactamente a una figura en la tabla , utilice el próximo valor más alto.

TABLA 8- 803 – 1 (Cont.)

ANÁLISIS DEL NIVEL DE CALIDAD POR EL METODO DE DESVIACION ESTANDAR															
Ps o P <sub>I</sub> DENTRO DE LOS LÍMITES DE VALORES POSITIVOS DE Qs o Q <sub>I</sub>	n = 3	n = 4	n = 5	n = 6	n = 7	n = 8	n = 9	n = 10	n = 12	n = 15	n = 19	n = 26	n = 38	n = 70	n=201
								a	A	a	A	a	a	a	a
								n = 11	n = 14	n = 18	n = 25	n = 37	n = 69	n = 200	n = ?
73	0.76	0.69	0.66	0.65	0.64	0.63	0.63	0.63	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.61	0.61
72	0.74	0.66	0.63	0.62	0.61	0.60	0.60	0.60	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.58	0.58
71	0.71	0.63	0.60	0.59	0.58	0.57	0.57	0.57	0.57	0.56	0.56	0.56	0.56	0.55	0.55
70	0.68	0.60	0.57	0.56	0.55	0.55	0.54	0.54	0.54	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.52
69	0.65	0.57	0.54	0.53	0.52	0.52	0.51	0.51	0.51	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
68	0.62	0.54	0.51	0.50	0.49	0.49	0.48	0.48	0.48	0.48	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
67	0.59	0.51	0.47	0.47	0.46	0.46	0.46	0.45	0.45	0.45	0.45	0.44	0.44	0.44	0.44
66	0.56	0.48	0.45	0.44	0.44	0.43	0.43	0.43	0.42	0.42	0.42	0.42	0.41	0.41	0.41
65	0.52	0.45	0.43	0.41	0.41	0.40	0.40	0.40	0.40	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
64	0.49	0.42	0.40	0.39	0.38	0.38	0.37	0.37	0.37	0.37	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
63	0.46	0.39	0.37	0.36	0.35	0.35	0.35	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.33	0.33	0.33
62	0.43	0.36	0.34	0.33	0.32	0.32	0.32	0.32	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
61	0.39	0.33	0.31	0.30	0.30	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
60	0.36	0.30	0.28	0.27	0.27	0.27	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.25	0.25
59	0.32	0.27	0.25	0.25	0.24	0.24	0.24	0.24	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
58	0.29	0.24	0.23	0.22	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
57	0.25	0.21	0.20	0.19	0.19	0.19	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
56	0.22	0.18	0.17	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
55	0.18	0.15	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
54	0.14	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
53	0.11	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
52	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
51	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02
50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Nota:** Para valores negativos de Qs o Q<sub>I</sub>, Ps o P<sub>I</sub>, es igual a 100 menos el valor de Ps o P<sub>I</sub>, que figura en la tabla. Si el valor de Qs o Q<sub>I</sub>, no corresponde exactamente a una figura en la tabla, utilice el próximo valor más alto.

**TABLA 8 - 803 – 2**  
**FACTORES DE PAGO**

NIVEL DE CALIDAD REQUERIDO PARA UN TAMAÑO DE MUESTRA DADO (n) Y UN FACTOR DE PAGO DADO															
FACTOR DE PAGO	n = 3	n = 4	n = 5	n = 6	n = 7	n = 8	n = 9	n = 10	n = 12	n = 15	n = 19	n = 26	n = 38	n = 70	n = 201
								A n = 11	a n = 14	A n = 18	a n = 25	a n = 37	a n = 69	a n = 200	a n = ?
1.05	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1.04	90	91	92	93	93	93	94	94	95	95	96	96	97	97	99
1.03	80	85	87	88	89	90	91	91	92	93	93	94	95	96	97
1.02	75	80	83	85	86	87	88	88	89	90	91	92	93	94	95
1.01	71	77	80	82	84	85	85	86	87	88	89	90	91	93	94
1.00	68	74	78	80	81	82	83	84	85	86	87	89	90	91	93
0.99	66	72	75	77	79	80	81	82	83	85	86	87	88	90	92
0.98	64	70	73	75	77	78	79	80	81	83	84	85	87	88	90
0.97	62	68	71	74	75	77	78	78	80	81	83	84	85	87	89
0.96	60	66	69	72	73	75	76	77	78	80	81	83	84	86	88
0.95	59	64	68	70	72	73	74	75	77	78	80	81	83	85	87
0.94	57	63	66	68	70	72	73	74	75	77	78	80	81	83	86
0.93	56	61	65	67	69	70	71	72	74	75	77	78	80	82	84
0.92	55	60	63	65	67	69	70	71	72	74	75	77	79	81	83
0.91	53	58	62	64	66	67	68	69	71	73	74	76	78	80	82
0.90	52	57	60	63	64	66	67	68	70	71	73	75	76	79	81
0.89	51	55	59	61	63	64	66	67	68	70	72	73	75	77	80
0.88	50	54	57	60	62	63	64	65	67	69	70	72	74	76	79
0.87	48	53	56	58	60	62	63	64	66	67	69	71	73	75	78
0.86	47	51	55	57	59	60	62	63	64	66	68	70	72	74	77
0.85	46	60	53	56	58	59	60	61	63	65	67	69	71	73	76

**NOTA:** Para obtener un factor de pago dado, el nivel de calidad computado tiene que igualar o exceder el valor en la tabla.

TABLA 8 - 803 - 2 (CONT.)

NIVEL DE CALIDAD REQUERIDO PARA UN TAMAÑO DE MUESTRA DADO (n) Y UN FACTOR DE PAGO DADO															
FACTOR DE PAGO	n = 3	n = 4	n = 5	n = 6	n = 7	n = 8	N = 9	n = 10 a n = 11	n = 12 A n = 14	n = 15 a n = 18	n = 19 A n = 25	n = 26 a n = 37	n = 38 a n = 69	n = 70 a n = 200	n=201 a n=?
	0.84	45	49	52	55	56	58	59	60	62	64	65	67	69	72
0.83	44	48	51	53	55	57	58	59	61	63	64	66	68	71	74
0.82	42	46	50	52	54	55	57	58	60	61	63	65	67	70	72
0.81	41	45	48	51	53	54	56	57	58	60	62	64	66	69	71
0.80	40	44	47	50	52	53	54	55	57	59	61	63	65	67	70
0.79	38	43	46	48	50	52	53	54	56	58	60	62	64	66	69
0.78	37	41	45	47	49	51	52	53	55	57	59	61	63	65	68
0.77	36	40	43	46	48	50	51	52	54	56	57	60	62	64	67
0.76	34	39	42	45	47	48	50	51	53	55	56	58	61	63	66
0.75	33	38	41	44	46	47	49	50	51	53	55	57	59	62	65
RECHAZO	NIVELES DE CALIDAD MENOR QUE AQUELLOS ESPECIFICADOS PARA UN FACTOR DE PAGO DE 0.75														

**NOTA:** Para obtener un factor de pago dado, el nivel de calidad computado tiene que igualar o exceder el valor en la tabla.

**803-3.02. Requisitos.-** Los agregados finos para el hormigón de cemento Portland, deberán cumplir los requerimientos de granulometría especificados en la Tabla 803-3.1., de acuerdo con la norma INEN 872 (Tabla 1).

Tabla 803-3.1.

REQUISITOS DE GRADACION DEL ARIDO FINO	
TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA
9,5 mm (3/8")	100
4,75 mm (N° 4)	95 - 100
2,36 mm (N° 8)	80 - 100
1,18 mm (N° 16)	50 - 85
600 mm (N° 30)	25 - 60
300 mm (N° 50)	10 - 30
150 mm (N° 100)	2 - 10

El porcentaje mínimo indicado en la Tabla 803-3.1 para el material que pasa por los tamices INEN 300 mm y 150 mm, puede reducirse a 5 y 0 respectivamente, si el árido se lo va a utilizar en la elaboración de hormigón con incorporador de aire que contenga más de 250 kg de cemento por metro cúbico de hormigón, o en hormigón sin incorporador de aire que contenga más de 300 kg de cemento por metro cúbico de hormigón, o si se utiliza un aditivo mineral aprobado, a fin de suplir la deficiencia en porcentaje que atraviesa estos tamices. Se considera aquí que hormigón con incorporador de aire es aquel que contiene cemento incorporador de aire o un agente incorporador, con un contenido de aire de más del 3%.

Entre dos tamices cualesquiera consecutivos de aquellos que se indica en la Tabla 803-3.1, no debe quedar retenido más del 45% del árido fino, y su módulo de finura no debe ser menor de 2,3 ni mayor de 3,1.

Si el módulo de finura varía en más de 0,20 del valor supuesto al seleccionar las proporciones para el hormigón, el árido fino debe ser rechazado, a menos que se hagan ajustes adecuados en las proporciones del hormigón para compensar la deficiencia de gradación.

El árido fino que no cumpla con los requisitos de gradación y módulo de finura puede ser utilizado, siempre que mezclas de prueba preparadas con este árido fino cumplan con los requisitos de las especificaciones particulares de la obra.

**803-3.04. Ensayos y Tolerancias.-** Las exigencias de granulometría serán comprobadas por el ensayo granulométrico especificado en la norma INEN 697.

El peso específico de los agregados se determinará de acuerdo al método de ensayo estipulado en la norma INEN 856.

El peso unitario del agregado se determinará de acuerdo al método de ensayo determinado en la norma INEN 858.

El árido fino debe estar libre de cantidades dañinas de impurezas orgánicas, para lo cual se empleará el método de ensayo INEN 855. Se rechazará todo el material que produzca un color más oscuro que el patrón.

Un árido fino rechazado en el ensayo de impurezas orgánicas puede ser utilizado, si la decoloración se debe principalmente a la presencia de pequeñas cantidades de carbón, lignito o partículas discretas similares. También puede ser aceptado si, al ensayarse para determinar el efecto de las impurezas orgánicas en la resistencia de morteros, la resistencia relativa calculada a los 7 días, de acuerdo con la norma INEN 866, no sea menor del 95%.

El árido fino por utilizarse en hormigón que estará en contacto con agua, sometido a una prolongada exposición de la humedad atmosférica o en contacto

con la humedad del suelo, no debe contener materiales que reaccionen perjudicialmente con los álcalis del cemento, en una cantidad suficiente para producir una expansión excesiva del mortero o del hormigón. Si tales materiales están presentes en cantidades dañinas, el árido fino puede utilizarse, siempre que se lo haga con un cemento que contenga menos del 0,6% de álcalis calculados como óxido de sodio, o con la adición de un material que haya demostrado previene la expansión perjudicial debida a la reacción árido-álcalis.

El árido fino sometido a cinco ciclos de inmersión y secado para el ensayo de resistencia a la disgregación (norma INEN 863), debe presentar una pérdida de masa no mayor del 10%, si se utiliza sulfato de sodio; o 15%, si se utiliza sulfato de magnesio. El árido fino que no cumple con estos porcentajes puede aceptarse, siempre que el hormigón de propiedades comparables, hecho de árido similar proveniente de la misma fuente, haya mostrado un servicio satisfactorio al estar expuesto a una intemperie similar a la cual va a estar sometido el hormigón por elaborarse con dicho árido.

Todo el árido fino que se requiera para ensayos, debe cumplir los requisitos de muestreo establecidos en la norma INEN 695.

La cantidad de sustancias perjudiciales en el árido fino no debe exceder los límites que se especifican en la Tabla 803-3.2., de acuerdo con lo estipulado en la norma INEN 872, para árido fino.

Tabla 803-3.2.

<b>LIMITES DE LAS SUSTANCIAS PERJUDICIALES EN EL ARIDO FINO PARA EL HORMIGON DE CEMENTO PORTLAND</b>		
<b>SUSTANCIA PERJUDICIAL</b>	<b>% MAX EN MASA</b>	<b>METODO DE ENSAYO INEN **</b>
Material más fino que el tamiz INEN 75 mm*		
a) Para hormigón sometido a abrasión	3	697
b) Para cualquier otro hormigón	5	
Terrones de arcilla y partículas desmenuzables	3	698
Partículas livianas (carbón y lignito)		
a) Cuando la apariencia superficial del hormigón es de importancia	0,5	699
b) Para cualquier otro hormigón	1,0	
Cloruros como Cl		
a) Para hormigón simple	1,0	
b) Para hormigón armado	0,4	865
c) Para hormigón preesforzado	0,1	
Sulfatos como SO <sub>4</sub>	0,6	865
Partículas en suspensión después de 1 hora de sedimentación	3	864

??

?? En el caso de arena de trituración, si el material más fino que el tamiz INEN 75 mm consiste en polvo resultante de trituración, libre de esquistos y arcilla, los límites pueden aumentarse a 5 y 7%, respectivamente.

\*\* El método propuesto por el INEN es obligatorio.

#### 803-4. Agregados Livianos.



**803-4.01. Descripción.-** Los agregados livianos consistirán en pizarras o arcillas expandidas en hornos giratorios, y tendrán una superficie sellada por cocción. Los agregados livianos se sujetarán a las especificaciones de la norma ASTM C 330.

## SECCION 804. AGUA PARA HORMIGONES Y MORTEROS

### 804-1. Generalidades.

**804-1.01. Objetivos.-** La presente especificación tiene por objeto la determinación de los requisitos que debe cumplir el agua que se emplea en la construcción de hormigones y morteros.

**804-1.02. Alcance y limitaciones.-** Esta especificación se aplica para el agua que se va a emplear en cualquier tipo de construcción y que se mezclará con cemento Portland en el proceso.

**804-2. Requisitos.-** El agua que se emplea en hormigones y morteros deberá ser aprobada por el Fiscalizador; será limpia, libre de impurezas, y carecerá de aceites, álcalis, ácidos, sales, azúcar y materia orgánica.

El agua potable será considerada satisfactoria para emplearla en la fabricación de morteros y hormigones.

**804-3. Ensayos y Tolerancias.-** El agua para la fabricación de morteros y hormigones podrá contener como máximo las siguientes impurezas en porcentajes, que se presentan en la Tabla 804-3.1.

**Tabla 804-3.1.**

IMPUREZAS	%
Acidez y alcalinidad calculadas en términos de carbonato de calcio.	0,05
Sólidos orgánicos total.	0,05
Sólidos inorgánicos total.	0,05

### 804.a Agua

El agua para mezcla de hormigones y morteros, no debe tener sustancias nocivas tales como:

**DETERMINACION****LIMITACION**

PH	Mayor o igual a 5
Sustancias disueltas	Menor o igual 15 gr./ litro
Sulfatos	Menor o igual 1 gr./ litro
Sustancias orgánicas solubles en éter	Menor o igual 15 gr./ litro
ión cloro	Menor o igual 6 gr./litro
Hidratos de carbono	No deben contener

Es más perjudicial para el hormigón utilizar aguas no adecuadas para su curado que su amasado.

Si el Fiscalizador lo solicita, se someterá el agua a un ensayo de comparación con agua destilada.

La comparación se realizará mediante ensayos de durabilidad, tiempo de fraguado y resistencia del mortero según las normas INEN correspondientes.

Cualquier indicio de falta de durabilidad, cambio en el tiempo de fraguado en más de 30 minutos, o reducción de más del 10% en la resistencia del mortero, será causa suficiente para el rechazo del agua sometida a comparación.

## SECCION 805. ADITIVOS

### 805-1. Generalidades.

**805-1.01. Objetivos.-** Esta especificación tiene por objeto establecer los requisitos que deben cumplir los aditivos químicos que pueden agregarse al hormigón, para que éste desarrolle ciertas características especiales requeridas en obra.

#### 805.a Aditivos

Se recomienda con anterioridad al uso de aditivos, realizar pruebas en el campo con el propio equipo que será utilizado en la construcción de la obra.

Si el caso lo requiere es necesario que se presenten muestras de dosificaciones realizadas con aditivos, para ser incorporadas en el diseño.

Se pueden utilizar aditivos que modifiquen la propiedad del hormigón cuando este se encuentre en estado fresco, durante la fase de fraguado o endurecimiento y en el hormigón endurecido.

**805-1.02. Alcance y limitaciones.-** Esta especificación cubre únicamente a los aditivos empleados en la fabricación del hormigón de cemento Portland, y no es aplicable a aditivos especiales como expansores, aditivos para mortero lanzado, etc., los cuales tendrán sus propias especificaciones.

#### 805-1.03. Definiciones específicas.-

**Aditivos para hormigón.-** Son todos los compuestos distintos al agua, agregados y cemento Portland, que se emplean como ingredientes del hormigón, para mejorar su calidad, modificar el tiempo de fraguado, o para lograr otros objetivos relacionados con la adecuada construcción de obras de hormigón. Los aditivos no deberán producir efectos adversos en cualquier otra característica del hormigón.

**Aditivo reductor de agua (plastificante).-** Es aquel que permite disminuir la cantidad de agua necesaria para obtener una determinada consistencia del hormigón.

**Aditivo retardador.-** Es aquel que prolonga el tiempo necesario para el fraguado del hormigón.

**Aditivo acelerante.-** Es aquel que disminuye el tiempo necesario para el fraguado inicial del hormigón y aumenta la resistencia del mismo a temprana edad.

**Aditivo reductor de agua, de alto rango (superplastificante).**- Es aquel que reduce la cantidad de agua de mezclado dando al hormigón una consistencia del 12% o mayor que la correspondiente a la mezcla sin aditivo.

**Aditivos inclusores de aire.**- Aquellos que producen un incremento en el contenido de aire en el hormigón, y mejoran de esta manera su trabajabilidad.

**805-1.04. Clases de aditivos.**- Según el efecto en la mezcla, se tienen las siguientes clases de aditivos:

- ?? Acelerante
- ?? Retardantes de fraguado
- ?? Reductores de agua
- ?? Reductores de agua de alto rango
- ?? Reductores de agua y acelerantes
- ?? Reductores de agua y retardantes
- ?? Reductores de agua de alto rango y retardantes
- ?? Inclusores de aire
- ?? Impermeabilizantes

**805-2. Condiciones Generales.**- Para el uso de cualquier aditivo específico, será obligatorio que el Fiscalizador dé su autorización escrita. Los principales casos en los que puede ser conveniente el emplear un aditivo serán:

- a) Cuando las especificaciones de la construcción de la obra lo establezcan.
- b) Cuando lo solicite el Contratista, para satisfacer las condiciones de trabajo.
- c) Cuando el laboratorio lo proponga, para corregir deficiencias observadas en los materiales disponibles o para satisfacer requisitos especiales de construcción.

El Fiscalizador concederá la necesaria autorización solamente después de verificar el efecto del aditivo, mediante los respectivos ensayos establecidos. Los productos que satisfagan los requisitos establecidos en estas especificaciones, serán considerados como aditivos aptos para su uso.

Las pruebas para la aprobación de aditivos se harán usando igual tipo de cemento y los mismos agregados y agua que se emplearán en un trabajo específico, comparando mezclas testigo que no contienen aditivo con mezclas de prueba que contengan el aditivo propuesto, con diferentes proporciones.

Si un aditivo aprobado ha permanecido almacenado por más de 6 meses, luego de las pruebas de control correspondientes, será muestreado y probado nuevamente antes de ser usado.

Los aditivos que contengan cloruros no deberán ser utilizados en hormigón presforzado, por la corrosión del acero de presfuerzo que inducen.

### **805-3. Requisitos.**

**805-3.01. Requisitos para los aditivos reductores de agua, retardantes, acelerantes y afines.-** Los aditivos reductores de agua, retardantes y acelerantes, deben cumplir los requerimientos físicos estipulados en la Tabla 805-3.1., que está de acuerdo a lo especificado en la norma ASTM 490 y todos los demás requisitos que ésta exige, exceptuando el análisis infrarrojo.

**805-3.02. Requisitos para los aditivos inclusores de aire.-** Los aditivos incorporadores de aire deben cumplir con lo estipulado en la norma INEN 191.

Un aditivo inclusor de aire, una vez molido conjuntamente con el cemento Portland, debe producir un material que cumpla con los requisitos de la norma INEN 152, pero dentro de las siguientes condiciones:

- a) El tiempo de fraguado del cemento que contenga el aditivo no debe variar con respecto al de la muestra de referencia (sin aditivo) en más del 50%.
- b) La expansión en autoclave del cemento que contenga el aditivo no debe exceder a la expansión de la muestra de referencia en más del 10%.
- c) La resistencia a la compresión de probetas de mortero normal, hechas con cemento que contengan aditivo, no debe ser menor que el 80% de la correspondiente de probetas similares hechas sin aditivo.
- d) El cambio de longitud en moldes de mortero hechos con cemento que contenga el aditivo, basado en una medida inicial tomada a los 7 días de su elaboración, no debe exceder en más del 1% al de moldes de mortero similar hechos sin aditivo.
- e) El porcentaje de aire incorporado en el hormigón con cemento que contenga el aditivo, debe exceder por lo menos en 2,5 al de la muestra de referencia.
- f) La resistencia a la compresión del hormigón, hecho con cemento que contenga el aditivo, no debe ser menor del 80% de la resistencia a la compresión del hormigón de referencia.
- g) La resistencia a la flexión del hormigón, hecho con cemento que contenga el aditivo, no debe ser menor del 85% de la resistencia a la flexión del hormigón de referencia.

**Tabla 805 -3.1**  
**REQUISITOS FISICOS PARA ADITIVOS QUIMICOS**

	Reductor de agua	Retardante	Acelerante	Reductor de Agua y retardante	Reductor de Agua y acelerante	Reductor de agua alto rango	Reductor de agua, alto rango y retardante
Porcentaje de Agua máximo con relación A la muestra de referencia	95	--	--	95	95	88	88
Tiempo de fraguado del hormigón, desviación permisible respecto a la muestra de referencia. HH:MM							
Fraguado inicial: no menos de	--	1:00 después	1:00 antes	1:00 después	1:00 antes	--	1:00 después
no más de	1:00 antes ó 1:30 después	3:30 después	3:30 antes	3:30 después	3:30 antes	1:00 antes ó 1:30 después	3:30 después
Fraguado final: no menos de	--	--	1:00 antes	--	1:00 antes	--	--
no más de	1:00 antes ó 1:30 después	3:30 después	--	3:30 después	--	1:00 antes ó 1:30 después	3:30 después
Resistencia mínima a la compresión en % con respecto a la muestra de referencia							
1 día	--	--	--	--	--	140	125
3 días	110	90	125	110	125	125	125
7 días	110	90	100	110	110	115	115
28 días	110	90	100	110	110	110	110
6 meses	100	90	90	100	100	100	100
12 meses	100	90	90	100	100	100	100
Resistencia mínima a la compresión en % con respecto a la muestra de referencia							
3 días	100	90	110	100	110	110	110
7 días	100	90	100	100	100	100	100
28 días	100	90	90	100	100	100	100
Cambio de longitud máxima. Contracción (requisitos alternativos)							
Porcentaje en la muestra de referencia	135	135	135	135	135	135	135
% aumento con respecto a la referencia	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Durabilidad relativa, factor mínimo *	80	80	80	80	80	80	80

**805-4. Ensayos y Tolerancias .-** Los ensayos y tolerancias para aditivos químicos deberán regirse a lo estipulado en la norma ASTM C 494.

Las muestras de cemento que contengan aditivos incorporadores de aire deben ser ensayadas de acuerdo a los siguientes métodos indicados en la Tabla 805-4.1.

**Tabla 805-4.1.**

ENSAYO	NORMA INEN N°
- Análisis químicos	192
- Determinación del óxido férrico y del óxido de aluminio	193
- Determinación del trióxido de azufre	203
- Superficie específica del cemento	196, 197
- Consistencia normal	157
- Tiempo de fraguado	158
- Expansión de autoclave	200
- Contenido de aire en el mortero	195
- Resistencia a la flexión y compresión de morteros	198



## SECCION 806. MATERIALES PARA JUNTAS

### 806.1. Generalidades

**806-1.01. Objetivos.-** La presente especificación tiene por objeto determinar los requisitos y métodos de ensayo que deben cumplir los materiales que se utilizan tanto para cubrir como para rellenar juntas de construcción de las obras viales.

#### 806.a Material de juntas de expansión

Este tipo de juntas deben estar indicadas en los planos o contempladas en las especificaciones.

Es necesario indicar que el almacenamiento de estos sellantes deberían hacerse bajo los 40°C.

**806-1.02. Alcance y limitaciones.-** Esta especificación se aplica únicamente a los materiales que se usan para cubrir y rellenar juntas en pavimentos de concreto y construcciones estructurales.

**806-1.03. Detalles de instalación.-** Cuando se use cintas o bandas de PVC con bulbo central para impermeabilizar juntas, se debe tomar en cuenta los siguientes detalles para su colocación:

- a) El bulbo central se debe colocar en el centro de la junta.
- b) No se colocarán clavos en el bulbo central.
- c) Las cintas deben ser selladas en caliente y no se las debe traslapar.
- d) Para mantener la cinta en su sitio, cuando se vierta el hormigón, esta se la sujetará a distancias no mayores de 30 cm y entre la primera y segunda estría de cada lado.
- e) Para asegurar un buen contacto entre la banda y el hormigón, éste se debe evitar alrededor de la misma.

La plancha de cobre en cada junta deberá ser en lo posible una sola pieza, y si se requiere de más de una pieza, las uniones deberán conectarse mediante soldadura de manera que se forme una unidad completamente hermética contra el paso del agua.

Si se requiere el uso de algún material para sellar la junta, con el objeto de evitar la acumulación de material extraño en la misma, ésta debe estar completamente limpia antes de la colocación.

#### 806.b Clases de sellantes de juntas

Se pone a consideración esta lista de sellantes que pueden ser utilizados, de

acuerdo a las recomendaciones establecidas, en las Especificaciones Estándar para Construcción y Mantenimiento de Avenidas, Calles y Puentes del Departamento de Transporte de Texas de los Estados Unidos.

**CLASE 1.-** Dos componentes:(Polímero Sintético) Synthetic Polymer, Non - Sag.

Estos componentes deben ser mezclados en proporciones de acuerdo a las recomendaciones.

**CLASE 2.-** Dos componentes: Synthetic Polymer, Self- Leveling.

Estos componentes deben ser mezclados en proporciones de acuerdo a las recomendaciones

**CLASE 3.-** Hot Poured Rubbles, componente asfáltico.

**CLASE 4.-** Non- Sag Low Modulus Silicone.

Este material es un solo componente.

**CLASE 5.-** Self-Leveling Low Modulus Silicone.

**CLASE 6.-** Sellantes preformados para juntas.

Están conformados de material elastomérico y pueden obtener multitud de formas.

Las formas y dimensiones deberían constar en los planos.

La Fiscalización debe confirmar por una inspección visual que el sellante cumpla con las propiedades requeridas, para la instalación, en su tamaño, configuración y manufactura y deberá establecer la distorsión que existe.

**CLASE 7.-** Self- Leveling, Rapid Curing, Low Modulus Silicone.

Este material esta compuesto por dos componentes:  
Rapidl Curing, self-leveling, Low Modulus formulation.

Los componentes deben ser mezclados en proporciones de acuerdo a las recomendaciones.

## **806-2. Cubrejuntas de cobre.**

**806-2.01. Descripción.-** Las cubrejuntas de cobre estarán formadas por tiras de dicho material cuya forma, detalles y espesor se determinarán en los planos.

**806-2.02. Requisitos.-** Los cubrejuntas de cobre deberán cumplir con los requisitos estipulados en la norma AASHTO M 138.

**806-2.03. Ensayos y tolerancias.-** Las dimensiones, pesos y variaciones permisibles estarán de acuerdo a lo estipulado en la norma ASTM B 248.

El material empleado para cubrejuntas de cobre no será de estructura granular ni quebradiza, características que se determinarán de acuerdo al método de ensayo de quebradización estipulado en la norma ASTM B 577.

La resistividad eléctrica del material se determinará de acuerdo con el método de ensayo estipulado por la norma ASTM B 193.

### **806-3. Cubrejuntas de caucho**

**806-3.01. Descripción.-** Las cubrejuntas de caucho podrán ser del tipo moldeado o estirado, de caucho natural o sintético o una mezcla de ambos y no tendrán porosidades u otros defectos. Su presentación podrá ser en forma de láminas y de bandas o cintas, según se requiera en la obra.

**806-3.02. Requisitos.-** Las cubrejuntas de caucho natural deberán cumplir las siguientes exigencias:

- a) Resistencia a la tensión mínima: 246,6 kg/cm<sup>2</sup>
- b) Alargamiento en la ruptura: 550%
- c) Dureza Shore: de 55 hasta 65
- d) Los esfuerzos unitarios para el 300% y 500% de aglomeramiento no deberán ser inferiores a 78 y 197 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

Las cubrejuntas de caucho sintético deberán cumplir las siguientes exigencias:

- a) Resistencia a la tensión mínima: 176 kg/cm<sup>2</sup>
- b) Alargamiento en la ruptura: 425%
- c) Dureza Shore: de 50 hasta 70

**806-3.03. Ensayos y tolerancias.-** Los materiales que se emplean para la elaboración de cubrejuntas de caucho natural o sintético deberán someterse a los siguientes métodos de ensayo, para determinar sus características físicas:

- a) Determinación de la resistencia a la tensión, según la norma ASTM D 412.
- b) Alargamiento en la ruptura, según la norma ASTM D 412.
- c) Determinación de la dureza Shore, según la norma ASTM D 2240. La dureza Shore, para las cubrejuntas de caucho natural, se determinará después de 7 días de exposición al aire a 70 grados centígrados y a una presión de 21 kg/cm<sup>2</sup>, y para las cubrejuntas de caucho sintético, después de 7 días de exposición al aire a 70 grados centígrados o después de 48

- horas en oxígeno a 70 grados centígrados y a una presión de 21 kg/cm<sup>2</sup>.
- d) La resistencia a la tensión y el alargamiento no será inferior al 65% de los valores originales al ser ensayada por el método de la norma ASTM D 572.

#### **806.4. Relleno de Juntas.**

**806-4.01. Descripción.-** Los materiales que se usan para sellar juntas de expansión serán del tipo señalado en los planos y se sujetarán a lo especificado en la norma AASHTO M 153.

Los materiales de relleno preformados de tipo bituminoso consistirán de una masilla asfáltica formada y encajada entre dos capas impregnadas de fieltro bituminoso. La masilla estará compuesta por relleno mineral y fibras de refuerzo que pueden contener tiras metálicas delgadas. En el caso de que la masilla contenga atiesador o refuerzo metálico, la porción de masilla contenida no será menor del 70% para materiales de un espesor mayor de 6.35 mm y 65% para materiales de menos de 6.35 mm de espesor. Estos materiales deberán cumplir con lo estipulado en la norma AASHTO M 33.

Los materiales preformados del tipo elástico bituminoso consistirán de tiras preformadas hechas de caña o una fibra similar, saturadas uniformemente con asfalto o tiras formadas por corcho granular limpio, recubiertas en forma similar por un ligante asfáltico y encajadas entre dos capas de fieltro saturado o dos capas de fieltro de lana de vidrio. Estos materiales deberán cumplir con lo especificado en la norma AASHTO M 213.

Los materiales que se usan para el relleno de juntas en frío, como las masillas, deberán cumplir con lo especificado en la norma ASTM 1850.

Los materiales que se usan para sellar juntas en caliente pueden ser de los siguientes tipos:

- a) Elásticas deben cumplir con lo especificado en la norma AASHTO M 173.
- b) Elastoméricos las cuales cumplirán con lo estipulado en la norma AASHTO M 282.

**806-4.02. Requisitos.-** Los materiales de caucho esponjoso, corcho y corcho autoexpandible deberán cumplir los requisitos físicos que están establecidos en la norma AASHTO M 153.

Los materiales preformados para juntas de expansión de concreto, de tipo bituminoso, deben cumplir con los requisitos físicos que están especificados en la norma AASHTO M 33.

Los materiales preformados para juntas de expansión de pavimentos de concreto (no exprimibles y del tipo bituminoso elástico) deberán cumplir con los requisitos físicos, estipulados en la norma AASHTO M 213.

Los materiales selladores de juntas aplicados en frío deberán cumplir con los requisitos físicos estipulados en la norma ASTM 1850.

Los sellos de juntas, colados en caliente, del tipo elástico, deberán cumplir los requisitos físicos especificados en la norma AASHTO M 173.

Los sellos de juntas, colados en caliente, del tipo elastomérico, deberán cumplir los requisitos físicos y todos los demás requerimientos estipulados en la norma AASHTO M 282.

**806-4.03. Ensayos y Tolerancias.-** Las tiras preformadas de caucho esponjoso, corcho, bituminosas y elástico-bituminosas que se usan para sello de juntas de expansión deberán tener las dimensiones que se especifiquen en los planos. Las tiras cuyas dimensiones no se especifiquen podrán tener una variación permisible de 1,6 mm en su espesor, 2 mm en su ancho, y 6,4 mm en su longitud; si no cumplen con estos requisitos, serán rechazadas.

Las propiedades descritas de este tipo de materiales serán determinadas de acuerdo al método de ensayo propuesto en la norma AASHTO T 42.

Además, los sellos de tipo bituminoso descritos según AASHTO M 33, requieren el ensayo de solubilidad en bisulfato de carbono propuesto en la norma AASHTO T 44.

Las propiedades descritas para los materiales sellantes de juntas, aplicados en frío, serán determinadas de acuerdo a lo especificado en la norma ASTM 1851, excepto la penetración, que se determinará de acuerdo al método de ensayo propuesto por ASTM D 1191.

Las propiedades descritas para el material sellante de juntas, colado en caliente, del tipo elástico, serán determinadas de acuerdo al método de ensayo propuesto por la norma AASHTO T 187.

Las propiedades descritas para el material sellante de juntas, colado en caliente, del tipo elastomérico, serán determinadas de acuerdo al método de ensayo propuesto por la norma ASTM D 3408.

## SECCION 807. ACERO DE REFUERZO

### 807-1. Generalidades.

**807-1.01. Objetivos.-** La presente especificación tiene por objeto la determinación de los requisitos que debe cumplir el refuerzo previsto para el hormigón armado, ya se use en estructuras o en pavimentos rígidos.

**807-1.02. Alcance y Limitaciones.-** Esta especificación no cubre el acero por emplearse en estructuras metálicas ni otras piezas metálicas que se emplean en las obras viales, las cuales tienen sus propias especificaciones.

Las barras que se emplean para unir las diferentes losas del pavimento rígido deben cumplir lo aquí especificado.

**807-1.03. Definiciones Específicas.-** Las siguientes definiciones se aplican de manera específica para el acero de refuerzo:

**807-1.03.1.Barras.-** Elementos cilíndricos largos, que conforman el refuerzo de las obras que se construyen en hormigón armado. En estas especificaciones, se emplean las palabras barra y varilla indistintamente, y con el mismo significado.

### 807-2. Acero en Barras.

**807-2.01. Descripción.-** Salvo que se especifique lo contrario, el refuerzo del hormigón armado estará constituido por barras de acero con resaltes, laminadas en caliente o torcidas en frío, las cuales deben satisfacer los requisitos establecidos en las Normas INEN que se señalan a continuación:

?? - **INEN 102:VARILLAS CON RESALTES DE ACERO AL CARBONO LAMINADAS EN CALIENTE PARA HORMIGON ARMADO.**

?? - **INEN 104:BARRAS CON RESALTES DE ACERO AL CARBONO TORCIDAS EN FRIJO PARA HORMIGON ARMADO.**

Las barras pasajuntas del pavimento rígido y las requeridas en aquellas partes del refuerzo, como espirales, estribos y armadura de temperatura, en donde se especifique el empleo de barras lisas, deberán cumplir lo establecido en las siguientes Normas INEN:

??

?? - **INEN 101:BARRAS LISAS DE ACERO AL CARBONO DE SECCION CIRCULAR LAMINADAS EN CALIENTE PARA HORMIGON ARMADO**

?? - **INEN 103:BARRAS LISAS DE ACERO AL CARBONO TORCIDAS EN FRIJO PARA HORMIGON ARMADO.**

Todas las barras de refuerzo se doblarán lentamente y en frío para darles la forma indicada en los planos, sea cual fuere su diámetro. No se permitirá el uso de barras dobladas en caliente, salvo que lo haya autorizado por escrito el Fiscalizador.

Número, disposición, diámetro y grado del refuerzo se indicarán en los planos de la estructura, y no podrá variarse, salvo que haya aceptación escrita del diseñador y la respectiva autorización del Fiscalizador.

Los planos indicarán los detalles constructivos tales como traslapes, empalmes, soldaduras, etc.

### **807.a Acero de refuerzo**

Este ítem norma el suministro y colocación del acero corrugado y liso y las secciones y detalles deberán constar en los planos. El refuerzo debe cumplir los requisitos técnicos establecidos por el INEN y en caso de no existir, recurrir a las siguientes recomendaciones establecidas por el ASTM.

Si no se especifica en los planos, el acero de refuerzo deberá ser de grado 400 y todas las barras de refuerzo serán corrugadas y estarán regidas por las siguientes recomendaciones:

1. - ASTM A 615, Grados 300 o 400.
2. - ASTM A 617, Grado 400
- 3.- ASTM A 616, Grado 400, (barras ASTM A 616 deberán ser suministradas como barras rectas y no dobladas).
4. - ASTM A 706, Grados 400
5. - Barras lisas.- Barras lisas para pavimentos deberían tener un valor mínimo de esfuerzo a la cedencia de 400 Megapascuales. ( Barras lisas mayores de 15 metros de largo; deberán cumplir con los requisitos ASTM 36).
6. - Refuerzos en espiral.- Podrán ser lisas o corrugadas o alambres, del mínimo tamaño o diámetro indicando en los planos.

Barras para refuerzos en espiral deberán cumplir con ASTM A 675, grado 550 (referencia para ASTM A 29 está anulada), ASTM A 615 o 617, grado 300, o cumplir con lo especificado en los planos alambres lisos deberán cumplir con ASTM A 82 y alambres corrugados con ASTM A 496.

Acero de refuerzo para estructuras soldadas deberá tener un carbón equivalente de no más del 0.55 %.

7. - Alambres para mallas de refuerzo deberán normarse por ASTM A

82 o A 496. Mallas alambres deberán cumplir también con ASTM A 185 o ASTM A 497.

**807-2.02. Requisitos.-** Todas las barras de refuerzo, para su colocación en obra, deberán estar libres de defectos de fabricación como fisuras, poros, etc.; además no presentarán óxido, aceite, grasas y, en general, impurezas o contaminantes que puedan afectar su perfecta adherencia al hormigón.

Las Tablas 807-2.1. y 807-2-2., resumen los principales requisitos que debe cumplir el acero de refuerzo, tanto en sus dimensiones como en sus características resistentes:

**Tabla 807-2.1.**

**DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS (1)**

<b>DIÁMETRO mm.</b>	<b>AREA mm<sup>2</sup></b>	<b>PERÍMETRO mm.</b>	<b>MASA Kg/m.</b>
6	28	18.9	0.22
8	50	25.1	0.39
10	79	31.4	0.62
12	113	37.7	0.89
14	154	44.0	1.21
16	201	50.3	1.58
18	254	56.5	2.00
20	314	62.8	2.46
22	380	69.1	2.98
25	491	75.8	3.85
28	616	88.0	4.83
32	804	100.5	6.31

- (1) Los valores señalados en la Tabla 807-2.1., son NOMINALES. Ver las correspondientes Normas INEN para variaciones y tolerancias.



Tabla 807 -2.2.

## REQUISITOS FISICOS

Norma INEN	Grado	Resistencia a la Tracción N/mm <sup>2</sup> *	Límite de Fluencia N/mm <sup>2</sup> *	Alargamiento en %	DIAMETRO DEL MANDRIL **		
					Ensayo de Doblado		
					d < 14 mm.	d < 22 mm.	d < 22 mm.
101	A - 36	360 (37)	235 (24)	25	1.5 d	2.0 d	2.0 d
	A - 43	430 (44)	275 (28)	22	3.0 d	3.0 d	3.0 d
	A - 51	510 (52)	353 (36)	21	3.0 d	3.0 d	3.0 d
102	A - 28	275 (28)	432 (44)	22	3.0 d	3.5 d	5.0 d
	A - 42	411 (42)	618 (63)	15	3.5 d	5.0 d	7.0 d
103	AT - 41	615	410 (42)	14.5	2.0 d	2.0 d	2.0 d
104	AT - 49	750	490 (50)	14.5	2.0 d	2.0 d	2.0 d
	AT - 59	900	590 (60)	14.5	2.0 d	2.0 d	2.0 d

\* Entre paréntesis, el valor aproximado en Kg/mm<sup>2</sup>

\*\* d = diámetro de la barra

**807-2.03. Ensayos y Tolerancias.-** El acero de refuerzo se inspeccionará y muestrearán en el lugar de aprovisionamiento, siguiendo lo recomendado en la norma INEN 106. El contratista notificará al Fiscalizador con suficiente anticipación, para permitir el muestreo y comprobación, antes de efectuar el despacho del acero de refuerzo para la obra.

Cada paquete de acero se identificará en el lugar de aprovisionamiento con una tarjeta metálica, que señale el número del lote, clase y diámetro de las barras. Esta identificación se colocará en un lugar visible y se mantendrá en perfectas condiciones hasta el momento de su procesamiento.

El Contratista, al realizar el embarque de los materiales, presentará al Fiscalizador los informes de los ensayos y Certificados de Cumplimiento del acero de refuerzo.

El Fiscalizador tomará, por su parte, un juego de muestras por cada 20 toneladas o fracción de cada tipo de Barras de Refuerzo por emplearse en la obra, las que serán inspeccionadas y ensayadas a tensión y doblado, de acuerdo a lo aquí establecido.

Si en la inspección de las muestras se determinare que más de un 5% de las barras que conforman un lote presentan defectos de fabricación, como alta porosidad, inclusiones de materias extrañas, grietas radiales o picaduras de óxido que afecten más de un 10% del área de una barra, se rechazará el lote, y prohibirá su embarque a la obra.

En caso de discrepancia entre los resultados de los ensayos realizados por el Fiscalizador y los valores que constan en los certificados de cumplimiento, se tomará un nuevo juego de muestras del material, cuyos resultados definirán la aceptación o rechazo del lote correspondiente.

Los ensayos antes indicados se ejecutarán de acuerdo a los procedimientos establecidos en las Normas:

??

?? - INEN 109: ENSAYO DE TRACCION PARA EL ACERO.

?? - INEN 110: ENSAYO DE DOBLADO PARA EL ACERO.

**807-3. Mallas.-** Se denominan así a los elementos industrializados de la armadura, que se presentan en forma de paneles rectangulares constituidos por alambres o barras soldadas a máquina, de acuerdo a las especificaciones de los planos para el refuerzo.

Las mallas de alambre estirado en frío, empleadas para refuerzo del hormigón armado, deben cumplir con los requisitos establecidos en las Normas ASTM: A 185 y A 497.

Las mallas de barras de acero deberán cumplir lo especificado en la subsección 807-2 de este Capítulo. No se podrán emplear barras de acero trefilado o que no sean soldables, lo cual debe ser certificado por el fabricante para su aceptación.

**807-4. Otras Piezas.-** El alambre de amarre será galvanizado y del calibre autorizado por el Fiscalizador. Para su empleo se deberá constatar que se encuentre limpio, libre de óxidos y

otras impurezas, y que su colocación se haya hecho de tal forma que una firmemente todas las barras que sujeta, para impedir cualquier movimiento entre ellas.

Todas las piezas empleadas en poner en posición las armaduras de refuerzo, como espaciadores, sillas, apoyos, colgadores, etc., serán metálicos, galvanizados o adecuadamente protegidos contra la corrosión, y se colocarán firmemente

sujetos a la armadura. La Fiscalización no dará autorización para iniciar la fundición de la pieza correspondiente, mientras no se cumpla este requisito.

## SECCION 808. ACERO PARA PRECOMPRESION

### 808-1. Generalidades.

**808-1.01. Objetivos.-** La presente especificación tiene por objeto la determinación de los requisitos que deben cumplir los materiales utilizados para precomprimir el hormigón, en las diferentes estructuras así diseñadas, y podrán emplearse con este objeto alambres, cables o barras que se ajusten a esta Especificación, de acuerdo al elemento estructural de que se trate o al sistema constructivo que se emplee.

**808-1.02. Alcance y Limitaciones.-** Los materiales utilizados en la precompresión del hormigón deben ser de acero de alta resistencia a la ruptura y elevado límite de fluencia, conforme lo establecen los requisitos de esta Especificación.

Esta especificación no cubre el acero a emplearse en estructuras metálicas ni en el refuerzo del hormigón armado, los cuales tienen sus propias especificaciones.

**808-1.03. Requisitos o Condiciones Comunes.-** Número, diámetro y clase del preesfuerzo se indicarán en los planos correspondientes, y no podrá variarse, salvo que haya aceptación escrita del diseñador de la estructura y la correspondiente autorización del Fiscalizador, a fin de mantener la responsabilidad legal.

El acero para preesfuerzo será protegido de daños físicos, corrosión u otros defectos, desde su fabricación, y especialmente durante su transporte y almacenamiento en obra, hasta que sea embebido en el hormigón o inyectada la lechada de cemento que fija definitivamente el elemento.

Todos los materiales llevarán el número del lote y deberán ser rotulados de tal manera que puedan ser identificados, sin lugar a equivocaciones, en el sitio de la obra.

Se rechazará y no se permitirá el empleo de cualquier material que no tenga esta identificación.

Se tomarán muestras de todos los diámetros o calibres a emplearse en obra, conforme se establece en esta Especificación, y que sean representativas del material, carrete o rollo del cual provienen, las cuales serán proporcionadas por el Contratista o retiradas por Fiscalización, sin que se pueda reclamar costo alguno por estas muestras o las labores para su obtención. El Contratista también proporcionará dos muestras de cada tipo de dispositivos de anclaje por emplearse.

Se presentará para cada material el Certificado del Fabricante, que garantiza los valores de la resistencia última a la tensión, de la muestra suministrada.

En caso de discrepancia entre los resultados de los ensayos realizados por el Fiscalizador y los valores que constan en los Certificados de cumplimiento, se tomará un nuevo juego de muestras del material, cuyos resultados definirán la aceptación o rechazo del lote correspondiente.

## **808-2. Alambres para Precompresión.**

### **808-2.01. Descripción.-**

**808.a Acero para precompresión.-** Se aplicarán las siguientes recomendaciones para acero de preesfuerzo, indicados a continuación:

Cables de acero conformado de 7 alambres, se regirá por el ASTM A 416 y las especificaciones del Departamento de Materiales D – 9 – 4500.

Todas las barras se regirá por el ASTM A 722 y los alambres de acero deberán regirse por el ASTM A 421 .

Se distinguen dos Tipos de alambre para precompresión, según sean usados en aplicaciones en las cuales se requiera o no de deformación en frío para el anclaje: el de Tipo botón o BA y el de Tipo cuña o WA, respectivamente.

**808-2.02. Requisitos.-** El diámetro del alambre no diferirá del valor nominal en más de 0.05 mm.

Los requisitos físicos y resistentes, para los diámetros más usuales, se presentan en la Tabla 808-2.1.

**808-2.03. Ensayos y Tolerancias.-** El muestreo y los ensayos para control y aceptación del alambre de acero por emplearse en el preesfuerzo del hormigón, se harán de acuerdo a los procedimientos señalados en las Especificaciones AASHTO: M-204 Y T-244, y se retirará para este propósito una muestra de 2.00 metros de longitud, de cada lote, carrete o rollo.

## **808-3. Cable de Acero.**

**808-3.01. Descripción.-** El cable de acero empleado en la precompresión del hormigón está formado por varios cordones, generalmente de 7 alambres, enrollados helicoidalmente alrededor de un núcleo central. El cable será construido con acero de alta resistencia, y cumplirá los requisitos establecidos en la Especificación AASHTO M-203.

Se distinguen dos Tipos de cable para este propósito, los cuales se denominan Grado 250 y Grado 270, respectivamente.

Tabla 808-2.1.

**REQUISITOS DE ALAMBRES PARA PRECOMPRESION**

Propiedad	Unidad	Diámetro en Milímetros. (Pulg.)			
		4.88 mm (0.192")	4.98 mm (0.196")	6.35 mm (0.250")	7.01 mm (0.276")
Resistencia a la Tensión:					
Tipo BA	N/mm <sup>2</sup>	*	1653.5	1653.5	1619.0
Tipo WA	N/mm <sup>2</sup>	1722.4	1722.4	1653.5	1619.0
Esfuerzo al 1% de extensión:					
Tipo BA	N/mm <sup>2</sup>	*	1405.4	1405.4	1376.2
Tipo WA	N/mm <sup>2</sup>	1464.0	1464.0	1405.4	1376.2
Elongación Total		4% min	4% min	4% min	4% min

?? - No se fabrica este Tipo de alambre en 4.88 mm.

**808-3.02. Requisitos.-** El diámetro del Cable Grado 250 no podrá variar en más o en menos de 0.40 mm., con respecto al diámetro nominal. Para el cable Grado 270, la variación permisible será de 0.65 mm. en exceso, o de 0.15 mm. en defecto.

Los requisitos de resistencia establecidos para este material son los señalados en la Tabla 808-3.1., sin perjuicio de lo indicado en el numeral anterior.

**808-3.03. Ensayos y Tolerancias.-** Las muestras para control y aceptación del cable de acero por emplearse en el preesfuerzo del hormigón, se tomarán por cada 20 toneladas o fracción de cada tipo o diámetro de cable a emplearse en obra, retirando un trozo de longitud adecuada del extremo de cada rollo. Si la muestra presentare juntas o empalmes, se desechará y se tomará una nueva muestra.

Los ensayos de control se ejecutarán de acuerdo a los procedimientos establecidos en las Especificaciones AASHTO: M-204 y T-244.

Tabla 808-3.1.

## REQUISITOS DE CABLES PARA PRECOMPRESION

PROPIEDAD	Unidad	Diámetro nominal en Milímetros (Pulg.)					
		6.3 (1/4)	8.0 (5/16)	9.5 (3/8)	11.1 (7/16)	12.7 (1/2)	15.2 (6/10)
Area Nominal	mm <sup>2</sup>	23.22	37.42	51.61	69.68	92.90	139.35
Peso Nominal	Kg/m	0.18	0.29	0.40	0.55	0.73	1.10
Resis a la Rotura	N/mm <sup>2</sup>	40.000	64.500	89.000	120.000	160.00	240.000
Cargas de fluencia	N/mm <sup>2</sup>						
Cable Grado 250: inicial		4.000	6.450	8.900	12.000	16.000	24.000
mínima 1% elong.		34.000	54.700	75.600	102.000	136.000	204.000
Cable Grado 270: inicial				10.200	13.800	18.400	26.000
mínima 1% elong.				86.900	117.000	156.000	220.000

La elongación total del cable, al momento de la rotura, no será menor al 3.5% de la longitud de la probeta. Si la rotura se produce fuera de los apoyos del extensómetro, o en las muelas de la máquina de tensión, pero se cumple lo indicado, se considerará satisfactorio el ensayo.

### 808-4. Barras de Acero.

**808-4.01. Descripción.-** Las barras de acero empleadas en la precompresión del hormigón serán construidas con aleaciones de alta resistencia, y cumplirán lo indicado en la Especificación AASHTO M-275.

Se definen dos Tipos de barras, según carezcan o presenten resaltes en su superficie, y se identifican como Tipo I y Tipo II respectivamente.

**808-4.02. Requisitos.-** La resistencia última a la rotura de las barras no será menor a 1 000 N/mm<sup>2</sup> (10 000 kg/cm<sup>2</sup>). La resistencia a la fluencia no será menor al 85 y 80% del valor mínimo medido para la rotura, para barras Tipo I y II respectivamente.

El diámetro de las barras Tipo I, no podrá presentar variaciones de más de 0.80 mm. en exceso o 0.25 mm. en defecto, respecto al diámetro nominal correspondiente.

**808-4.03. Ensayos y Tolerancias.-** Las muestras para control y aceptación de las barras de acero a emplearse en el preesfuerzo del hormigón, se tomarán por cada 20 Toneladas o fracción de cada tipo o diámetro a emplearse en obra, cortando un trozo de longitud adecuada de una barra seleccionada al azar.

Los ensayos de control se ejecutarán de acuerdo a los procedimientos establecidos en las Especificaciones AASHTO M-275 y T-244.

#### **808-5. Dispositivos y aparatos para anclaje.**

**808-5.01. Requisitos.-** Los dispositivos y aparatos para anclaje y demás accesorios tales como placas de acero, separadores y acoples serán de las características que se señale en los correspondientes planos estructurales y en el respectivo rubro del contrato.

Todo acero empleado en el preesfuerzo será asegurado en sus extremos mediante dispositivos de anclaje permanente, los que deberán ser capaces de soportar el 95% de la resistencia mínima de tensión garantizada para el acero de precompresión.

La carga de los anclajes será distribuida al hormigón, de tal manera que se cumplan los siguientes requisitos:

- a) El esfuerzo final a la compresión que soportará el hormigón, inmediatamente por debajo de la armadura o placa de anclaje, no será mayor de  $210 \text{ kg/cm}^2$ .
- b) El esfuerzo a la flexión en la armadura o placa de anclaje, debido a la acción del preesfuerzo, no excederá el valor de fluencia del material ni causará una distorsión apreciable en la placa de anclaje, cuando se aplique una carga igual al 95% de la última resistencia a la tensión.
- c) Los dispositivos de anclaje y demás accesorios se fabricarán con acero inoxidable o, en su defecto, deben ser galvanizados, y antes de su empleo, se deberá presentar la certificación y garantía del fabricante. Las piezas tendrán una tolerancia tal que todas ellas sean intercambiables.

**808-5.02. Ductos.-** Los ductos por emplearse en una obra específica para alojar cables con o sin adherencia y los requisitos que deben exigirse para su construcción, deberán constar en las Especificaciones Particulares de esa obra; así como también las características y dosificaciones de las lechadas de inyección, cuando éstas sean requeridas.

Los planos estructurales indicarán los materiales, espesores y detalles constructivos de todos los ductos previstos en la obra.



## SECCION 809. MORTEROS

### 809-1. GENERALIDADES

**809-1.01. Objetivos.-** La presente especificación tiene por objeto la determinación de los requisitos que debe cumplir el mortero de cemento Portland en las obras viales.

**809-1.02. Alcance y Limitaciones.-** Esta especificación no es aplicable al mortero requerido en la construcción de edificaciones, enlucidos, etc., lo cual, si se requiere, deberá constar en las Especificaciones Particulares.

**809-1.03. Definiciones Específicas.-** No se necesita de definiciones particulares, salvo las ya señaladas en el Capítulo 100 de estas Especificaciones.

**809-1.04. Tipos de Morteros y Dosificaciones.-** De acuerdo al propósito, el mortero se clasifica en los siguientes tipos, indicados en la Tabla 809-1.1.

**Tabla 809-1.1.**

Tipo	Uso	Cemento	Arena	Resistencia
A	Mampostería Soportante, Revoques, etc.	1	4	100 Kg/cm <sup>2</sup>
B	Mampostería no soportante	1	6	25 Kg/cm <sup>2</sup>
C	Juntas de Tubería	1	2	

En la tabla anterior, la resistencia se refiere a la de un cubo de mortero de 2" de arista, probado a los 28 días, moldeado de acuerdo a lo dispuesto en la Norma ASSHTO T-106

El Fiscalizador podrá ordenar la adición de cal hidratada al mortero, lo cual constará en la respectiva orden de cambio, al igual que la dosificación exigida.

**809-1.05. Cementantes.-** El cemento para morteros cumplirá lo establecido en la Sección 802 de estas Especificaciones.

La cal hidratada, si se solicita, cumplirá lo indicado en la Norma ASTM C-207 para cales Tipo "N", y lo aplicable de la subsección 815-2.02 de estas Especificaciones.

### 809-2. Agregado para mortero.

**809-2.01. Descripción.-** El agregado por usarse en la fabricación del mortero será arena limpia, de preferencia procedente de depósitos naturales, libre de arcilla u otro material

friable, materia orgánica y cualquier otro material inadecuado o perjudicial.

El agregado puede también provenir de trituración de tamaños mayores, o emplearse mezclas de arena natural y material triturado, siempre y cuando se cumplan los requisitos aquí establecidos.

No se deben emplear agregados gruesos en la fabricación de morteros, y debe rechazarse todo material que no cumpla los requisitos de granulometría establecidos en esta Especificación, salvo que se tenga obras masivas, con juntas de espesores mayores a 15 mm., en cuyo caso, es deseable emplear agregados con mayor cantidad de material comprendido entre los tamices N°. 4 y 16.

**809-2.02. Requisitos.-** Los agregados deberán cumplir lo establecido en la Norma AASHTO M-45, y lo que sea aplicable de la subsección 803-3 de estas Especificaciones.

Las propiedades del agregado fino deberán determinarse en ensayos de laboratorio, y se verificará la resistencia de la pasta obtenida, antes de autorizar su empleo en obra; se modificará inclusive la dosificación establecida en esta Especificación.

Si el depósito fuere irregular, o se emplearen agregados de diferentes procedencias, se rechazarán los materiales que presenten variaciones mayores al 20% de los valores empleados para el proporcionamiento, salvo que los ensayos de laboratorio indiquen que con el material se obtendrán resultados adecuados, o se hayan realizado correcciones a la dosificación empleada.

**809-2.03. Ensayos y Tolerancias.-** El agregado empleado en la construcción del mortero tendrá una densidad mayor o igual a  $2.4 \text{ gr/cm}^3$  y no presentará una pérdida de peso mayor al 10% en el ensayo de durabilidad, Norma INEN 863, luego de 5 ciclos de inmersión y lavado con sulfato de sodio.

El material no presentará un porcentaje de terrones de arcilla o partículas friables mayor al 1%, determinado en el ensayo correspondiente, según el método establecido en la Norma AASHTO T-112. Tampoco podrá contener partículas livianas, con densidades menores que  $2.0 \text{ gr/cm}^3$ , según el procedimiento regulado en la Norma AASHTO T-113.

El agregado para morteros deberá tener una gradación tal que cumpla lo señalado en la Tabla 809-2.1.

### Tabla 809-2.1.

TAMIZ	ABERTURA	% QUE PASA
N° 4	4.750 mm.	100
N° 8	2.360 mm.	95 a 100
N° 100	0.150 mm.	0 a 25
N° 200	0.075 mm.	0 a 10

El módulo de finura del agregado fino estará comprendido entre 1.6 a 2.5, y la relación agua cemento establecida de acuerdo al procedimiento determinado en la sección 20 de la Norma AASHTO M-150, no será mayor a 0.65.

El agregado no presentará materia orgánica y se rechazará cualquier material que en el ensayo de impurezas, Norma ASSHTO T-21, dé como resultado un color más oscuro que el estándar establecido en dicha norma, salvo que se pruebe satisfactoriamente que esa coloración proviene de carbón mineral, lignito o partículas discretas similares.

En caso de duda, se verificará la calidad de la arena empleando el método establecido para el ensayo: Efecto de Impurezas Orgánicas en la Resistencia, Norma AASHTO T-71, y se rechazará todo material que en dicho ensayo presente resistencias menores al 95%.

**809-2.04. Agua para Mortero.-** El agua empleada en la fabricación de morteros deberá cumplir lo establecido en la Sección 804 de estas Especificaciones.

## SECCION 810. ASFALTOS Y PRODUCTOS ASFALTICOS

### 810-1. Generalidades.

**810-1.01. Objetivos.-** La presente especificación tiene por objeto determinar los requisitos que deben cumplir los asfaltos y productos asfálticos aplicables a trabajos de pavimentación.

**810-1.02. Alcance y Limitaciones.-** Esta especificación se aplica únicamente a productos de asfalto y asfaltos obtenidos por destilación del petróleo. No cubre los requisitos de los materiales asfálticos para impermeabilización u otros usos diferentes a los empleados en obras viales.

Tampoco se aplica a asfaltos naturales, los cuales, para su empleo, deberán cumplir lo establecido en las Especificaciones Particulares.

**810-1.03. Definiciones Específicas.-** Asfalto: Material aglomerante de color entre negro a pardo oscuro, cuyos constituyentes predominantes son betunes que se encuentran en la naturaleza o son obtenidos por destilación del petróleo.

Cemento asfáltico: Asfalto con o sin fluidificantes, de consistencia y calidad apropiada para uso directo en la fabricación de pavimentos flexibles.

Asfaltos diluidos: Asfaltos mezclados con destilados de petróleo, para obtener propiedades específicas.

Emulsiones asfálticas: Material bituminoso mezclado uniformemente con agua y un agente emulsificante.

Emulsiones de alta flotación (high float): emulsión asfáltica especial, en la cual se ha modificado su componente asfáltico base.

Emulsificante: Componente de las emulsiones asfálticas cuyas moléculas envuelven por completo a las partículas de asfalto.

Rotura de una emulsión asfáltica: Separación de las dos fases de la misma.

### 810-2. Cementos Asfálticos.

**810-2.01. Descripción.-** Los cementos asfálticos son residuos de la destilación del petróleo y se caracterizan por permanecer en estado semisólido a la temperatura del ambiente.

Los cementos asfálticos mezclados con agregados forman el hormigón asfáltico, empleado en pavimentos, en las capas de rodadura o base.

**810.2.02 Requisitos -** El cemento asfáltico que deberá emplearse será de penetración 60 - 70 u 85 – 100. Los mismos deberán cumplir los requisitos que se presentan en la tabla

## 810.2.1.

No se recomienda la utilización de estos cementos asfálticos para riegos.

**TABLA 810.2.1.**

<b>ENSAYOS</b>	<b>60-70</b>		<b>85-100</b>	
<b>Betún original</b>	mínimo	máximo	mínimo	máximo
Penetración (25 °C, 100 gr, 5 s), mm/10.	60	70	85	100
Punto de ablandamiento A y B, °C.	48	57	45	53
Índice de penetración (*).	-1,5	+1,5	-1,5	+1,5
Ductilidad (25 °C, 5 cm/minuto), cm.	100	---	100	---
Contenido de agua (en volumen), % .	---	0,2	---	0,2
Solubilidad en Tricloroetileno, %.	99	---	99	---
Punto de inflamación, Copa Cleveland, °C.	232	---	232	---
Densidad relativa, 25 °C/ 25 °C	1,00	---	1,00	---
Ensayo de la mancha (**)	NEGATIVO		NEGATIVO	
Contenido de parafinas, %.	---	2.2	---	2.2
<b>Ensayos al residuo del TFOT:</b>				
Variación de masa, %.	---	0,8	---	1,0
Penetración, % de penetración original.	54	---	50	---
Ductilidad , cm	50	---	75	---
Resistencia al endurecimiento (***)).	---	5,0	---	5,0
<b>TFOT</b> (Thin Film Oven Test )-	Ensayo en horno sobre película delgada.			
<b>NOTAS:</b>				

(\*) El índice de penetración (IP) se determina a partir del valor de la penetración en mm/10, a 25 °C, 100 gramos y 5 segundos (Pen) y del punto de ablandamiento, °C, por el método de anillo y bola (Tab) , según las expresiones siguientes:

$$A = 50. \left[ \frac{\log 800 - \log \text{Pen}}{\text{Tab} - 25} \right]$$

$$\text{IP} = \frac{20 - 10.A}{A + 1}$$

(\*\*) Deberá indicarse el tipo de solvente. Si se usan solventes con xileno debe especificarse el porcentaje a emplear.

(\*\*\*) La resistencia al endurecimiento es la relación entre la viscosidad absoluta a 60 °C

después del ensayo TFOT y dicha viscosidad a 60 °C en el betún original (antes de la prueba).

**810-2.03. Ensayos y Tolerancias.-** El muestreo y los ensayos necesarios que se efectúen para comprobar las propiedades de los cementos asfálticos, deben seguir los procedimientos estipulados en las Normas INEN, y de no haberlas, se deberá optar por lo indicado en las Normas AASHTO que correspondan. La Tabla 810-2.2., detalla las normas existentes, para cada caso.

Los Asfaltos también serán aceptados, cuando cumplan con con las especificaciones del programa SHRP ( Strategic Highway Research Program ), en el grado de PG64-10, (Cuadro MPI-93). Para ciertos proyectos especiales podrá requerirse el grado PG58-16 o el PG70-10.

**810.2.04. Procedimiento para la aceptación para cementos asfálticos.-** El manejo de los asfaltos con el rigor necesario está supeditado al buen conocimiento de sus requisitos de calidad por parte de las partes involucradas en el proceso, es decir, el productor, el comercializador, el transportista, el contratista y el fiscalizador. Las exigencias de calidad se establecen en la tabla 810-2.1.

Dado que existen diferentes niveles de complejidad en los ensayos que se necesitan para evaluar las propiedades requeridas, así como de prioridades para clasificar y estimar el comportamiento del asfalto, se establecen dos categorías de control:

**Categoría 1.** Comprende el chequeo *sobre el betún original* de:

- ~~///~~ Penetración
- ~~///~~ Punto de ablandamiento
- ~~///~~ Índice de penetración
- ~~///~~ Punto de inflamación
- ~~///~~ Densidad relativa

**Categoría 2.** Comprende el control *sobre el betún original* de:

- ~~///~~ Ductilidad
- ~~///~~ Contenido de agua
- ~~///~~ Solubilidad
- ~~///~~ Ensayo de la mancha
- ~~///~~ Contenido de parafinas
- ~~///~~ y todos los ensayos previstos *sobre el residuo del TFOT*.

En el contrato para la venta del producto, el proveedor se deberá comprometer a cumplir los parámetros de calidad exigidos en las Categorías 1 y 2, con las implicaciones legales que esto conlleva.

**ESPECIFICACIONES AASHTO MPI-93 PARA CEMENTOS ASFALTICOS**

GRADO DE COMPORTAMIENTO	PG 46-			PG 52-						PG 58-					PG 64-					PG 70-					PG 76-					PG 82-							
	-34	-40	-46	-10	-16	-22	-28	-34	-40	-46	-16	-22	-28	-34	-40	-10	-16	-22	-28	-34	-40	-10	-16	-22	-28	-34	-40	-10	-16	-22	-28	-34	-10	-16	-22	-28	-34
Temperatura de diseño máxima en el pavimento, promedio 7 días, °C <sup>a</sup>	< 46			< 52						< 58					< 64					< 70					< 76					< 82							
Temperatura mínima de diseño del pavimento, °C <sup>a</sup>	>34	>40	>46	>10	>16	>22	>28	>34	>40	>46	>16	>22	>28	>34	>40	>10	>16	>22	>28	>34	>40	>10	>16	>22	>28	>34	>40	>10	>16	>22	>28	>34	>10	>16	>22	>28	>34
ASFALTO ORIGINAL																																					
Punto de inflamación, T48: mínima, °C	230																																				
Viscosidad, ASTM D 4402: <sup>b</sup> Máx: 3 Pa.s, Temperatura ensayo, °C	135																																				
Ensayo de corte dinámico <sup>a</sup> TPS: G°/sen ?, mínimo, 1.00 kpa, Temperatura de ensayo @10 rad/s, °C	46			52						58					64					70					76					82							
ENSAYO SOBRE EL RESIDUO DEL RTOF ( T 240 )																																					
Pérdida de masa, máxima, %	1.00																																				
Ensayo de corte dinámico TPS <sup>a</sup> : G°/sen ?, mínimo, 2.20 kpa, Temperatura de ensayo @ 10 rad/s, °C.	46			52						58					64					70					76					82							
ENSAYO SOBRE EL RESIDUO DE ENVEJECIMIENTO A PRESION																																					
Temperatura de envejecimiento PAV, °C.	90			90						100					100					100 (110)					100 (110)					100 (110)							
Ensayo de corte dinámico TPS <sup>a</sup> (G°) sen ?. Máx. 5.000 kpa, Temperatura de ensayo @ 10 rad/s, °C.	10	7	4	25	22	19	16	13	10	7	25	22	19	16	13	31	28	25	22	19	16	34	31	28	25	22	19	27	34	31	28	25	40	37	34	31	28

Envejecimiento físico <sup>a</sup>	REPORTAR																															
Módulo de rigidez, TPI <sup>c</sup> : S, Máximo, 3.00 Mpa, Temp. de ensayo @ 60 seg, °C.	-24	-30	-36	0	-6	-12	-18	-24	-30	-36	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24
Tracción directa, TP3 <sup>c</sup> : Alargamiento a rotura, mínimo, 1.0 %. Temperatura de ensayo @ 1.0 mm/min, °C	-24	-30	-36	0	-6	-12	-18	-24	-30	-36	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24

**Notas:**

- a. La temperatura del pavimento puede estimarse apartir de la temperatura del aire utilizando un algoritmo del software de Superpave o podría ser prevista por la agencia.
- b. Este requerimiento puede obviarse al criterio de la agencia si el proveedor garantiza que el ligante asfáltico puede ser adecuadamente bombeado y mezclado a temperaturas que cumplan con las normas de seguridad.
- c. S es el módulo en creep para 60 seg. de tiempo de carga y m es la pendiente de la curva log. del módulo en creep versus log. del tiempo para dicho tiempo de carga.



Tabla 810.2.

## NORMAS VIGENTES DE ENSAYOS EN PRODUCTOS ASFALTICOS

ENSAYO	NORMA		SECCION
	INEN	AASHTO	
<b>1) CEMENTOS Y SIMILARES</b>			
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO	915	T 44	
DUCTILIDAD	916	T 51	
PENETRACIÓN	917	T 49	
FLOTACIÓN	919	T 102	
DESTILACION	921	T 78	
MUESTREO	922	T 40	
CONTENIDO DE AGUA		T 55	
PUNTO DE INFLAMACION		T 79	
VISCOSIDAD SAYBOLD-FUROL		T 72	
PERDIDA POR CALENTAMIENTO		T 179	
VISCOSIDAD CINEMATICA		T 201	
VISCOSIDAD ABSOLUTA		T 202	
PRUEBA DE LA MANCHA		T102	
PUNTO DE ABLANDAMIENTO		T53	
DENSIDAD		T228	
ENSAYO TFOT		T179	
ENSAYO RTFOT		T240	
CONTENIDO DE PARAFINA		UOP 46(*)	
<b>2) EMULSIONES ASFALTICAS</b>			
RESIDUO POR DESTILACION	901	T 59	.8 a 10
CUBRIMIENTO Y RESIST. AL AGUA	903	T 59	46 a 51
MEZCLA CON CEMENTO	904	T 59	33 a 37
RESIDUO POR EVAPORACION	905	T 59	14 a 18
ENSAYO DEL TAMIZ	906	T 59	38 a 41
REVESTIMIENTO	907	T 59	42 a 43
CARGA DE LA PARTICULA	908	T 59	19 a 21
ESTABILIDAD AL ALMACENAMIENTO	909	T 59	52 a 58
SEDIMENTACIÓN	910	T 59	29 a 32
MISIBILIDAD CON AGUA	912	T 59	44
MICRODESTILACION	913	T 59	.11 a 13
CONTENIDO DE AGUA		T 59	.3 a 7
VISCOSIDAD DE EMULSIONES		T 59	22 a 24
DEMULSIBILIDAD		T 59	25 a 28
CONGELAMIENTO		T 59	45
DENSIDAD		T 59	76 a 81

(\*) No se corresponde con Normas AASHTO;  
Se podrá determinar también con la aplicación de normas  
DIN 12606-1 2000 o la NLT 345-89.

El proveedor del cemento asfáltico deberá ensayar cada tanquero con el material destinado a proyectos carreteros, suministrando en cada envío dos copias del boleto de entrega, una para el Contratista y otra para el Fiscalizador. El boleto de entrega deberá contener la información siguiente:

*Fecha*

*Comprador*

*Nombre y Número del Proyecto de Destino*

*Galones (litros) netos*

*Peso neto*

*Número de Identificación (Camión, tanque, placa, etc.)*

*Temperatura de carga*

*Resultados de los ensayos correspondientes a la Categoría 1.*

El Contratista, al recibir el producto de cada tanquero, deberá ensayarlo al nivel establecido en la Categoría 1 para comprobar el cumplimiento de las especificaciones. Este trabajo deberá ser supervisado por la Fiscalización y sus resultados plasmados en el Libro de Obra. En el caso de que no se cumplan las mismas, el cemento asfáltico será devuelto al proveedor y este será responsable por los gastos incurridos en el transporte. Este aspecto deberá plasmarse en el contrato de venta.

La entidad contratante está obligada a seleccionar y calificar algún laboratorio que permita al Contratista evaluar la calidad de los asfaltos en las Categorías 1 y 2. El Contratista realizará semanalmente, bajo la supervisión del Fiscalizador, un muestreo del cemento asfáltico entregado por el proveedor el cual será remitido a dicho laboratorio para la evaluación antes mencionada. En caso de existir incumplimientos en los requerimientos de calidad y una vez verificado su nivel de incidencia en las obras en cuestión, los contratistas serán responsables de los efectos negativos en la calidad de la obra y estarán sujetos a las multas y penalidades establecidas por el contrato.

### **810-3. Asfaltos Diluidos.**

**810-3.01. Descripción.-** Son asfaltos diluidos aquellos de consistencia suave o fluida, que excede el límite de medida permitido por el ensayo normal de penetración INEN 917, que es de 300.

Los asfaltos diluidos se clasifican, de acuerdo al grado de volatilidad del diluyente, en asfaltos diluidos de curado rápido, medio y lento. Se los designa por las siglas RC, MC y SC, respectivamente, seguidas de un número que se refiere a la viscosidad del producto.

**810-3.02. Requisitos.-** Los asfaltos diluidos deben cumplir con los requisitos establecidos en las Normas AASHTO M 81 y M 82, y ASTM D 2026, para productos de curado rápido, medio y lento, respectivamente, cuyos principales requerimientos se presentan en las Tablas 810-3.1.,810-3.2 y 810-3.3. Los asfaltos diluidos deben presentar un aspecto homogéneo y estar

exentos de agua, de modo que no formen espuma cuando se los caliente a la temperatura de empleo.

**Tabla 810 - 3.1.**  
**ESPECIFICACIONES DE ASFALTOS DILUIDOS - CURADO RAPIDO**

PROPIEDAD	TIPO DE CEMENTO							
	RC - 70		RC- 250		RC- 800		RC- 3000	
	mín.	MAX.	mín.	MAX.	mín.	MAX.	mín.	MAX.
VISCOSIDAD CINEMATICA, a 60 °C, centistokes SAYBOLD - FUROL, s temp. de ensayo	70	140	250	500	800	1600	3000	6000
PUNTO DE INFLAMACION Vaso abierto, °C	--	--	27	--	27	--	27	--
AGUA, % DESTILACION, % en volumen total destilado a 360 °C	--	0,2	--	0,2	--	0,2	--	0,2
a 190 °C a 225 °C a 260 °C a 315 °C	10	--	--	--	--	--	--	--
a 190 °C a 225 °C a 260 °C a 315 °C	50	--	35	--	15	--	--	--
a 190 °C a 225 °C a 260 °C a 315 °C	70	--	60	--	45	--	25	--
a 190 °C a 225 °C a 260 °C a 315 °C	85	--	80	--	75	--	70	--
RESIDUO POR DESTILACION a 360 °C	55	--	65	--	75	--	80	--
ENSAYOS EN EL RESIDUO: VISCOSIDAD ABSOLUTA a 60 °C, poises PENETRACION, a 25 °C, 100 gr, 5 s. DUCTILIDAD, a 25 °C, 5 cm/mm, cm. SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO %	600	2400	600	2400	600	2400	600	2400
VISCOSIDAD ABSOLUTA a 60 °C, poises PENETRACION, a 25 °C, 100 gr, 5 s. DUCTILIDAD, a 25 °C, 5 cm/mm, cm. SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO %	80	120	80	120	80	120	80	120
VISCOSIDAD ABSOLUTA a 60 °C, poises PENETRACION, a 25 °C, 100 gr, 5 s. DUCTILIDAD, a 25 °C, 5 cm/mm, cm. SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO %	100	--	100	--	100	--	100	--
VISCOSIDAD ABSOLUTA a 60 °C, poises PENETRACION, a 25 °C, 100 gr, 5 s. DUCTILIDAD, a 25 °C, 5 cm/mm, cm. SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO %	99	--	99	--	99	--	99	--
TEMPERATURA DE EMPLEO: ROCIADO, °C DE CARGA, °C	27	66	60	107	79	124	102	143
ROCIADO, °C DE CARGA, °C		91		118		135		154

Tabla 810 - 3.2.

## ESPECIFICACIONES DE ASFALTOS DILUIDOS - CURADO MEDIO

PROPIEDAD	TIPO DE CEMENTO									
	MC - 30		MC - 70		MC - 250		MC - 800		MC - 3000	
	mín.	MAX.	mín.	MAX.	mín.	MAX.	mín.	MAX.	mín.	MAX.
VISCOSIDAD										
CINEMATICA, a 60 °C, centistokes	30	60	70	140	250	500	800	1600	3000	6000
SAYBOLD - FUROL, s	70	150	60	120	125	250	100	200	300	600
temp. de ensayo	25	idem	50	IDEM	60	idem	82,2	idem	82,2	Idem
PUNTO DE INFLAMACION										
Vaso abierto, °C	38	--	38	--	66	--	66	--	66	--
AGUA, %	--	0,2	--	0,2	--	0,2	--	0,2	--	0,2
DESTILACION, % en volumen total										
destilado a 360 °C										
a 225 °C	--	25	0	20	0	10	--	--	--	--
a 260 °C	40	70	20	60	15	55	0	35	0	15
a 315 °C	75	93	65	90	60	87	45	80	15	75
RESIDUO POR DESTILACION a 360 °C	50	--	55	--	67	--	75	--	80	--
ENSAYOS EN EL RESIDUO:										
VISCOSIDAD ABSOLUTA a 60 °C, poises	300	1200	300	1200	300	1200	300	1200	300	1200
PENETRACION, a 25 °C, 100 gr, 5 s.	80	120	80	120	80	120	80	120	80	120
DUCTILIDAD, a 25 °C, 5 cm/mm, cm.	100	--	100	--	100	--	100	--	100	--
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO %	99	--	99	--	99	--	99	--	99	--
TEMPERATURA DE EMPLEO:										
MEZCLADO CON AGREG.	--	--	32	68	52	93	71	107	93	127
ROCIADO, °C	--	--	41	79	60	107	79	124	102	143
DE CARGA, °C	--	--		91		118		135		154

Tabla 810 - 3.3.

## ESPECIFICACIONES DE ASFALTOS DILUIDOS - CURADO LENTO

PROPIEDAD	TIPO DE CEMENTO							
	SC - 70		SC - 250		SC - 800		SC - 3000	
	mín.	MAX.	mín.	MAX.	mín.	MAX.	mín.	MAX.
VISCOSIDAD CINEMATICA, a 60 °C, centistokes	70	140	250	500	800	1600	3000	6000
PUNTO DE INFLAMACION, Cleveland, °C	66	--	79	--	93	--	107	--
DESTILACION a 360 °C, total	10	30	4	20	2	12	--	5
AGUA, %	--	0,5	--	0,5	--	0,5	--	0,5
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO %	99	--	99	--	99	--	99	--
ENSAYOS EN EL RESIDUO: VISCOSIDAD CINEMATICA a 60 °C, poises	4	70	8	100	20	160	40	350
TEMPERATURA DE EMPLEO: MEZCLA CON AGREG. ROCIADO, °C DE CARGA, °C	32 41	68 79	52 60	93 107	71 79	107 124	93 102	127 143
		91		118		135		154

La temperatura de aplicación para cada tipo será la establecida en las Tablas 810-3.1.,810-3.2 y 810-3.3., salvo que en los documentos contractuales se haya dispuesto otra cosa. No se permitirá la mezcla en planta de asfaltos de curado rápido con agregados que hayan sido calentados previamente, por la alta volatilidad del diluyente.

En ningún caso se permitirá que la temperatura del asfalto diluido, durante el transporte o la carga, exceda la señalada en el último renglón de las Tablas 810-3.1.,810-3.2 y 810-3.3., salvo que haya disposición expresa y por escrito del Fiscalizador.

El asfalto diluido será calentado de tal manera que no haya contacto con el vapor o agente empleado para el proceso. El Contratista suministrará permanentemente termómetros de precisión adecuada, en grados centígrados, para el control de la temperatura de aplicación del asfalto diluido.

**810-3.03. Ensayos y Tolerancias.-** Los ensayos para comprobar los requerimientos de los asfaltos diluidos, serán realizados en el Laboratorio Central del Ministerio de Obras Públicas, o en otro laboratorio particular autorizado por el Fiscalizador.

El muestreo y los ensayos correspondientes deben seguir los procedimientos indicados por las normas INEN, y de no haberlos se deberá optar por las correspondientes Normas AASHTO, cuyo detalle se indica en la Tabla 810-2.2.

#### **810-4. Emulsiones Asfálticas,**

**810-4.01. Descripción.-** Las emulsiones asfálticas, según su agente emulsificador, se dividen en tres tipos: aniónicas, catiónicas y no iónicas, según los glóbulos de asfalto presenten cargas eléctricas negativas, positivas o neutras. Generalmente, sólo los dos primeros tipos son los utilizados en la construcción y mantenimiento de carreteras.

Según sea la naturaleza y la granulometría de los agregados, el tipo de emulsión asfáltica y las condiciones ambientales, las emulsiones asfálticas pueden ser de rotura rápida, media y lenta; para su denominación se emplean las siglas RS, MS y SS, respectivamente, y es cada una de ellas para usos específicos. Las emulsiones catiónicas se diferencian anteponiendo a las siglas la letra C, por ejemplo, CRS-1. El prefijo HF se refiere a emulsiones aniónicas de alta flotación (high-float). Los números y las letras h o s que completan la designación se refieren a la dureza y viscosidad del asfalto base.

**810-4.02. Requisitos.-** Las emulsiones asfálticas deberán ser homogéneas y cumplir los requerimientos establecidos en las normas AASHTO M 140 y M 208, que se resumen en las Tablas 810-4.1, y 810-4.2.

Se evitará el empleo de depósitos que hayan contenido emulsiones catiónicas para almacenar emulsiones aniónicas y viceversa, a menos que se pruebe que, luego de un lavado adecuado, se hayan neutralizado las cargas eléctricas que pudieran quedar del producto almacenado anteriormente.

La temperatura de las emulsiones asfálticas en ningún caso superará los 85 ni será menor de 4.5 grados centígrados, ya sea durante el almacenamiento, transporte o aplicación.

Al calentarse las emulsiones asfálticas, éstas se agitarán para prevenir un sobrecalentamiento localizado.

Las temperaturas de almacenamiento y de aplicación de las emulsiones asfálticas serán las establecidas en las Tablas 810-4.1, y 810-4.2., a menos que se disponga otra cosa en los documentos contractuales.

**810-4.03. Ensayos y Tolerancias.-** Los ensayos para comprobar los requerimientos de los asfaltos diluidos, serán realizados en el Laboratorio Central del Ministerio de Obras Públicas, o en otro laboratorio particular autorizado por el Fiscalizador.

El muestreo y los ensayos correspondientes deben seguir los procedimientos indicados por las normas INEN, y de no haberlos se deberá optar por las correspondientes Normas AASHTO, cuyo detalle se indica en la Tabla 810-2.2.

**810-5. Medición.-** Como se establece en estas especificaciones, todo asfalto o producto asfáltico debe cubicarse a 15.6 grados centígrados, para determinar el volumen a pagarse. Las mediciones que se efectúen a temperaturas diferentes a la anotada, deben corregirse mediante los factores que se presentan en la Tabla 810-5.1., para cuantificar el volumen a la temperatura establecida.



Tabla 810 - 4.1.

## ESPECIFICACIONES DE EMULSIONES ASFALTICAS ANIÓNICAS

PROPIEDADES	ROTURA RAPIDA				ROTURA MEDIA						ROTURA LENTA												
	RS - 1		RS - 2		MS - 1		MS - 2		MS - 2h		HFMS - 1		HFMS - 2		HFMS - 2h		HFMS - 2s		SS - 1		SS - 1h		
	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	Máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	
VISCOSIDAD:																							
FUROL, a 25 °C, s	20	100	--	--	20	100	100	--	100	--	20	100	100	--	100	--	50	--	20	100	20	100	
FUROL, a 50 °C, s	--	--	75	400	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
ESTABILIDAD AL ALMACENAJE 24 h, %	--	1	--	1	--	1	--	1	--	1	--	1	--	1	--	1	--	1	--	1	--	1	
DEMULSIFICACION: 35 ml,02N CaCl2,%	60	--	60	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
CUBRIMIENTO																							
agregado seco	--	--	--	--	bueno	--	bueno	--	bueno	--	bueno	--	bueno	--	bueno	--	bueno	--	--	--	--	--	
luego rociado	--	--	--	--	pobre	--	pobre	--	pobre	--	pobre	--	pobre	--	pobre	--	pobre	--	--	--	--	--	
agregado humedo	--	--	--	--	pobre	--	pobre	--	pobre	--	pobre	--	pobre	--	pobre	--	pobre	--	--	--	--	--	
solo rociado	--	--	--	--	pobre	--	pobre	--	pobre	--	pobre	--	pobre	--	pobre	--	pobre	--	--	--	--	--	
MEZCLA CON CEMENTO	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	2,0	--	2,0	
ENS. DEL TAMIZ	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--	0,1	
RESIDUO POR DESTILACION, %	55		63		55		65		65		55		65		65		65		57		57		
ENSAYOS EN EL RESIDUO:																							
PENETRACION, a 25 °C, 100 gr, 5 s.	100	200	100	200	100	200	100	200	40	90	100	200	100	200	40	90	200		100	200	40	90	
DUCTILIDAD, a 25 °C, 5 cm/m, cm.	40	--	40	--	40	--	40	--	40	--	40	--	40	--	40	--	40	--	40	--	40	--	
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO %	97,5	--	97,5	--	97,5	--	97,5	--	97,5	--	97,5	--	97,5	--	97,5	--	97,5	--	97,5	--	97,5	--	
ENSAYO DE FLOTACION a 60 °C, s	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1200	--	1200	--	1200	--	1200	--	--	--	--	--	
TEMPERATURA DE EMPLEO:																							
ALMACENAMIENTO	20	60	50	85	10	60	50	85	50	85	10	60	--	--	50	85	--	--	10	60	10	60	
MEZCLA EN PLANTA	--	--	--	--	10	70	10	70	10	70	10	70	10	70	10	70	--	--	10	70	10	70	
MEZCLA EN SITIO	--	--	--	--	20	70	20	70	20	70	20	70	20	70	20	70	--	--	20	70	20	70	
TRATAMIENTO SUPERFICIAL	20	60	50	85	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	

**Tabla 810-4.2.**  
**REQUISITOS DE EMULSIONES ASFALTICAS CATIONICAS.**

PROPIEDAD	ROTURA RAPIDA				ROTURA MEDIA				ROTURA LENTA			
	CRS-1		CRS-2		CMS-2		CMS-2h		CSS-1		CSS-1h	
	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx
<b>VISCOSIDAD:</b> FUROL,a 25 gC, s. FUROL,a 50 gC, s. ESTABILIDAD AL ALMACENAJE 24 h, % DEMULSIFICACION: 35 ml .8% sds, % <b>CUBRIMIENTO</b> agregado seco luego rociado agregado humedo luego rociado <b>CARGA DE PARTICULA</b> <b>MEZCLA CON CEMENTO</b> <b>ENS. DEL TAMIZ</b> <b>DESTILACION: ACEITE DESTILADO %</b> <b>RESIDUO, %</b>  <b>ENSAYOS EN EL RESIDUO:</b> PENETRACION, a 25 grados,100 gr, 5 s. DUCTILIDAD, a 25 grados, 5 cm/m, cm. SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO %  <b>TEMPERATURA DE EMPLEO:</b> ALMACENAMIENTO MEZCLA EN PLANTA MEZCLA EN SITIO TRATAMIENTO SUPERFICIAL	-	-	-	-	-	-	-	-	20	100	20	100
	20	100	100	400	50	450	50	450	-	-	-	-
	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1
	40	-	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	bueno		bueno		-	-	-	-
	-	-	-	-	pobre		pobre		-	-	-	-
	-	-	-	-	pobre		pobre		-	-	-	-
	-	-	-	-	pobre		pobre		-	-	-	-
	+		+		+		+		+		+	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0	-	2,0
	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1
	-	3	-	3	-	12	-	12				
	60	-	65	-	65	-	65	-	57	-	57	-
	100	250	100	250	100	250	40	90	100	250	40	90
	40	-	40	-	40	-	40	-	40	-	40	-
	97.5	-	97.5	-	97.5	-	97.5	-	97.5	-	97.5	-
	50	85	50	85	50	85	50	85	10	60	10	60
	-	-	-	-	10	70	10	70	10	70	10	70
	-	-	-	-	20	70	20	70	20	70	20	70
	50	85	50	85	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 810 -5.1

## FACTORES DE CORRECCION POR TEMPERATURA

Temperatura	Factor de Corrección			Temperatura	Factor de Corrección		
	K1	K2	K3		K1	K2	K3
0	1,0098	1,0112	--	135	0,9269	0,9175	--
5	1,0067	1,0076	--	140	0,9240	0,9142	--
10	1,0035	1,0040	1,0025	145	0,9210	0,9109	--
15	1,0003	1,0004	1,0003	150	0,9181	0,9076	--
20	0,9972	0,9968	0,9980	155	0,9151	0,9043	--
25	0,9941	0,9932	0,9958	160	0,9122	0,9010	--
30	0,9909	0,9897	0,9935	165	0,9092	0,8978	--
35	0,9878	0,9861	0,9913	170	0,9063	0,8945	--
40	0,9847	0,9826	0,9890	175	0,9034	0,8913	--
45	0,9816	0,9791	0,9868	180	0,9005	0,8881	--
50	0,9785	0,9756	0,9845	185	0,8976	0,8848	--
55	0,9754	0,9721	0,9823	190	0,8947	0,8816	--
60	0,9723	0,9686	0,9800	195	0,8918	0,8784	--
65	0,9693	0,9651	0,9778	200	0,8889	0,8753	--
70	0,9662	0,9616	0,9755	205	0,8861	0,8721	--
75	0,9631	0,9582	0,9733	210	0,8832	0,8689	--
80	0,9601	0,9547	0,9710	215	0,8803	0,8658	--
85	0,9570	0,9513	0,9688	220	0,8775	0,8626	--
90	0,9536	0,9478	--	225	0,8746	0,8595	--
95	0,9509	0,9444	--	230	0,8718	0,8564	--
100	0,9479	0,9410	--	235	0,8690	0,8533	--
105	0,9449	0,9376	--	240	0,8661	0,8502	--
110	0,9419	0,9343	--	245	0,8633	0,8471	--
115	0,9389	0,9309	--	250	0,8605	0,8440	--
120	0,9359	0,9275	--	255	0,8577	0,8410	--
125	0,9329	0,9242	--	260	0,8548	0,8379	--
130	0,9299	0,9208	--				

**Notas:**

La temperatura se expresa en grados centígrados

El factor K1 corresponde a productos con densidades mayores a 0,966 gr/cm<sup>3</sup>

El factor K2 corresponde a productos con densidades entre 0,860 y 0,966 gr/cm<sup>3</sup>

El factor K3 se aplica a emulsiones asfálticas.

## SECCION 811. AGREGADOS PARA HORMIGON ASFALTICO

### 811.1. Generalidades.

**811-1.01. Objetivos.-** Esta especificación tiene por objeto fijar las características que deben cumplir los agregados que se emplean en la construcción de hormigón asfáltico.

**811-1.02. Alcance y Limitaciones.-** Esta especificación no se aplica a ningún otro material pétreo que se requiera en las obras viales, y debe acudirse a las especificaciones correspondientes.

**811-1.03. Definiciones Específicas.-** Relleno mineral: Porción de material que pasa el tamiz INEN 75 micrones (Nº 200).

Densidad: Es la masa de la unidad de volumen de las partículas del árido a una temperatura especificada. El volumen no incluye los poros saturables de las partículas ni los huecos entre éstas.

Agregado fino: Porción de material que pasa el tamiz INEN 4.75 mm. (Nº 4) y es retenida en el tamiz INEN 75 micrones (Nº 200).

Agregado grueso: Agregado cuyas partículas son retenidas por el tamiz INEN 4.75 mm. (Nº 4).

### 811-2. Agregados para Mezcla en Planta.

**811-2.01. Descripción.-** Son agregados que se utilizan para la fabricación de hormigón asfáltico empleando una planta de asfaltos o equipo semejante para su mezcla con el asfalto.

**811-2.02. Requisitos.-** Los agregados estarán compuestos de partículas de piedra triturada, grava triturada, grava o piedra natural, arena, etc., de tal manera que cumplan los requisitos de graduación que se establecen en la Tabla 404-5.1 ó 405-5.1 de estas especificaciones según corresponda, y se clasifican en “A”, “B” y “C”, de acuerdo a lo establecido a continuación:

- a) Agregados tipo A: Son aquellos en los cuales todas las partículas que forman el agregado grueso se obtienen por trituración. El agregado fino puede ser arena natural o material triturado y, de requerirse, se puede añadir relleno mineral para cumplir las exigencias de graduación antes mencionadas. Este relleno mineral puede ser inclusive cemento Portland, si así se establece para la obra.
- b) Agregados tipo B: Son aquellos en los cuales por lo menos el 50% de las partículas que forman el agregado grueso se obtienen por trituración. El

agregado fino y el relleno mineral pueden ser triturados o provenientes de depósitos naturales, según la disponibilidad de dichos materiales en la zona del proyecto.

- c) Agregados tipo C: Los agregados tipo C para hormigón asfáltico son aquellos provenientes de depósitos naturales o de trituración, según las disponibilidades propias de la región, siempre que se haya verificado que la estabilidad, medida en el ensayo de Marshall, se encuentre dentro de los límites fijados en la Tabla 405-5.2 de estas especificaciones.

Los agregados serán fragmentos limpios, resistentes y duros, libres de materia vegetal y de exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables, así como de material mineral cubierto de arcilla u otro material inconveniente. Se utilizarán agregados completamente secos y de no poder cumplirse ésto, se instalarán dos secadores en serie, de tal forma que cuando se termine la operación de mezclado, la humedad de los agregados no exceda de 1%.

Además de los requisitos granulométricos y los referentes a su producción, que se indicaron anteriormente, los agregados deben cumplir con las siguientes exigencias:

Los agregados gruesos no deberán tener un desgaste mayor de 40% luego de 500 revoluciones de la máquina de Los Angeles, cuando sean ensayados a la abrasión, según la norma INEN 860.

La porción de los agregados que pasa el tamiz INEN 0.425 mm. (N° 40), deberá tener un índice de plasticidad menor a 4, según lo establecido en las Normas INEN 691 y 692.

El agregado no debe experimentar desintegración ni pérdida total mayor del 12%, cuando se lo someta a 5 ciclos de inmersión y lavado con sulfato de sodio, en la prueba de durabilidad, como lo dispone la Norma INEN 863, salvo que las especificaciones especiales indiquen otra cosa.

Los agregados serán de características tales que, al ser impregnados con material bituminoso, más de un 95% de este material bituminoso permanezca impregnando las partículas, después de realizado el ensayo de resistencia a la peladura, según la Norma AASHTO T 182.

El relleno mineral deberá cumplir con los requisitos especificados en la Norma AASHTO M 17.

### **811.2.02 Requisitos**

Los agregados gruesos retenidos en el tamiz INEN 4.75 mm. deben tener cierta angularidad. El 85% de agregado grueso deberá tener por lo menos una cara

fracturada y el 80% del agregado grueso deberá tener por lo menos dos caras fracturadas, según la Norma ASTM D5821.

La angularidad de los agregados finos es determinada como el porcentaje de vacíos de aire presente en los agregados pasantes el tamiz INEN 2.36 mm. El valor mínimo requerido es de 45% según la Norma ASTM C1252.

El equivalente de arena se realiza en los agregados pasantes el tamiz INEN 4.75 mm. Norma AASHTO T 176 ( ASTM D2419 ). Los valores mínimos recomendados son los siguientes:

	<b>Equivalente de Arena</b>	
	<b>Tráfico Liviano y Mediano</b>	<b>Tráfico Pesado</b>
Base	35	40
Capa de Rodadura	45	50

El máximo porcentaje en peso de partículas alargadas y achatadas retenidas en el tamiz INEN 4.75mm cuya relación entre las dimensiones máximas y mínimas mayor que 5, no deberá ser mayor de un 10% según la Norma ASTM D4791.

El máximo porcentaje de materiales deletéreos en los agregados es de 1% en peso según la Norma ASTM C142.

**811-2.03. Ensayos y Tolerancias.-** Los ensayos de control y verificación que se deben realizar para aceptar o rechazar un agregado, seguirán lo indicado en las normas mencionadas en los diferentes párrafos del numeral anterior. Las exigencias de graduación serán comprobadas mediante ensayos granulométricos, según lo establecido en las Normas INEN 696 y 697.

El peso específico de los agregados se determinará de acuerdo al método de ensayo INEN 856 y 857, según corresponda, y el peso unitario de los agregados se determinará de acuerdo a la Norma INEN 854.

### **811-3. Agregados para Mezcla en Sitio.**

**811-3.01. Descripción.-** Son agregados que se utilizan en la fabricación del hormigón asfáltico, cuando éste se lo construye en el lugar de trabajo, empleando equipo especial para mezcla en sitio.

**811-3.02. Requisitos.-** Los agregados para mezcla en sitio deben cumplir las mismas exigencias establecidas en la subsección 811-2., salvo la granulometría, que será la establecida para este tipo de trabajos en las Tablas 404-4.1 y 405-4.1

de estas especificaciones, según corresponda.

**Tabla 404-4.1**

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada		
	A	B	C
2" (50.8 mm.)	100	--	--
1 1/2" (38.1 mm.)	70 - 100	100	--
1" (25.4 mm.)	55 - 85	70 - 100	100
3/4" (19.0 mm.)	50 - 80	60 - 90	70 - 100
3/8" (9.5 mm.)	40 - 70	45 - 75	50 - 80
Nº 4 (4.75 mm.)	30 - 60	30 - 60	35 - 65
Nº 10 (2.00 mm.)	20 - 50	20 - 50	25 - 50
Nº 40 (0.425 mm.)	5 - 30	5 - 30	10 - 30
Nº 200 (0.075 mm.)	0 - 5	0 - 5	0 - 5

**Tabla 404-5.1.**

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través los tamices de malla cuadrada		
	A	B	C
2" (50.8 mm.)	100	--	--
1 1/2" (38.1 mm.)	90 - 100	100	--
1" (25.4 mm.)		90 - 100	100
3/4" (19.0 mm.)	56 - 80	--	90 - 100
1/2" (12.5 mm.)	--	56 - 80	--
3/8" (9.5 mm.)	--	--	56 - 80
Nº 4 (4.75 mm.)	23 - 53	29 - 59	35 - 65
Nº 8 (2.36 mm.)	15 - 41	19 - 45	23 - 49
Nº 50 (0.30 mm.)	4 - 16	5 - 17	5 - 19
Nº 200 (0.075 mm.)	0 - 6	1 - 7	2 - 8

Tabla 405-4.1.

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada	
	3/8" Máximo	1/4" Máximo
1/2" (12.7 mm.)	100	--
3/8" (9.5 mm.)	90 - 100	100
1/4" (6.3 mm.)	55 - 75	85 - 100
Nº 4 (4.75 mm.)	30 - 50	--
Nº 8 (2.38 mm.)	15 - 32	15 - 32
Nº 16 (1.18 mm.)	0 - 15	0 - 15
Nº 200 (0.075 mm.)	0 - 3	0 - 3

Tabla 405-5.1.

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada			
	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4
1" (25.4 mm.)	100	--	--	--
3/4" (19.0 mm.)	90 - 100	100	--	--
1/2" (12.7 mm.)	--	90 - 100	100	--
3/8" (9.50 mm.)	56 - 80		90 - 100	100
Nº 4 (4.75 mm.)	35 - 65	44 - 74	55 - 85	80 - 100
Nº 8 (2.36 mm.)	23 - 49	28 - 58	32 - 67	65 - 100
Nº 16 (1.18 mm.)	--	--	--	40 - 80
Nº 30 (0.60 mm.)	--	--	--	25 - 65
Nº 50 (0.30 mm.)	5 - 19	5 - 21	7 - 23	7 - 40
Nº 100 (0.15 mm.)	--	--	--	3 - 20
Nº 200 (0.075 mm.)	2 - 8	2 - 10	2 - 10	2 - 10



Tabla 405-5.2.

Ensayos de acuerdo al método Marshall	T R A F I C O					
	PESADO		MEDIO		LIVIANO	
	Mín	Máx	Mín	Máx	Min	Máx
N° de golpes	75		50		35	
Estabilidad (libras)	1.800	--	1.200	--	750	--
Flujo (pulgada/100)	8	16	8	18	8	20
% vacíos con aire:						
Carpeta	3	5	3	5	3	5
Base	3	8	3	8	3	8

Nota : % de Vacíos en el agregado mineral (VMA) de acuerdo con el gráfico actualizado del Instituto del Asfalto.

## SECCION 812. AGREGADOS PARA TRATAMIENTOS SUPERFICIALES Y SELLOS BITUMINOSOS

### 812.1. Generalidades.

**812-1.01. Objetivos.-** Esta especificación tiene por objeto definir las características que deben cumplir los agregados que se emplean para mezclas y lechadas asfálticas, empleadas en tratamientos superficiales o el sellado de un pavimento.

**812-1.02. Alcance y Limitaciones.-** Esta especificación no se aplica para ningún otro material pétreo que se requiera en las obras viales, debiendo acudir a las especificaciones correspondientes.

Este Capítulo se complementa con las estipulaciones que se presentan en el Capítulo 400, el cual debe consultarse para la correcta aplicación del documento.

**812-1.3. Definiciones Específicas.-** Las definiciones específicas que se requieren son las establecidas en la Sección 811 de este documento.

### 812-2. Agregados para Tratamientos Bituminosos Superficiales.

**812-2.01. Descripción.-** Son agregados que se utilizan para formar una capa de rodadura compuesta de una o más capas de agregados embebidos en material bituminoso.

Los agregados serán partículas de piedra triturada, grava triturada, grava o piedra natural, arena u otro material granular similar, aprobado por el Fiscalizador.

Los agregados se compondrán de fragmentos angulosos o semiangulosos y ásperos; limpios, resistentes y duros. Estarán libres de materia vegetal y de exceso de partículas planas, alargadas, blandas, así como de material mineral, cubierto de arcilla u otro material inconveniente.

Los agregados para tratamientos superficiales bituminosos deberán tener la granulometría establecida en la Tabla 405-3.1 de estas especificaciones.

**812-2.02. Requisitos.-** Además de los requisitos granulométricos antes señalados, se deben cumplir las siguientes exigencias:

Los agregados gruesos no deberán tener un desgaste mayor de 35% luego de 500 revoluciones de la máquina de Los Ángeles, cuando sean ensayados a la abrasión, según la norma INEN 860.

La porción de los agregados que pasa el tamiz INEN 0.425 mm. (N°40), deberá tener un índice de plasticidad menor a 4 según lo establecido en las Normas INEN 691 y 692.

El agregado no debe experimentar desintegración ni pérdida total mayor del 12%, cuando se los someta a cinco ciclos de inmersión y lavado con sulfato de sodio, en la prueba de durabilidad, como lo dispone la Norma INEN 863, salvo que las Especificaciones Particulares indiquen otra cosa.

Los agregados serán de características tales que, al ser impregnados con material bituminoso, más de un 95% de este material bituminoso permanezca impregnando las partículas, después de realizado el ensayo de resistencia a la peladura, según la Norma AASHTO T 182.

El relleno mineral deberá cumplir con los requisitos especificados en la Norma AASHTO M 17.

**812-2.03. Ensayos y Tolerancias.-** Los ensayos de control y verificación que se deben realizar para aceptar o rechazar un agregado, seguirán lo indicado en las normas mencionadas en los diferentes párrafos del numeral anterior. Las exigencias de graduación serán comprobadas mediante ensayos granulométricos, según lo establecido en las Normas INEN 697 y 696.

El peso específico de los agregados se determinará de acuerdo al método de ensayo INEN 856 y 857, según corresponda, y el peso unitario de los agregados se determinará de acuerdo a la Norma INEN 854.

### **812-3. Agregados para Sellos Corrientes.**

**812-3.01. Descripción.-** Son agregados que se emplean en procesos de sellado de pequeño espesor, preparados normalmente con asfalto diluido o emulsión asfáltica y agregado mineral de granulometría uniforme, que se aplican a un pavimento existente, a efectos de conservación o rehabilitación.

**812-3.02. Requisitos.-** Los agregados para sellos corrientes se los obtendrá de piedra o grava triturada o cribada, y cumplirán las exigencias de graduación especificadas en la Tabla 405-6.1 de estas especificaciones.

Deben preferirse los agregados cuyas partículas sean angulosas para lograr una adecuada trabazón con el material bituminoso y para mejorar la resistencia al deslizamiento de la superficie sellada.

Los agregados, salvo lo correspondiente a la granulometría, cumplirán los requisitos establecidos en la subsección 812-2, de estas especificaciones.

**812-4. Agregados para Sellos de Lechada Asfáltica.**

**812-4.01. Descripción.-** Son agregados aplicables en mezclas fluidas, de emulsión asfáltica, agregado fino, relleno mineral y agua.

**812-4.02. Requisitos.-** Los agregados para lechada asfáltica podrán ser arena fina, polvo de piedra o una mezcla de estos materiales. En caso de que faltare relleno mineral, se adicionará cal hidratada o cemento Portland; estos agregados deben cumplir las exigencias de graduación especificadas en la Tabla 405-7.1 de estas especificaciones.

Los agregados se compondrán de fragmentos limpios, resistentes y durables, sin partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables, así como de material mineral cubierto de arcilla u otro material objetable.

Los agregados deben cumplir adicionalmente los mismos requisitos de plasticidad, durabilidad y afinidad bituminosa (peladura) exigidos para los agregados empleados en Tratamientos Superficiales, que se mencionan en la subsección 812-2 de esta Sección.

El agua deberá estar desprovista de materia orgánica y deberá ser blanda.

**812-4.03. Ensayos y Tolerancias.-** Los ensayos para verificar las propiedades cuyo cumplimiento se exige en el numeral anterior, son los establecidos en la subsección 812-2.

**Tabla 405-3.1**

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada					
	A	B	C		D	E
F						
1 ½" (38.1 mm.)	100	--	--	--	--	--
1" (25.4 mm.)	90-100	100	--	--	--	--
¾" (19.0 mm.)		90-100	100	--	--	--
½" (12.7 mm.)	0-15	20-55	90-100	100	100	--
3/8" (9.5 mm.)	--	0-15	40-75	90-100	90-100	100
Nº 4 (4.75 mm.)	--	--	0-15	0-20	10-30	75-100
Nº 8 (2.38 mm.)	--	--	0-5	0-5	0-8	0-10
Nº 200 (0.075 mm.)	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2

Tabla 405-6.1.

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada			
	Agregado Natural	Agregado Triturado		
		TIPO A	TIPO B	TIPO C
½" (12.7 mm.)	--	--	--	100
3/8" (9.5 mm.)	100	100		100 90-100
Nº 4 (4.75 mm.)	85-100	85-100	60-100	10-30
Nº 8 (2.38 mm.)	--	0-25	0-10	0-8
Nº 50 (0.30 mm.)	0-20	--	--	--
Nº 200 (0.075 mm.)	0-5	0-2	0-2	0-2

Tabla 405-7.1.

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través los tamices de malla cuadrada
Nº 4 (4.75 mm.)	100
Nº 8 (2.38 mm.)	95 - 100
Nº 16 (1.18 mm.)	60 - 90
Nº 30 (0.60 mm.)	40 - 65
Nº 50 (0.30 mm.)	25 - 45
Nº 100 (0.15 mm.)	15 - 30
Nº 200 (0.075 mm.)	10 - 20

## SECCION 813. EMPEDRADOS Y ADOQUINES

### 813-1. Generalidades.

**813-1.01. Objetivos.-** La presente especificación tiene por objeto la determinación de los requisitos que deben cumplir los materiales empleados en el adoquinado o empedrado de una vía, la capa de asiento y el sellado de ellos.

### 813-1.02. Definiciones Específicas.

**813-1.02.1. Adoquín.-** Es un elemento prismático, generalmente de forma regular, que se coloca uno junto a otro para formar una capa adecuada al tráfico de una vía. Se pueden distinguir dos materiales para su construcción, la piedra labrada y el hormigón, por lo que se los clasifica como adoquín de piedra y de cemento, respectivamente.

**813-1.02.2. Empedrado.-** Es la colocación de piedras de cierta dimensión y forma sobre una carretera, para formar la capa de rodadura de la misma.

### 813-2. Piedra para Empedrado.

**813-2.1. Descripción.-** La piedra para empedrado puede provenir de canteras o de depósitos aluviales, dando preferencia al canto rodado para este propósito. No presentará sustancias corrosivas o agresivas en su composición, y será resistente a la acción del agua y de la intemperie.

La piedra estará libre de material vegetal, tierra u otros materiales objetables. Toda piedra alterada por la acción de la intemperie o que se encuentre meteorizada, será rechazada.

**813-2.02. Requisitos.-** La piedra será ígnea o de consistencia similar, de forma redondeada a semiangular, sin aristas vivas y de tamaño uniforme.

La piedra empleada en el empedrado tendrá un tamaño entre 10 y 20 cm. y una densidad mínima de  $2.3 \text{ gr/cm}^3$ . El tamaño mayor debe colocarse en las cintas guías.

El material no presentará un porcentaje de desgaste mayor a 40 en el ensayo de abrasión, Norma INEN 861, luego de 500 vueltas de la máquina de Los Angeles y no arrojará una pérdida de peso mayor al 12%, determinada en el ensayo de durabilidad, Norma INEN 863, luego de 5 ciclos de inmersión y lavado con sulfato de sodio.

### **813-3. Adoquín de Piedra**

**813-3.01. Descripción.-** El adoquín de piedra debe tener la forma y dimensiones estipuladas en los planos, y cumplirá todos los requisitos exigidos para piedra labrada que se indica en la Sección 818 de estas Especificaciones, salvo que el material no presentará un porcentaje de desgaste mayor a 40 en el ensayo de abrasión, Norma INEN 861, luego de 500 vueltas de la máquina de Los Ángeles.

### **813-4. Adoquín de Cemento.**

**813-4.01. Descripción.-** Los adoquines se fabricarán con hormigón, empleando áridos cuyo tamaño máximo no exceda de 12 mm. (1/2”). La forma y dimensiones de los mismos estarán establecidas en los planos correspondientes, y a su falta, se acatará lo dispuesto por el Fiscalizador. En cualquier caso el espesor mínimo del adoquín será de 80 mm. para áreas que soportan tráfico vehicular y 60 mm. para zonas peatonales.

Los adoquines presentarán alta regularidad de sus formas, caras perfectamente escuadradas y paralelas, textura fina y algo rugosa en todas sus caras.

**813-4.02. Requisitos.-** El cemento, áridos, pigmentos y aditivos empleados en la fabricación de los adoquines deberán cumplir los requisitos establecidos para dichos materiales en la Norma INEN 1.488, y lo que se exija en los documentos contractuales.

El adoquín terminado debe presentar una resistencia en el ensayo de compresión, realizado en un adoquín entero, conforme lo establece la norma INEN 1.485, no menor a 300 Kg/cm<sup>2</sup> para vías de tráfico medio a ligero, y no menor a 400 Kg/cm<sup>2</sup> para vías con tráfico pesado. La tolerancia de las dimensiones se establece en más o en menos 3.0 mm.

Para control y aceptación de los adoquines, se tomará una muestra, la que consistirá en 10 unidades cada 2.000 adoquines o fracción de un mismo embarque o parada, los cuales serán ensayados todos, y los resultados obtenidos se promediarán para establecer su aceptación o rechazo.

No deberá emplearse ningún adoquín que esté roto, presente textura lisa o irregular, alta porosidad, y se desecharán también todos los adoquines que se presenten con coloraciones diferentes a los demás.

### **813-5. Capa de Asiento.**

**813-5.01. Descripción y Requisitos.-** La capa de asiento de los adoquines (y también del empedrado cuando así esté especificado en los planos), estará conformada por arena fina, del espesor señalado en los planos, y pasará en su totalidad el tamiz N° 10. El material no contendrá más del 5% de tamaños

menores al del tamiz N° 200 y debe cumplir con los requisitos de resistencia a la abrasión y durabilidad que se establecen en la subsección 803-3 de estas especificaciones, realizados con material adecuado, procedente de los mismos bancos o canteras de los cuales se explotará el material.

**813-6. Sellado.-** Si se especifica que el adoquinado o empedrado sean sellados después de su construcción, la lechada de cemento empleada para ello estará compuesta por una mezcla de arena fina y cemento en igual proporción, y el agua suficiente para que tenga una consistencia líquida, a fin de que se introduzca en toda ranura o intersticio que quede entre elementos. El Fiscalizador podrá exigir que, previamente al sellado, se tienda una capa muy fina de arena cemento, en proporción 1 a 1, antes de arrojar la lechada.

No se dejarán protuberancias, grumos o restos de lechada en el adoquinado, luego del sellado.



## SECCION 814. CAPA DE BASE DE MATERIAL GRANULAR

### 814-1. Generalidades.

**814-1.01. Objetivos.-** La presente especificación tiene por objeto determinar los requisitos que deben cumplir los agregados que se emplean en la construcción de capas de base de material granular, sea que se obtengan por trituración o provengan de depósitos naturales de arena y grava.

**814-1.02. Alcance y Limitaciones-** Esta especificación no se aplica para capas de base de materiales estabilizados ni otras capas de la estructura del pavimento, las cuales tienen sus propias especificaciones. Los requisitos aquí establecidos se complementan con aquellos que constan en el Capítulo 400, el cual debe ser consultado para la correcta aplicación de este documento.

### 814-2. Agregados para Base Clase 1.

**814-2.01. Descripción.-** Cuando se haya especificado el empleo de este tipo de agregados, los materiales se obtendrá por trituración de grava o roca, para producir fragmentos limpios, resistentes y durables, que no presenten partículas alargadas o planas en exceso. Estarán exentos de material vegetal, grumos de arcilla u otro material objetable.

La piedra o la grava se triturarán con un equipo tal que permita la graduación de los elementos de moltura, de tal modo que se obtengan los tamaños especificados.

Cuando se requiera, para lograr las exigencias de graduación o eliminar un exceso de material fino, la piedra o grava deberá ser cribada antes de triturarla.

**814-2.02. Requisitos.-** Los agregados empleados en la construcción de capas de Base Clase 1 deberán graduarse uniformemente de grueso a fino y cumplirán las exigencias de granulometría que se indican en la Tabla 404-4.1 de estas especificaciones, lo cual será comprobado mediante ensayos granulométricos, siguiendo lo establecido en la Norma INEN 696 y 697 (AASHTO T-11 y T-27), luego de que el material ha sido mezclado en planta, o colocado en el camino.

Los agregados gruesos no presentarán un porcentaje de desgaste mayor a 40 en el ensayo de abrasión, Normas INEN 860 y 861 (AASHTO T-96), con 500 vueltas de la máquina de Los Angeles, ni arrojarán una pérdida de peso mayor al 12% en el ensayo de durabilidad, Norma INEN 863 (AASHTO T-104), luego de 5 ciclos de inmersión y lavado con sulfato de sodio.

La porción del agregado que pase el tamiz N° 40, incluyendo el relleno mineral, deberá carecer de plasticidad o tener un límite líquido menor de 25 y un índice

de plasticidad menor de 6, al ensayarse de acuerdo a los métodos establecidos en las Normas INEN 691 y 692 (AASHTO T-89 y T-90).

Cuando los finos naturales existentes en los materiales originales de la cantera o yacimiento tengan un límite líquido o un índice plástico superiores a los máximos especificados, para preparar los agregados con este material, se eliminarán previamente todas las partículas menores a 10 mm. por tamizado; se triturará el material así obtenido, adicionando arena en una planta mezcladora para alcanzar la granulometría especificada.

**814-2.03. Procedimientos de Explotación.-** Una vez aprobada la cantera o yacimiento, antes de proceder a su explotación, se deberá efectuar la limpieza de todos los materiales vegetales e inadecuados; luego se procederá a la extracción o voladura, de tal manera de obtener bloques uniformes, aptos para la trituración.

El material obtenido cuyo tamaño sea mayor a 30 cm. deberá romperse, hasta esa dimensión, antes de su introducción a la trituradora.

El material triturado se tamizará y se apilará separadamente, en dos o más tamaños, para su mezcla posterior en una planta adecuada, conforme a la fórmula maestra de la obra.

### **814-3. Agregados para Base Clase 4.**

**814-3.01. Descripción.-** Cuando se haya especificado el empleo de este tipo de agregados, los materiales se obtendrán por trituración o cribado de grava natural, para obtener fragmentos limpios, resistentes y durables, que no presenten partículas alargadas o planas en exceso. Estarán exentos de material vegetal, grumos de arcilla u otro material objetable.

**814-3.02. Requisitos.-** Los agregados empleados en la construcción de capas de Base Clase 4 deberán graduarse uniformemente de grueso a fino, y cumplirán las exigencias de granulometría que se indican en la Tabla 404-1.4 de estas especificaciones, lo cual será comprobado mediante ensayos granulométricos, siguiendo lo establecido en la Norma INEN 696 y 697 (AASHTO T-11 y T-27), luego de que el material ha sido mezclado en planta o colocado en el camino.

Cuando se requiera, para cumplir con estas exigencias de granulometría, los agregados se mezclarán con grava de otros bancos, arena natural o material finamente triturado, en las cantidades necesarias para este propósito. De ser necesario, el Fiscalizador puede ordenar la adición de material triturado, sin que el porcentaje de este material exceda el especificado para Base Clase 3, en estas especificaciones.

La mezcla puede efectuarse sobre el camino o en lugares especialmente acondicionados para ello, cuya ubicación establecerá el Fiscalizador.

Los agregados para Base Clase 4 cumplirán los mismos requisitos establecidos en el numeral 814-2.02 para abrasión, durabilidad y plasticidad.

**814-4. Agregados para Base Clase 2 y 3.-** Los agregados para Capas de Base Clase 2 y 3 cumplirán con los requisitos establecidos en las subsecciones 814-2 y 814-3, para la porción triturada y cribada, respectivamente, y se mezclarán en la proporción indicada en las Especificaciones Particulares de la obra, antes de su empleo. Su granulometría será la indicada en las Tablas 404-1.2 y 404-1.3 respectivamente.

**814-5. Materiales para Capa de Rodadura.-** Las capas de base que sirvan como capas de rodadura cumplirán con las exigencias de las secciones anteriores, de acuerdo al tipo que se haya especificado, con la sola excepción de que la porción de los agregados que pase el tamiz N° 40 deberá tener un límite líquido menor de 35 y un índice de plasticidad entre 6 y 9.

**Tabla 404-1.2.**

<b>TAMIZ</b>	<b>Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada</b>
1" (25.4 mm.)	100
¾"(19.0 mm.)	70 - 100
3/8"(9.5 mm.)	50 - 80
N° 4 (4.76 mm.)	35 - 65
N° 10 (2.00 mm.)	25 - 50
N° 40 (0.425 mm.)	15 - 30
N° 200 (0.075 mm.)	3 - 15

**Tabla 404-1.3**

<b>TAMIZ</b>	<b>Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada</b>
¾"(19.0 mm.)	100
N° 4 (4.76 mm.)	45 - 80
N° 10 (2.00 mm.)	30 - 60
N° 40 (0.425 mm.)	20 - 35
N° 200 (0.075 mm.)	3 - 15

**Tabla 404-1.4.**

<b>TAMIZ</b>	<b>Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada</b>
2" (50.8 mm.)	100
1" (25.4 mm.)	60 - 90
Nº 4 (4.76 mm.)	20 - 50
Nº 200 (0.075 mm.)	0 - 15

**Tabla 404-4.1**

<b>TAMIZ</b>	<b>Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada</b>		
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
2" (50.8 mm.)	100	--	--
1 1/2" (38.1 mm.)	70 - 100	100	--
1" (25.4 mm.)	55 - 85	70 - 100	100
3/4" (19.0 mm.)	50 - 80	60 - 90	70 - 100
3/8" (9.5 mm.)	40 - 70	45 - 75	50 - 80
Nº 4 (4.75 mm.)	30 - 60	30 - 60	35 - 65
Nº 10 (2.00 mm.)	20 - 50	20 - 50	25 - 50
Nº 40 (0.425 mm.)	5 - 30	5 - 30	10 - 30
Nº 200 (0.075 mm.)	0 - 5	0 - 5	0 - 5

## SECCION 815 CAPA DE BASE ESTABILIZADA

### 815-1. Generalidades.

**815-1.01. Objetivos.-** La presente especificación tiene por objeto determinar los requisitos que deben cumplir los suelos y agregados que requieren de modificación de algunas características físicas, para mejorar su comportamiento y poder emplearlos como capas de base estabilizadas, y formar la estructura del pavimento.

**815-1.02. Alcance y limitaciones.-** Esta especificación no se aplica para capas de base de materiales granulares ni otras capas de la estructura del pavimento. Los requisitos aquí establecidos se complementan con aquellos que constan en el Capítulo 400, el cual debe ser consultado para la correcta aplicación de este documento.

### 815-2. Bases Estabilizadas con Cemento Portland.

**815-2.01. Generalidades.-** Como regla general, las capas de base estabilizada estarán compuestas de suelo o agregados, agua y material estabilizador, que en este caso será cemento Portland, con o sin cal hidratada como agente adicional.

El suelo o los agregados que se emplean en la construcción de bases estabilizadas con cemento Portland, deberán satisfacer los requisitos de este numeral y de las disposiciones especiales que obligatoriamente deben prepararse para cada caso, en función de la disponibilidad de materiales locales.

El cemento Portland empleado en la estabilización será del Tipo I, a menos que se disponga otra cosa en las especificaciones particulares, y cumplirá los requisitos que se exigen en la Sección 802 de este documento.

**815-2.02. Base de Suelo - Cemento.-** El suelo que se utilice para bases de suelo-cemento debe provenir de fuentes aprobadas, y cumplirá los requisitos de graduación que se especifican en la Tabla 404-6.1 de estas especificaciones.

Las disposiciones especiales establecerán los requisitos a cumplirse tanto de los materiales a usarse para este propósito cuanto de la mezcla efectuada. En el primer caso, se especificarán los bancos a usarse, la plasticidad y la humedad permisible.

Para la mezcla se fijarán los procesos constructivos, la energía de compactación a aplicarse y la resistencia mínima que se debe obtener, en base al ensayo de compresión simple, en probetas de 100 mm. de diámetro y 7 días de edad.

No se emplearán para bases de suelo-cemento materiales orgánicos ni suelos que tengan humedades en banco mucho mayores que la óptima de compactación.

Tampoco se podrán emplear suelos que presenten sales disueltas que puedan reaccionar con el cemento o que afecten la estabilidad de la mezcla a largo plazo.

**815-2.03. Base de Agregados Estabilizada con Cemento.-** Los agregados para capas de base estabilizada con cemento Portland serán gravas o piedras trituradas o una mezcla de ambas; estarán compuestas por partículas resistentes y durables, exentas de partículas blandas, alargadas y libres de material orgánico.

El agregado cumplirá los requisitos de graduación que se indican en la Tabla 404-2.1 de estas especificaciones y adicionalmente, todo lo establecido en la Sección 811: Agregados para Mezcla en Sitio de Hormigón Asfáltico, salvo que la fracción de los agregados que pase por el tamiz INEN 0.425 mm. debe presentar un límite líquido menor a 30 y un índice plástico que no exceda de 9.

**815-3. Bases Estabilizadas con Cal Hidratada u otros Aditivos Químicos.-** Los agregados para capas de base estabilizada con cal hidratada u otros aditivos químicos, deben cumplir con todos los requisitos establecidos en la Sección 814 para Bases de Agregados Clase 3 o Clase 4.

La cal hidratada que se emplee en la estabilización debe cumplir con los requisitos de la Norma INEN 247. Si se emplea cal viva hidratada en obra, se debe además exigir que se cumplan los requisitos de la Norma INEN 248.

**Tabla 404-2.1**

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada	
	Agregado grueso	Agregado fino
2" (50.8 mm.)	100	--
1 1/2" (38,1mm.)	95 - 100	--
3/4"(19.0 mm.)	40 - 100	--
Nº 4 (4.76 mm.)	0 - 5	80 - 100
Nº 10 (2.00 mm.)	--	50 - 85
Nº 40 (0.425 mm.)	--	15 - 45
Nº 200 (0.075 mm.)	--	0 - 10

Tabla 404-6.1.

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada	
	Mezcla en Sitio	Mezcla en planta
3" (76.2 mm.)	100	100
1 1/2" (38.1 mm.)	--	--
1" (25.4 mm.)	--	--
3/4" (19.0 mm.)	60 - 100	60 - 100
Nº. 4 (4.75 mm.)	---	40 - 75
Nº 10 (2.00 mm.)	30 - 70	30 - 50
Nº 40 (0.425 mm.)	--	15 - 35
Nº 200 (0.075 mm.)	5 - 25	5 - 15

## SECCION 816. SUBBASES DE AGREGADOS

### 816-1. Generalidades.

**816-1.01. Objetivos.-** La presente especificación tiene por objeto determinar los requisitos que deben cumplir los agregados que se emplean en la construcción de capas de subbase de material granular, sea que se obtengan por trituración, cribado o provengan de depósitos naturales de arena o grava, o sean una mezcla de los dos materiales..

**816-1.02. Alcance y limitaciones.-** Esta especificación no se aplica a ninguna otra capa de la estructura del pavimento, las cuales tienen sus propias especificaciones. Los requisitos aquí establecidos se complementan con aquellos que constan en el Capítulo 400 de estas especificaciones, el cual debe ser consultado para la correcta aplicación de este documento.

**816-2. Requisitos comunes.-** Los agregados empleados en la construcción de Capas de Subbase deberán graduarse uniformemente de grueso a fino y cumplirán las exigencias de granulometría que se indican en la Tabla 403-1.1 se estas especificaciones, de conformidad a la Clase señalada en los Documentos contractuales, lo cual será comprobado mediante ensayos granulométricos, siguiendo lo establecido en la Norma INEN 696 y 697 (AASHTO T-11 y T-27), luego de que el material ha sido mezclado en planta o colocado en el camino.

Los agregados gruesos no presentarán un porcentaje de desgaste mayor a 50 en el ensayo de abrasión, Normas INEN 860 y 861 (AASHTO T-96), con 500 vueltas de la máquina de Los Angeles.

La porción del agregado que pase el tamiz N° 40, incluyendo el relleno mineral, deberá carecer de plasticidad o tener un límite líquido menor de 25 y un índice de plasticidad menor de 6, al ensayarse de acuerdo a los métodos establecidos en las Normas INEN 691 y 692 (AASHTO T-89 y T-90).

Cuando los finos naturales existentes en los materiales originales de la cantera o yacimiento tengan un límite líquido o un índice plástico superiores a los máximos especificados, el Fiscalizador ordenará la mezcla con material adecuado, para reducir los valores de la plasticidad hasta el límite especificado. De no ser factible esto, se procederá como se indica en el numeral 814-2.02.

**816-3. Subbase Clase 1.-** La subbase Clase 1 está formada por agregados gruesos provenientes de la trituración de grava o roca, mezclados con arena natural o material finamente triturado para alcanzar la granulometría especificada.



Su obtención se hará de acuerdo a lo establecido en el numeral 814-2.03., y se debe además cumplir los requisitos comunes establecidos en el numeral anterior.

**816-4. Subbase Clase 2.-** La subbase Clase 2 está formada por agregados gruesos, obtenidos mediante trituración o cribado de gravas o yacimientos cuyas partículas estén fragmentadas naturalmente, mezclados con arena natural o material finamente triturado para alcanzar la granulometría especificada. Los agregados deben cumplir los requisitos comunes establecidos en la subsección 816-2.

**816-5. Subbase Clase 3.-** La subbase Clase 3 está formada por agregados gruesos, obtenidos mediante cribado de gravas o roca mezclados con arena natural o material finamente triturado para alcanzar la granulometría especificada en la Tabla 403-1.1. Este material debe cumplir con los requisitos comunes establecidos en la subsección 816-2.

**816-6. Materiales para Capa de Rodadura.-** Las capas de sub-base que sirvan como capas de rodadura, cumplirán con las exigencias de las secciones anteriores, de acuerdo al tipo que se haya especificado, con la sola excepción de que la porción de los agregados que pase el tamiz N° 40 deberá tener un límite líquido menor de 35 y un índice de plasticidad entre 6 y 9.

**Tabla 403-1.1**

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada		
	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3
3" (76.2 mm.)	--	--	100
2" (50.4 mm.)	--	100	--
1 1/2 (38,1 mm.)	100	70 - 100	--
N° 4 (4.75 mm.)	30 - 70	30 - 70	30 - 70
N° 40 (0.425 mm.)	10 - 35	15 - 40	--
N° 200 (0.075 mm.)	0 - 15	0 - 20	0 - 20

## **SECCION 817. MATERIAL PARA MEJORAMIENTO, TERRAPLENES Y PEDRAPLENES**

### **817.1. Generalidades.**

**817-1.01. Objetivos.-** La presente especificación tiene por objeto determinar los requisitos que deben cumplir los materiales a emplearse en las capas de mejoramiento de la subrasante, rellenos o terraplenes de altura mayor a los 3.00 metros o pedraplenes, cuando se los requiera.

**817-1.02. Alcance y Limitaciones.-** Lo aquí expuesto se complementa con lo establecido en el Capítulo 300 de estas especificaciones, el mismo que se consultará para la correcta aplicación de este documento. Las especificaciones particulares de la obra pueden oponerse a lo establecido en este Capítulo, en cuyo caso prevalecerá lo dicho en ellas, particularmente lo concerniente a procedencia y tipo de materiales.

### **817-2. Rellenos y Terraplenes.**

**817-2.01. Generalidades.-** Los rellenos y terraplenes deben construirse con materiales provenientes de las zonas de préstamo señaladas en los planos o definidas por el Fiscalizador. Los préstamos pueden ser laterales a la vía o proceder de depósitos o bancos preestablecidos, en cuyo caso se denominarán importados. Se preferirá el empleo de materiales obtenidos de los cortes necesarios para la construcción de la vía, salvo que los documentos contractuales hayan establecido la inconveniencia de usarlos, dadas sus características.

La sustitución de préstamos se hará con otros de calidad superior o que presenten menor longitud de transporte, y siempre con la autorización por escrito del Fiscalizador.

**817-2.02. Requisitos.-** Los suelos empleados en la construcción de rellenos y terraplenes deben ser de calidad adecuada, y no deben contener desperdicios, raíces, materia vegetal, putrescible o perecedera u otro material inconveniente. No se emplearán suelos orgánicos, turbas y otros suelos similares.

Los suelos empleados en la construcción de los rellenos deben poseer una capacidad portante adecuada, y no deben presentar expansividades mayores al 4%. Tampoco se permite el empleo de suelos que en el ensayo de compactación realizado, de acuerdo a lo prescrito en la Norma AASTHTO T-180, presenten densidades máximas menores a 1.400 Kg/m<sup>3</sup>.

Cuando en la zona exista alta ocurrencia de suelos rocosos, formados por bloques o cantos de tamaños mayores a los de la grava mezclados con material

más fino, su colocación y compactación se efectuará como se indica para los pedraplenes, más adelante en esta Sección.

Las últimas capas de los rellenos o terraplenes deben construirse con los mejores suelos disponibles, y en ellas se exigirá que la expansividad sea menor al 2% y que su capacidad de soporte sea igual o superior a la empleada en el diseño del pavimento.

**817-3. Capas de Mejoramiento.-** Cuando en los documentos contractuales se haya establecido la necesidad de colocar una capa de mejoramiento de la subrasante, ésta se construirá con los materiales establecidos en los documentos contractuales, y cumplirá todo lo exigido para las últimas capas de terraplén que se indica en el numeral anterior.

**817-4. Pedraplenes y Enrocados.-** Cuando se haya especificado el empleo de pedraplenes, las especificaciones especiales de la obra deben establecer las granulometrías exigibles de los materiales a emplearse y los requisitos de resistencia a la abrasión de los mismos, en función de las disponibilidades del lugar.

Los pedraplenes se construirán en capas de hasta 80 cm. de espesor, compactándolas con rodillo liso vibratorio de peso mayor a 25 toneladas. No se emplearán bloques o cantos cuyo diámetro sea superior a 1/3 del espesor de la capa.

Los enrocados se colocarán a mano o empleando grúa o equipo similar, de acuerdo al tamaño de los bloques. Cuando se especifique enrocado en obras en contacto con agua, se deberá colocar un filtro adecuado por debajo de él, para impedir el sifonaje de los suelos de apoyo. Este filtro puede ser un geotextil del tipo no tejido y de espesor mínimo de 2.0 mm. o una capa de granulometría tal que sirva al propósito indicado.

**817-5. Ensayos de Control.-** En todo relleno o terraplén y en las capas de mejoramiento deben realizarse ensayos de densidad de campo empleando para ello cualquier método apropiado, aprobado por el Fiscalizador, con una frecuencia de uno por cada 300 m<sup>3</sup> de material colocado y compactado. Adicionalmente, se efectuará un ensayo de compactación tipo Proctor, empleando la energía especificada en los documentos contractuales por cada 1.000 m<sup>3</sup> de material colocado y compactado. Adicionalmente, con el mismo material empleado para el ensayo de compactación, se realizarán ensayos de granulometría, límite líquido y límite plástico, para verificar la uniformidad del material empleado.

## **SECCION 818. PIEDRA PARA MAMPOSTERIA Y HORMIGON CICLOPEO**

### **818-1. Generalidades.**

**818-1.01. Objetivos.-** La presente especificación tiene por objeto la determinación de los requisitos que debe cumplir la piedra que se emplea en la construcción de mamposterías y en hormigón ciclópeo.

**818-1.02. Alcance y Limitaciones.-** Esta especificación no se aplica a ningún otro material pétreo que se requiera en las obras viales, y deberá acudirse a las especificaciones correspondientes.

**818-1.03. Definiciones Específicas.-** No se requiere de definiciones particulares, salvo las ya señaladas en el Capítulo 100 de estas Especificaciones.

### **818-2. Piedra para Mampostería.**

**818-2.01. Descripción.-** La piedra para mampostería deberá ser de calidad aprobada y procederá de canteras o yacimientos; será sólida, resistente y durable; presentará color uniforme y estará exenta de resquebrajamientos, rajaduras u otros defectos que perjudiquen su resistencia. La piedra estará libre de restos vegetales, tierra u otros materiales objetables. Toda piedra alterada por acción de la intemperie o que se encuentre meteorizada, será rechazada.

La piedra para mampostería será molón, salvo si las Disposiciones Especiales exijan el uso de piedra labrada.

Las piedras para mampostería no deberán tener depresiones o protuberancias que permitan concentración de esfuerzos en los apoyos o que impidan sean debidamente asentadas; la forma será tal que satisfaga los requerimientos arquitectónicos y estructurales de la mampostería especificada, lo que será verificado por medición directa.

**818-2.01.1. Piedra Labrada.-** La piedra labrada para mampostería, será de la clase indicada en los planos, con caras labradas y escuadradas, resistentes a la intemperie, de grano relativamente fino, de color uniforme, y además estará libre de intrusiones u otros defectos estructurales.

Preferentemente, toda la piedra a emplearse en una obra procederá de la misma cantera, y tendrá tal calidad que, luego de su tallado, presente formas regulares, con caras paralelas y aristas bien definidas.

**818-2.01.2. Molón.-** La piedra molón para mampostería será de calidad aprobada, no presentará superficies redondeadas y estará exenta de

resquebrajamientos, rajaduras u otros defectos estructurales. La piedra puede requerir de un tallado somero para presentar caras semiplanas, sin llegar al grado requerido para la piedra labrada. No se emplearán molones desgastados o afectados por intemperismo.

**818-2.02. Requisitos.-** Las piedras que forman la mampostería tendrán las dimensiones señaladas en los planos y a su falta, se estará a lo indicado por el Fiscalizador.

A menos que se indique lo contrario, la piedra deberá tener un espesor mínimo de 15 centímetros, un ancho semejante a 1.5 veces el espesor, no menor de 30 centímetros y un largo semejante a 1.5 veces el ancho respectivo. Si se requiere cabeceros, su longitud será por lo menos 30 cm. mayor al ancho de las hileras contiguas.

Las piedras para revestir deberán ser labradas de manera que sus líneas de base o juntas sean concordantes con lo señalado en los planos y lo fijado por el Fiscalizador, dentro de las siguientes tolerancias:

- Molón de mampostería: 5 cm.
- Piedra labrada de mampostería: 2 cm.

**818-2.03. Ensayos y Tolerancias.-** La piedra para mampostería tendrá una densidad mayor o igual a  $2.3 \text{ gr/cm}^3$  y no presentará un porcentaje de desgaste mayor a 40 en el ensayo de abrasión, Norma INEN 861, con 500 vueltas de la máquina de los Ángeles.

La piedra para mampostería no arrojará una pérdida de peso mayor al 12% en el ensayo de durabilidad, Norma INEN 863, luego de 5 ciclos de inmersión y lavado con sulfato de sodio.

### **818-3. Piedra para Hormigón Ciclópeo.**

**818-3.01. Descripción.-** La piedra para hormigón ciclópeo deberá provenir de depósitos naturales o de canteras; será de calidad aprobada, sólida, resistente y durable, exenta de defectos que afecten a su resistencia, y estará libre de material vegetal, tierra u otros materiales objetables. Toda piedra alterada por la acción de la intemperie o que se encuentre meteorizada, será rechazada.

**818-3.02. Ensayos y Tolerancias.-** La piedra para hormigón ciclópeo tendrá una densidad mínima de  $2.3 \text{ gr/cm}^3$ , y no presentará un porcentaje de desgaste mayor a 40 en el ensayo de abrasión, Norma INEN 861, luego de 500 vueltas de la máquina de Los Ángeles.

La piedra para hormigón ciclópeo no arrojará una pérdida de peso mayor al 12%, determinada en el ensayo de durabilidad, Norma INEN 863, luego de 5

ciclos de inmersión y lavado con sulfato de sodio.

El tamaño de las piedras deberá ser tal que en ningún caso supere el 25% de la menor dimensión de la estructura a construirse. El volumen de piedras incorporadas no excederá del 50% del volumen de la obra o elemento que se está construyendo con este material.

**818-4. Morteros y Hormigones.-** El hormigón para hormigón ciclópeo, deberá cumplir con lo establecido en la Sección 801 de estas Especificaciones.

El mortero para lechos, juntas o revocado de la mampostería, se fabricará de acuerdo a lo establecido en la Sección 809, de estas Especificaciones.

## SECCION 819. GAVIONES

### 819-1. Generalidades.

**819-1.01. Objetivos.-** La presente especificación tiene por objeto la determinación de los requisitos que deben cumplir los gaviones que se emplean en obras viales, la malla que los conforma y el material de relleno.

**819-1.02. Alcance y Limitaciones.-** Esta especificación no es aplicable a ningún otro material pétreo que se requiera en las obras viales, y deberá acudirse a las especificaciones correspondientes.

### 819-1.03. Definiciones Específicas.

**819-1.03.1.Gaviones.-** Son recipientes o cajas de forma paralelepípeda o cilíndrica, fabricados con enrejado de malla de alambre y rellenos de material pétreo, que son empleados como elementos de gran peso, en varias obras de retención de tierras o protección de las vías.

### 819-2. Malla para Gaviones.

**819-2.01. Descripción.-** La malla con la cual se confeccionarán los gaviones será de alambre, adecuadamente protegido contra la corrosión, y puede ser tejida, con triple torsión, conforme se establezca en los planos correspondientes.

La abertura de la malla será la que se especifique en los planos, y a su falta, el Contratista presentará muestras de las mallas disponibles en el mercado, para la selección y aceptación del Fiscalizador. No se permitirá el empleo de mallas diferentes en un mismo tramo de muro.

**819-2.02. Requisitos.-** El alambre empleado para la confección de las mallas será del tipo reforzado, de un diámetro mínimo de 2.4 mm. y tendrá una resistencia a la ruptura superior a  $420 \text{ N/mm}^2$  ( $4.200 \text{ Kg/cm}^2$ ).

Para proteger la malla de la corrosión, se empleará alambre triplemente galvanizado o alambre plastificado. En el primer caso, el recubrimiento de zinc no será menor que  $225 \text{ gr/m}^2$  de superficie. El alambre plastificado no dejará ninguna porción ferrosa expuesta, y debe pintarse o repararse cualquier defecto que se encuentre.

Los gaviones deberán rematarse con un alambre del mismo tipo empleado en la malla, alambre cuyo diámetro será por lo menos 20% mayor a aquel.

El alambre para el cosido y atirantado de los gaviones será del mismo tipo, y cumplirá los mismos requisitos que el empleado en la construcción de la malla.

### **819-3. Piedra para Relleno.**

**819-3.01. Descripción.-** Los gaviones serán rellenos con piedra natural o canto rodado, que no presenten sustancias corrosivas o agresivas en su composición y que sean resistentes a la acción del agua y de la intemperie.

La piedra a emplearse en este relleno estará libre de material vegetal, tierra u otros materiales objetables. Toda piedra alterada por la acción de la intemperie o que se encuentre meteorizada, será rechazada.

**819-3.2. Requisitos.-** La piedra empleada en el relleno de gaviones será de forma semiredondeada preferentemente, de tamaño uniforme, y tendrá una densidad mínima de  $2.5 \text{ gr/cm}^3$ . El tamaño mínimo de las piedras será del 50% mayor a la abertura de la malla correspondiente.

El material no presentará un porcentaje de desgaste mayor a 50 en el ensayo de abrasión, Norma INEN 861, luego de 500 vueltas de la máquina de Los Ángeles, y no arrojará una pérdida de peso mayor al 12%, determinada en el ensayo de durabilidad, Norma INEN 863, luego de 5 ciclos de inmersión y lavado con sulfato de sodio.



## SECCION 820. ALCANTARILLAS DE HORMIGON

### 820-1. Generalidades.

**820-1.01. Objetivos.-** La presente especificación se refiere a los tubos de hormigón que se emplean en el drenaje de las obras viales.

**820-1.02. Alcance y Limitaciones.-** La presente Especificación se refiere tan sólo a las tuberías de hormigón y sus elementos de unión. El hormigón, agregados, agua o mortero, deberán cumplir con los requisitos que se establecen para cada uno de ellos, en las secciones respectivas de estas especificaciones.

La tubería metálica para alcantarillas y aquella empleada en instalaciones de subdrenaje, cloacas y otras semejantes, tienen sus propias especificaciones.

### 820-2. Tubería de Hormigón Armado.

**820-2.01. Descripción.-** Las alcantarillas de tubería de hormigón se construirán empleando tubos cuyo diámetro, refuerzo, clase, espesor, etc., deben estar indicados en los planos.

Los materiales por emplearse en la fabricación de los tubos deben cumplir con las exigencias de los capítulos respectivos. El curado de los tubos podrá realizarse por inmersión en agua o al vapor.

**820-2.02. Tubería Circular.-** La tubería circular de hormigón armado deberá cumplirlo especificado en la Norma AASHTO M-170. Todos los tubos deberán presentar una coloración uniforme, estar exentos de grietas o fisuras y de cualquier otro defecto de fabricación. La espiga y campana deben ser uniformes, terminadas en aristas vivas y adecuadamente escuadradas, sin roturas o desconchamientos que afecten la instalación adecuada de los tubos. El anillado de tubo a tubo se realizará con mortero de hormigón.

El diámetro mínimo de la tubería será de 1 200 mm., y su espesor no será menor a 40 mm. El área mínima del refuerzo será de 1.4 cm<sup>2</sup> por metro lineal.

Si se ha especificado refuerzo colocado elípticamente, se señalará en el tubo el sitio de los ejes mayor y menor de la elipse, para su adecuado montaje.

**820-2.03. Tubería no Circular.-** Se denomina tubería ovalada de hormigón armado a la que tiene internamente una sección con dos ejes perpendiculares desiguales, siendo la longitud del eje menor, del 60 al 65 % del valor del eje mayor. Podrá diseñarse con el eje mayor en posición horizontal o vertical, lo que estará claramente especificado en los planos. La tubería ovalada deberá cumplir con todo lo señalado en el numeral anterior, salvo que la Norma AASHTO aplicable es la M-207.

Si la sección transversal interior de la tubería está formada por más de dos arcos, ésta deberá cumplir lo estipulado en la Norma AASHTO M-206.

**820-2.04. Ensayos y Tolerancias.-** Los tubos deberán cumplir las exigencias de resistencia establecidas en los planos. Para su medición se empleará el ensayo especificado en la Norma ASTM C-497, aplicando carga para producir una fisura de 25 mm. de longitud. No se requiere la determinación de la carga de rotura, salvo que así lo ordene el Fiscalizador.

**820-3. Mortero para Juntas.-** Las juntas de los tubos de hormigón deberán ser impermeables, sin que se produzcan goteos o infiltraciones.

El mortero de cemento empleado para las uniones deberá cumplir lo establecido en la Sección 809 de este documento.

El mortero deberá tener una consistencia adecuada para el trabajo propuesto. Todo mortero o lechada deberá utilizarse dentro de los 30 minutos, medidos desde la primera adición de agua en la fabricación. La mezcla con cal hidratada y otros aditivos deberá ser autorizada por el Fiscalizador.

**820-5. Empaquetaduras para Juntas.-** Las juntas con empaquetaduras de caucho u otro material elástico deberán cumplir los requisitos establecidos en la Norma ASTM C-443, y deberán ser flexibles, capaces de soportar la expansión, contracción o asentamiento previsto.

Los empaques serán almacenados en un lugar fresco, preferentemente a una temperatura menor de 20 grados centígrados y no deberán exponerse al sol. Si se requiere lubricación, deberá emplearse el producto recomendado por el fabricante.

Empaques de cloruro de polivinilo, fibra de vidrio impregnada con resina tipo epoxy u otros materiales elásticos se usarán en las juntas, solamente cuando las muestras presentadas por el Contratista hayan sido ensayadas y aprobadas por el Fiscalizador.

## SECCION 821. ALCANTARILLAS METALICAS

### 821-1. Generalidades.

**821-1.01. Objetivos.-** La presente especificación se refiere a los tubos metálicos que se emplean en el drenaje de las obras viales.

**821-1.02. Alcance y Limitaciones.-** La presente Especificación se refiere únicamente a las tuberías metálicas que se emplean en la construcción de alcantarillas. La tubería de hormigón para alcantarillas y aquella empleada en instalaciones de subdrenaje, cloacas y otras semejantes, tienen sus propias especificaciones.

Las especificaciones de esta Sección no son aplicables para tuberías empleadas en estructuras, instalaciones de edificios o cualquier otro uso que no sea el mencionado anteriormente.

### 821-1.03. Definiciones.

**Corrugación:** Es la forma longitudinal deformada de la placa de acero, destinada a aumentar su resistencia mecánica. Generalmente la corrugación tiene una forma semejante a la sinusoidal, formada por un arco cóncavo y un convexo, unidos por un tramo rectilíneo. En la corrugación se distinguen los siguientes elementos:

**Paso:** Es la distancia entre dos ápices o nodos consecutivos de la corrugación.

**Altura:** Es el valor de la proyección vertical de la distancia entre un ápice y un nodo de la corrugación.

**Tangente:** Es la longitud rectilínea, entre arcos, de una corrugación.

**Diámetro Nominal:** Es el diámetro interior de menor dimensión, el cual se emplea para designar la tubería.

**Placa:** Es cada una de las partes que conforma la tubería, cuando su armado se ejecuta en obra, por facilidad de transporte y montaje.

### 821-2. Alcantarillas Metálicas.

**821-2.01. Descripción.-** Las alcantarillas metálicas se construirán empleando tubos de acero corrugado, cuyas dimensiones, espesor, recubrimiento, etc. deben estar indicados en los planos.

Los materiales por emplearse en la fabricación de los tubos deberán cumplir con los requisitos correspondientes de estas especificaciones.

**821-2.02. Acero.-** Las planchas de acero empleadas en la construcción de alcantarillas metálicas, deberán cumplir los requisitos de composición química establecidos en la Norma AASHTO M-218 y sus propiedades mecánicas serán las exigidas en la Tabla 821-2.1. Las dimensiones nominales de las tuberías, los espesores y las características de las corrugaciones se presentan en las Tablas 821-2.2., 821-2.3.y 821-2.4. respectivamente.

**Tabla 821-2.1.**

**REQUISITOS MECANICOS DE PLACAS PARA ALCANTARILLAS**

<b>Ensayo</b>	<b>Valor</b>	<b>Norma INEN</b>
Límite de Fluencia, valor mínimo en N/mm <sup>2</sup> (Kg/mm <sup>2</sup> )	230 (24)	109 y 121
Tensión de Rotura, valor mínimo en N/mm <sup>2</sup> . (Kg/mm <sup>2</sup> )	310 (31)	109 y 121
Alargamiento en doblado a tope	20 %	110 y 122

**Tabla 821-2.2.**

**DIAMETROS PERMISIBLES Y NUMERO DE PLACAS**

<b>Diámetro mm</b>	<b>Placas N°</b>	<b>Diámetro mm.</b>	<b>Placas N°</b>	<b>Diámetro mm</b>	<b>Placas N°</b>
1.200	2	2.000	3	3.000	4
1.500	2	2.400	3	+ 3.000	*
1.800	2	2.800	4		

Nota: Para diámetros mayores a 3.000 mm. se especificará el número de placas en los planos de la obra.

**Tabla 821-2.3.****ESPEORES Y TOLERANCIAS**

<b>Espesores Permitidos y Tolerancias (Valores en mm.)</b>		
1.5 +/- 0.15	3.0 +/- 0.20	5.0 +/- 0.22
2.0 +/- 0.15	3.5 +/- 0.20	6.0 +/- 0.30
2.5 +/- 0.18	4.0 +/- 0.20	7.0 +/- 0.32

Nota: Los espesores deberán estar especificados en los planos de la obra, y su elección depende de la sobrecarga esperada para un caso específico.

**Tabla 821-2.4.****DIMENSIONES DE LA CORRUGACION**

<b>Tipo</b>	<b>Paso</b>	<b>Altura</b>	<b>Radio</b>	<b>Angulo</b>	<b>Tangente</b>	<b>Traslape</b>
PP	68 mm	12.5 mm	20 mm	55 grad	20 mm	90 mm
PM	100 mm	20.0 mm	30 mm	60 grad	22 mm	100 mm
PG	150 mm	50.0 mm	30 mm	90 grad	50 mm	150 mm

Nota: PP = Paso pequeño  
PM = Paso mediano  
PG = Paso grande.

**821-2.03. Recubrimientos.-** Las planchas de acero empleadas en la construcción de alcantarillas metálicas deberán ser galvanizadas o tener un recubrimiento de material epóxico, según se haya establecido en los planos.

El galvanizado debe ser realizado por inmersión en caliente, de acuerdo a lo establecido en la Norma INEN 672, con una cantidad de Zinc no menor a 610

gr/m<sup>2</sup>, en las dos caras.

Cuando se solicite el recubrimiento epóxico, éste deberá cumplir los requisitos establecidos en la Sección 831 de estas especificaciones.

Cuando se indique en los planos o disposiciones especiales, las placas, además del galvanizado, podrán tener un recubrimiento o revestimiento bituminoso, o deberá pavimentarse el fondo (invert) de la tubería con material bituminoso, en cuyo caso se cumplirá lo estipulado en la Norma AASHTO M-190.

Las placas que deban recibir el recubrimiento bituminoso deberán tener los pernos de unión en el valle de la corrugación; la capa de revestimiento será uniforme y deberá tener un espesor mínimo de 3 mm. sobre la cresta de la corrugación. La superficie exterior del tubo también deberá recibir una capa de recubrimiento bituminoso. Cuando los tubos tengan protección bituminosa colocada en la fábrica, deberá pintarse claramente el espesor del recubrimiento, en la superficie interior.

Para pavimentar el fondo (invert) de los tubos corrugados, ambas superficies, interior y exterior, deberán recibir la capa de protección, y luego se pavimentará con material bituminoso el invert, en un espesor mínimo de 3 mm. sobre la cresta, o conforme señalan los planos, en una extensión que cubra por lo menos el 25% del perímetro de los tubos circulares.

**821-2.04. Uniones.-** Las diferentes placas deberán montarse en obra, para configurar la tubería mediante el traslape y fijación, empleando para ello pernos y tuercas, a través de perforaciones dispuestas regularmente.

Los pernos y tuercas deberán ser galvanizados en caliente, y cumplir los requisitos mecánicos y de dimensión que establecen las Normas INEN correspondientes.

El traslape de las placas, en sentido circunferencial, no será menor al indicado en la Tabla 821-2.4. de esta Sección, y el traslape longitudinal no será menor al valor resultante de sumar la longitud de un arco a dos segmentos de la corrugación.

## SECCION 822 DRENES Y SUBDRENES

### 822.1. Generalidades.

**822.1.01. Objetivos** Esta especificación tiene por objeto establecer los requisitos que deben cumplir los materiales que se utilizan para la fabricación e instalación de drenes, subdrenes y drenes horizontales.

**822.1.02. Alcance y limitaciones** Esta especificación se aplica para la utilización de drenes, subdrenes y drenes horizontales en obras viales.

**822.1.03. - Descripción** Los drenes o subdrenes son mecanismos para el manejo de aguas sub-superficiales los cuales pueden ser conformados de diferentes formas y materiales, como tuberías ranuradas perforadas, zanjas que contengan materiales permeables recubiertas con geotextiles de tipo no tejido que generen un filtro evitando el arrastre de suelos y las cuales se pueden asistir con tuberías perforadas, o uso de geocompuestos conocidos como Geodrenes (geotextil, geored y tubo ranurado perforado).

**822.2. - Requisitos** La forma y dimensiones de los tubos a emplear en drenes y subdrenes, así como sus correspondientes perforaciones y juntas, serán las indicadas en los planos y disposiciones especiales, o en su defecto, las que señale el Fiscalizador.

Los tubos por emplearse en drenes, drenes horizontales y subdrenes, podrán ser de hormigón poroso, plástico (PVC) ó polietileno, acero, arcilla cocida, etc. Las especificaciones técnicas particulares de la obra definirán en cada caso el tipo de material y sus características.

En todo caso, los tubos seleccionados serán fuertes, duraderos y libres de defectos, grietas y deformaciones.

Los geotextiles no tejidos para subdrenes, drenes y filtros cumplirán con las características y especificaciones mínimas indicadas en la Tabla 822.2.1.

TABLA 822.2.1.

**CARACTERISTICAS Y ESPECIFICACIONES TECNICAS  
DEL GEOTEXTIL NO TEJIDO UTILIZADO PARA DRENES -  
SUBDRENES Y FILTROS**

PROPIEDADES	NORMA	UNIDAD	VALOR
<b>MECANICAS</b>			
Método Grab	ASTM D-4632		
Resistencia a la Tensión		N(lb)	500(112)
Elongación		%	750
Resistencia al Punzonamiento	ASTM D-4833	N (lb)	270 (61)
Resistencia al Rasgado Trapezoidal	ASTM D -4533	N(lb)	230 (52)
Método Mullen Burst	ASTM D-3786	kPa(psi)	1590(230)
Resistencia al Estallido			
<b>HIDRAULICAS</b>			
Tamaño de Abertura Aparente	ASTM D-4751	mm(No. Tam iz)	0.18 (80)
Permeabilidad	ASTM D-4491	cm/s	40 x 10 <sup>-2</sup>
Permitividad	ASTM D-4491	s <sup>-1</sup>	2.70
Espesor	ASTM D-5199	mm	1.50
Rentensión de Asfalto	TEXAS DOT3099	l/m <sup>2</sup> (gal/yd <sup>2</sup> )	NA
<b>PRESENTACIÓN</b>			
Tipo de Polímero	Fabricante		Polipropileno
Ancho del Rollo	Medido	m	3.8
Largo del Rollo	Medido	m	150
Area del Rollo	Calculado	m <sup>2</sup>	525

Los geodrenes compuestos por geotextil no tejido geored y tubería ranurada, deberán cumplir las características y especificaciones indicadas en la Tabla 822.2.2.

**NOTA:** Geotextil no tejido utilizado también como separador, cuando se tienen suelos con alto contenido de humedad.



**TABLA 822.2.2**  
**CARACTERISTICAS Y ESPECIFICACIONES DEL**  
**GEODREN**

<b>PROPIEDAD</b>	<b>Norma</b>	<b>Unidad</b>	<b>Geodren Tubo Circular 100mm</b>	<b>Geodren Tubo Circular 65mm</b>
Método Grab Resistencia del Geotextil a la Tensión	ASTM D-4632	N(lb)	600	600
Permitividad del Geotextil	ASTM D-4491	S <sup>-1</sup>	1.6	1.6
Tasa de Flujo del Geotextil	ASTM D-4491	l/min/m <sup>2</sup>	6900	6900
Tamaño de Apertura Aparente del Geotextil	ASTM D-4751	No. Tamiz	100	100
Resistencia de la Geo- red a la compresión	ASTM D-1621	kPa	324	324
Transmisividad	ASTM D-4716	l/min/m	63	63
Capacidad de Flujo del Geotubo Pendiente 1%	ASTM D-4716	l/s	3.7	1.0
Peso del Geodren		Kg/m	1.6	0.95
Altura del Geodren		m	1.1	1.22

**822.3. Ensayos y tolerancias** El Fiscalizador podrá exigir las pruebas de resistencia que estime necesarias. Si el tubo es de sección circular, se aplicará el método de ensayo de las tres generatrices de carga propuesta por la Norma ASTM C, 497.

Las cargas de rotura mínima obtenidas en este ensayo serán las establecidas en la Tabla 822.3.1.

**822.4. Material de filtro**

**822.4.1. Descripción** El material filtrante para rellenar zanjas y para poner

debajo, alrededor y sobre los tubos de drenaje , como medio permeable para subdrenes y otros propósitos semejantes, deberá ser roca o piedra triturada y arena dura, limpia y durable, libre de materias orgánicas, terrones de arcilla u otras sustancias inconvenientes. Cuando se utilice geotextiles para el subdren el material de filtro serán agregados que pasen el tamiz de 3 pulgadas y retenga el tamiz de 1 pulgada.

**TABLA 822.3.1.**

<b>Diámetro de tubo (cm)</b>	<b>Carga de rotura (kgf/m)</b>
Inferior a 35	1.000
De 35 a 70	1.400
Superior a 70	2.000

**822.4.2. Requisitos** El material de filtro podrá ser Clase 1 o Clase 2, de acuerdo a lo establecido en el contrato o lo ordenado por el Fiscalizador. En la Clase 1 el Contratista podrá utilizar el Tipo A o B.

La composición en peso de material de filtro en el sitio, cumplirán la granulometría indicada en las Tablas 822.4.1. y 822.4.2., la cual se determinará según el método de ensayo INEN 696.

**TABLA 822.4.1.**

<b>CLASE 1</b>		
<b>Tamiz</b>	<b>TIPO A</b>	<b>TIPO B</b>
2" ( 50.8 mm.)	-----	100
1 1/2" ( 38.1 mm )	-----	95-100
3/4" (19.0 mm )	100	50-100
1/2" (12.7 mm)	95-100	-----
3/8" (9.50 mm)	70-100	15.55
No. 4 (4.75 mm)	0-55	0-25
No. 8 (2.36 mm)	0-10	0-5
No. 200 (0.075 mm)	0-3	0-3

**TABLA 822.4.2.**

<b>CLASE 2</b>	
<b>Tamiz</b>	<b>Porcentaje que pasa</b>

1" (25.4 mm)	100
3/4" ( 19.0 mm.)	90-100
3/8" (9.50 mm)	40-100
No. 4 ( 4.75 mm.)	25-40
No. 8 ( 2.36 mm.)	18-3
No. 30 ( 0.60 mm.)	5-15
No. 50 ( 0.30 mm.)	0-7
No. 200 ( 0.075 mm.)	0-3

**822.4.3. Ensayos y tolerancias** Los dos tipos de materiales no experimentarán una desintegración y pérdida mayor del 12% a cinco ciclos de la prueba de durabilidad al sulfato de sodio, según el método INEN 863.

El material Clase 2 deberá tener un equivalente de arena no mayor de 75, según el método de ensayo propuesto por la norma AASHTO T - 147.

**822.5. Instalación de drenaje** Los tubos deben encontrarse completamente limpios antes de su colocación.

La colocación de la tubería no se empezará sin la previa autorización del Fiscalizador. Obtenida esta, los tubos se pondrán en sentido ascendente, con las pendientes y alineaciones indicadas en los planos por el Fiscalizador.

El tratamiento de las juntas y uniones de la tubería se ejecutará de acuerdo con los planos y disposiciones especiales de la obra y las instrucciones del Fiscalizador.

## SECCION 823. ACERO ESTRUCTURAL

### 823-1. Generalidades.

**823-1.01. Objetivos.-** La presente especificación tiene por objeto la determinación de los requisitos que debe cumplir el acero empleado en la construcción de estructuras de ese material.

**823-1.02. Alcance y Limitaciones.-** Esta especificación no cubre el acero a emplearse en el refuerzo de estructuras de hormigón armado u otras piezas metálicas que se emplean en las obras viales, las cuales tienen sus propias especificaciones.

Esta Especificación incluye los materiales necesarios para el montaje y ensamblaje de las estructuras metálicas y los materiales que se requieren en ellas, como es el caso de los apoyos elastoméricos, para puentes metálicos.

### 823.2. Piezas de acero.

**823-2.01. Descripción.-** Las piezas de acero estructural pueden ser barras redondas, cuadradas o planas; y perfiles estructurales, de las dimensiones establecidas en los planos de la obra.

Todas las piezas de Acero Estructural deben cumplir los requisitos establecidos en la Norma INEN 136: ACERO PARA CONSTRUCCION ESTRUCTURAL.

Todo el acero estructural será de preferencia del tipo "DE SOLDABILIDAD GARANTIZADA", y debe poseer la resistencia especificada en la Norma INEN 136, en la cual se reconocen los siguientes grados: A37E/ES, A42E/ES y A52E/ES. Según la terminología aprobada, la letra A indica que el material es Acero al Carbono; los números corresponden a la resistencia mínima a la tracción (en  $\text{kg/mm}^2$ ), la letra E indica que se trata de un acero estructural, y por fin, la letra S señala que el acero es de soldabilidad garantizada.

Todas las piezas estructurales se trabajarán en taller, de la manera especificada en los planos, evitando procesos en caliente. Los planos indicarán también los detalles constructivos tales como traslapes, uniones, pernos o remaches, sueldas, etc.

**823-2.02. Requisitos.-** Todo el acero estructural, para su colocación en obra, deberá estar perfectamente limpio y libre de defectos de fabricación como fisuras, poros, etc.; además no presentará ondulaciones, rajaduras u otros defectos semejantes, que afecten su utilización.

La Tabla 823-2.1., resume los principales requisitos que debe cumplir el acero estructural en cuanto se refiere a sus características resistentes.

Tabla 823-2.1.

## REQUISITOS FISICOS

Norma INEN	Grado	Resist. a Tracción N/mm <sup>2</sup> *	Límite de Fluencia N/mm <sup>2</sup> *	Alargamiento en la rotura (%) Distancia entre marcas		
				50 mm.	200 mm.	Propor. **
136	A37E/ES	364 (37)	235 (24)	24	20	27
	A42E/ES	412 (42)	245 (25)	22	18	23
	A52E/ES	510 (52)	334 (34)	20	16	21

\* Entre paréntesis en Kg/mm<sup>2</sup>

\*\* La longitud de la probeta proporcional se obtiene con la fórmula:

$$L = 5.65 S^{0.5}$$

**823-2.03. Ensayos y Tolerancias.**- El acero estructural se inspeccionará y muestreará en el lugar de aprovisionamiento, siguiendo lo recomendado en la norma INEN 106. El Contratista notificará al Fiscalizador con suficiente anticipación para permitir el muestreo y comprobación, antes de efectuar el despacho del material para la obra.

El Contratista, al realizar el embarque de los materiales, presentará al Fiscalizador los informes de los Ensayos y Certificados de Cumplimiento de todos los materiales requeridos.

El Fiscalizador tomará, por su parte, un juego de muestras por cada 25 toneladas o fracción de cada tipo de material por emplearse en la obra, las que serán inspeccionadas y luego ensayadas a tensión y doblado, de acuerdo a lo establecido en las Normas INEN 109 Y 121.

Si en la inspección de las muestras se determinare que más de un 5% de las que conforman un embarque presentan defectos de fabricación, como alta porosidad, inclusiones de materias extrañas, grietas o picaduras de óxido que afecten más de un 10% del área de la pieza, se rechazará el lote, y se prohibirá su embarque a la obra. Igual cosa sucederá si las piezas no presentan las dimensiones especificadas en los planos, dobladuras, ondulaciones u otros defectos similares.

En caso de discrepancia entre los resultados de los ensayos realizados por el Fiscalizador y los valores que constan en los certificados de cumplimiento, en más de un 50% de las piezas, se tomará un nuevo juego de muestras del

material, cuyos resultados definirán la aceptación o rechazo del lote correspondiente.

**823-3. Planchas de acero.-** Las planchas de acero empleadas en la construcción de estructuras deberán cumplir con los requisitos establecidos en la Norma INEN 114, para las calidades "Estructural" y "Estructural Soldable", y se prohibirá expresamente el empleo de planchas de acero de calidad comercial, de acuerdo a lo estipulado en la norma INEN mencionada.

Las planchas de acero serán inspeccionadas y muestreadas en el taller, antes de iniciarse el proceso de doblado y cortado para la fabricación de las piezas, según se dispone en la Norma INEN 114, especialmente verificando las tolerancias de dimensiones y espesores, que establece la Norma INEN 115.

Aquellos materiales que no cumplan las normas antes mencionadas serán rechazados, no podrán emplearse en la obra y deberán retirarse del taller lo antes posible.

**823-4. Galvanizado.-** Cuando se haya especificado en los planos el empleo de material galvanizado, el proceso de galvanización se hará de acuerdo a lo especificado en las Normas INEN 671, 672 y 951, según corresponda, empleando Zinc para el recubrimiento, con espesor mínimo de 25 micras para ambientes no agresivos y de 40 micras para ambientes costeros o zonas de alta agresividad.

**823-5. Acero Forjado.-** Las piezas de acero forjado que se empleen en estructuras metálicas deben tener una resistencia mínima a la tracción de 48 kg/mm<sup>2</sup>. y en este ensayo, su alargamiento en la rotura variará entre el 18 y 24%. La dureza de las superficies, medida por el método Brinell, no será inferior a 135 000 kg/mm<sup>2</sup>. Todas las piezas de acero forjado deberán ser recocidas después de la forja, antes de su empleo.

**823-6. Acero Moldeado.-** Las piezas de acero moldeado se fabricarán con el material especificado en los planos de la estructura, y deberán ser de constitución uniforme, grano fino y homogéneo, sin poros u otros defectos visibles del moldeado, ni tampoco fisuras, grietas o impurezas.

Las dimensiones de los elementos cumplirán lo señalado en los planos de la obra, dentro de las tolerancias ahí especificadas, y deberán someterse a un tratamiento térmico, después del moldeo, para eliminar las tensiones internas y mejorar su estructura.

**823-7. Bronce.-** Cuando se especifiquen apoyos de bronce, sea en placas fijas o deslizables, se empleará material laminado o recocido, cuya resistencia a la rotura sea de 42 kg/mm<sup>2</sup>. como mínimo. El alargamiento en la rotura no será menor del 10% y la dureza Brinell, medida en placas de espesor de más de 6 mm., no será menor de 130 kg/mm<sup>2</sup>.

**823-8. Plomo.-** El plomo a emplearse en apoyos y juntas deberá ser de segunda fusión, afinado y laminado; con un contenido de pureza no inferior al 99.97%. Las planchas serán lisas, de espesor uniforme, y se desechará toda plancha que presente exfoliaciones, dobleces, porosidad, raspaduras o cualquier otro defecto semejante.

Las dimensiones de las planchas serán las especificadas en los planos, con sus respectivas tolerancias, y la resistencia del material será de 2 kg/mm<sup>2</sup>. en el ensayo de tracción, y 4 kg/mm<sup>2</sup>. en compresión.

**823-9. Material elastomérico.-** Las almohadillas de material elastomérico deberán cumplir los requisitos establecidos en la Norma ASTM D-15, y serán fundidas en una sola capa si su espesor no excede de 25 mm.. Para espesores mayores, la almohadilla se fabricará con capas alternadas de material elastomérico y metal o género ligados. En todo caso, las almohadillas y su detalle de fabricación deberán ser aprobadas por el Fiscalizador de la obra, antes de su empleo.

Las dimensiones de las almohadillas no podrán variar, en más o en menos, de 3 mm. de aquellas señaladas en los planos.

Las almohadillas que contengan láminas de metal deberán ser moldeadas en una sola pieza; cuando se emplean almohadillas de espesor menor de 25 mm., o si son de espesores mayores y no tienen capas metálicas, se podrá fabricarlas recortando láminas más grandes. El corte se efectuará de manera tal que evite el calentamiento del material y se obtenga bordes lisos sin desgarraduras u otros defectos. Cuando los bordes y las esquinas de las almohadillas deban ser redondeadas, el radio en los bordes no excederá a 3 mm. y el de las esquinas, 9.5 mm..

La liga entre el material elastomérico y el metal o el género deberá ser tal que, al ser ensayada en cuanto a su separación, no se produzca rotura en los planos de unión sino que la falla debe ocurrir dentro de uno de los materiales, generalmente el elastomérico.

Las láminas de metal deberán ser de acero dúctil laminado, de espesor no menor al calibre 20.

Las láminas de género deberán ser de polímero sintético de cadena larga, cuya resistencia a la ruptura no sea menor a 125 kg/cm<sup>2</sup> de ancho en ambas direcciones. Las láminas de género podrán ser de capa sencilla en la superficie superior e inferior de la almohadilla, o de capa doble y resistencia en el interior de la almohadilla.

El material elastomérico deberá contener como mínimo un 60% de neopreno, y deberá cumplir los requisitos establecidos en la Tabla 823-9.1.

Tabla 823-9.1.

## REQUISITOS DEL MATERIAL ELASTOMERICO

Grado	60	70
Resistencia a la tensión (Kg/cm <sup>2</sup> ) min: ASTM D 412	176	176
Alargamiento a la ruptura ASTM D 412	350%	300%
Dureza ASTM D 2240	60 +/- 5	70 +/- 5

**823.a - Apoyos de elastoméricos desplazables**

**Descripción.-** Este ítem normará el suministro e instalación de apoyos elastoméricos desplazables de acuerdo con los detalles mostrados en los planos y a los siguientes requerimientos indicados a continuación. Estos apoyos están formados por placas de acero, con las caras de acero inoxidable (como componente superior) colocadas sobre un paño geotextil al cual está pegado por una capa de material "Polytetrafluoroethylene" (PTFE).

**Materiales.-** A menos que se especifique en los planos, placas de acero deberán ser normadas por el ASTM A 36, para acabado ANSI #500 o superior sobre la superficie de contacto con el acero inoxidable.

Placas de acero inoxidables deberán ser del Tipo AISI 304 conforme al ASTM A 240, sino se indica en los planos el mínimo espesor deberá ser 1.5 milímetros.



Cojinetes preformados de fibras geotextiles deberán ser manufacturados de nuevos materiales y compuestos de múltiples capas de drill presforzado, 64 pliegos por 25 milímetros de espesores de cojinetes terminados, impregnados y ligados con cauchos de composición de alta calidad, que contenga elementos contra la podredumbre y al moho y que además contenga antioxidantes. Compuestos internos elásticos deberán adicionarse que permitan dar un espesor uniforme al apoyo.

La prueba de la dureza “The Shore A Durometer” del cojinete no deberá ser menor de 85 y nunca mayor de 95. Cojinetes preformados de textiles deberán ser capaces de soportar 69 MPa (Megapascals) de esfuerzo a la compresión antes de averiarse. Una tolerancia de más o menos 5% deberán ser permitidos del espesor de los cojinetes indicados en los planos.

El material PTFE deberá ser resina pura y original (sin alteración) de polytetrafluoroethylene fluorocarbon. La cantidad de finos en el llenado de láminas deberán estar entre 10% y 35% por masa.

El terminado de materiales deberán cumplir las siguientes propiedades físicas.

#### Requerimientos

	RELLENADO	NO
REQUERIMIENTO	METODO DE PRUEBA	VALOR
<b>DUREZA 25.5°C</b>	<b>ASTM D 2240 SHORE “D”</b>	<b>50-60</b>
Esfuerzo a la tensión Mpa	ASTM D 1457	14 mínimo
Porcentaje de Elongación	ASTM D 1457	150 mínimo
Deformación bajo carga porcentaje a 23°C, 14 Mpa.	ASTM D 621, Método A	10 máximo
Gravedad Específica	ASTM D 1457	2.16 mínimo

El espesor del terminado de las láminas de PTFE, no deberá ser menor de 1.5 milímetros y no más de 3 milímetros.

**Procesos de manufactura.-** Las láminas de acero inoxidable serán unidas a la placa de acero por un filete de soldadura realizado alrededor del borde con electrodos de soldadura apropiados. La superficie de deslizamiento deberá ser protegida de daños debido a salpicaduras de soldadura.

Después que la placa de acero ha sido unida, las láminas de acero inoxidables

deberán ser pulidas y abrillantadas para un terminado no menor de 0,5 micrómetros, removedores y solventes limpiadores serán usados para eliminar vestigios de compuestos de pulimento existentes.

El material PTFE deberá ser ligado al cojinete de material geotextil preformado, usando métodos adecuados de ligamento o vulcanización a través de una apropiada interrelación de capas de polychloroprene.

Pruebas adicionales de los componentes inferiores de los apoyos, deberán ser manufacturados previamente con el propósito de mantenerlos como muestras. Se deberá solicitar una certificación de la manufactura del acero, acero inoxidable, los geotextiles preformados y el material PTFE, deberán cumplir con los requerimientos de este ítem.

Componentes inferiores deberán ser probados comprimiéndolos a 10 (diez) Mpa (Megapascals) durante 5 días. La adhesión entre el material PTFE y los geotextiles preformados deberán ser determinados por 90 grados o niveles de desgarramiento o descascaramiento de la muestra (especificado en Test Method Tex-622-J). El mínimo esfuerzo de desgarramiento o descascaramiento deberán ser de 4.4 Newton por milímetro.

Sino existe ninguna especificación en los planos, los apoyos elastoméricos deberán ser formulados previamente para un valor de 100% de polychloroprene original (virgen) no vulcanizado o por el 100% de material original (virgen) de polímeros hechos de cauchos de polyisoprene. Los apoyos no deberán ser aceptados, si los materiales elastoméricos utilizados han sido previamente vulcanizados de su forma natural o contienen cauchos sintéticos o cualquier otros polímeros sintéticos.

Metales especiales para conexiones, incluyendo solo placas y placas de soporte deberán regirse por el ASTM A 36. Sino existe ninguna indicación en los planos.

La formulación elastomérica de polychloroprene y polyisoprene deberán cumplir los requerimientos del AASHTO M 251, Tabla 1. Certificación de los valores de los resultados actualizados de las muestras, deberán ser suministrados para ser formulados. Las muestras deben ser tomadas con los productos terminados.

Aparatos empleados en la preparación de especímenes de pruebas de productos terminados deberán estar de acuerdo con el ASTM D 15 "Sample Preparation for Physical testing of Rubber Products" Preparación de muestras para pruebas físicas de productos hechos de caucho.

Todos los componentes de apoyos laminados deberán ser moldeados en conjunto para formar una unidad integral libres de vacíos o separaciones entre el material elastomérico ó entre el material elastomérico y las láminas de acero ó conexiones especiales, a menos que otra indicación se de en los planos.

Todos los perfiles de las láminas de metal deberán ser cubiertas por un mínimo de tres (3) milímetros de material elastomérico.

Para variación permisible de los apoyos, deberán regirse a los indicados en los planos caso contrario recurrir al AASHTO M 251- Tabla 2.

Las pruebas de rutina deberán estar supeditada a los requerimientos del AASHTO M 251.

**Almacenamiento.-** Los apoyos deberán ser almacenados horizontalmente y en lugar seco, y en un área protegida. La protección no debe darse en su cara inferior solamente, sino en todo el conjunto para evitar daños, suciedad, aceites, grasas y otras sustancias dañinas.

**Medidas** Este ítem debe ser realizado para cada uno de los apoyos elastoméricos.

**Pagos** El trabajo de preformado y materiales suministrados deberán ser establecidos bajo “ MEDIDA”, y se deberá pagar por el precio de cada unidad de “Apoyos Elastoméricos Desplazables” del tipo especificado. Este precio deberá compensar el acero inoxidable de la placa, el material PTFE y geotextil preformado del apoyo, placas bases y pernos de anclaje requeridos para conectar los apoyos entre las superestructuras, todos los materiales, laboratorios, herramientas y otras incidencias necesarias en el trabajo.

**823-10. Otras Piezas.-** Las piezas de hierro fundido; los pernos, tuercas, arandelas y otro material necesarios en la construcción, cumplirán lo establecido en las Especificaciones Particulares de la Obra, o en lo que corresponda de los Materiales Varios y Misceláneos de estas Especificaciones.

## SECCION 824. MADERA PARA ESTRUCTURAS

### 824.1. Generalidades.

**824-1.01 Objetivos.-** Esta especificación tiene por objeto determinar los requisitos que debe cumplir la madera para uso estructural.

**824-1.02. Alcance y Limitaciones.-** Esta especificación se aplica únicamente a maderas del Tipo A, B y C, según la clasificación de la Junta del Acuerdo de Cartagena, para los materiales locales, o cualquier otra madera disponible en el país, que por sus características físicas y mecánicas puedan asimilarse o formar parte de uno de estos grupos

**824-1.03. Definiciones Específicas.-** Las definiciones generales están de acuerdo con las normas COPANT correspondientes; a continuación se presentan las definiciones más importantes, para la mejor comprensión y aplicabilidad de este documento.

**Humedad de Equilibrio:** Es la humedad que se alcanza cuando la madera puesta al aire pierde parte del agua higroscópica, hasta alcanzar un estado de equilibrio con la humedad relativa del aire.

**Abarquillado:** Es el alabeo de las piezas cuando las aristas o bordes longitudinales no se encuentran al mismo nivel de su zona central.

**Arqueadura:** Es el alabeo o curvatura a lo largo de la cara de la pieza.

**Encorvadura:** Es el alabeo o curvatura a lo largo del canto de la pieza.

**Torcedura o Revirado:** Es el alabeo que se presenta cuando las esquinas de una pieza de madera no se encuentran en el mismo plano.

**Albura:** Es la capa exterior del leño, ubicada entre la corteza y el duramen, que contiene células vivas y materiales de reserva. Generalmente es de color más claro, más permeable y menos durable que el duramen.

**Escamadura:** Es la separación del leño entre los orillos de crecimiento. Se observan como escamas superficiales en las caras tangenciales de una pieza de madera.

**Médula:** Es la pequeña zona de tejido esponjoso situada en el centro del duramen. Es susceptible al ataque de hongos e insectos.

**Módulo de Elasticidad al 5% ( $E_{0,05}$ ):** Es el valor del módulo de elasticidad para el cual el 95% de las muestras ensayadas presentan valores iguales o superiores, mientras que el 5% restante puede estar por debajo de este valor.

**Módulo de Elasticidad Promedio ( $E_{Prom.}$ ):** Es el valor promedio del módulo de elasticidad que se ha obtenido para cada especie de maderas.

## **824-2. Maderas para estructuras.**

**824-2.01. Clasificación.-** La madera que se puede utilizar en la construcción de estructuras se clasifica, en función de la densidad y dureza, en los siguientes grupos:

GRUPO A: Caimitillo (*Chrusopyllum cainito*), Guayacán (*Minquartia guianensis*), Pechiche y similares.

GRUPO B: Chanul (*Humiriastrum Procerum*), Moral Fino (*Chlorophora tinctoria*), Pituca (*clarisia rasemosa*) y similares.

GRUPO C: Fernán Sánchez (*Triplaris guayaquilensis*), Mascarey (*Hieronyma chocoensis*), Sande (*Drosinum utile*) y similares.

**824-2.02. Requisitos.-** La madera por emplearse en la construcción debe ser calificada como de calidad estructural, para lo cual se cumplirá con lo establecido en la Tabla 824-2.1. "Clasificación Visual por Defectos".

Las dimensiones de los diferentes elementos estructurales deberán ser las especificadas en los planos y en lo posible se ajustarán a los tamaños comerciales.

La madera debe estar en estado seco o al contenido de humedad de equilibrio. Sin embargo, si se presenta dificultad para el maquinado en estado seco, se podrá trabajarla en estado verde (contenido de humedad > 30%), siempre que

- a) al secarse las piezas mantengan su forma original;
- b) los elementos de unión estén protegidos contra ataques corrosivos; y,
- c) los detalles constructivos y dimensiones establecidas en los planos permitan a la madera contraerse libremente a medida que se seca.

De no poder garantizar el cumplimiento de estos requisitos, se exigirá el uso de madera seca.

La densidad de la madera, dependiendo del grupo al cual pertenezca, debe cumplir con lo señalado en la Tabla 824-2.2., sin que se permita el uso de piezas con densidades inferiores a las anotadas.

Tabla 824-2.1.

**CLASIFICACION VISUAL POR DEFECTOS DE LA MADERA**

N°	Descripción	Tolerancias	Notas
<b>DEFECTOS NO PERMITIDOS</b>			
Ia	Duramen quebradizo	Ninguna	
Ib	Fibras rotas	Ninguna	
II	Ataque de hongos	Ninguna	
III	Abarquillado	Ninguna	
<b>DEFECTOS PERMITIDOS CON RESTRICCIONES</b>			
IV	Arqueadura	Máximo 1%	
V	Encorvadura	Máximo 0.3%	
VI	Torcedura o Revirado	Máximo 0.3%	
VII	Albura	Máximo 25%	
VIII	Arista Faltante	Máximo 15%	
IX	Grano Inclinado	Máx. 1 a 8 en canto	
X	Grano entrecruzado	Máx. 1 en 16 en el tercio central	
XI	Nudos	Máx. diámetro 4 cm. o 1/4 del ancho de cada cara. No más de 1 por cada metro. (1) Nudos menores a 1 cm se aceptan a 40 cm.	(1)
XII	Perforaciones a) diámetro < 3 mm. b) diámetro > 3 mm.	Max. 10 agujeros c/m. No se acepta más de 1 en c/sección Max. 3 por metro.	
<b>DEFECTOS PERMITIDOS</b>			
XIII	Escamadura	Hasta en 1/4 de long. de la pieza y de máx. 3 mm. de separación de anillos.	
XIV	Grietas superficiales	De no más de 2 mm. de secado	
XV	Médula	Médula pequeña, sana y/o	

tratada.

Nota (1): No se permiten nudos en zonas a tracción ni en el tercio central de la pieza.

**Tabla 824-2.2.**

<b>Grupo</b>	<b>Densidad (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Dureza</b>
A	0.90 - 0.71	ALTA
B	0.70 - 0.71	MEDIA
C	0.55 - 0.40	BAJA

Los esfuerzos máximos admisibles, según el grupo estructural al cual pertenezcan, serán los indicados en la Tabla 824-2.3.

**Tabla 824-2.3.**

**ESFUERZOS MAXIMOS ADMISIBLES EN Kg/cm<sup>2</sup>.  
PARA MADERA ESTRUCTURAL**

<b>Grupo</b>	<b>Flexión</b>		<b>Tracción</b>		<b>Compresión</b>		<b>Corte Paralelo</b>	<b>E<sub>0.05</sub></b>	<b>E<sub>Prom</sub></b>
	<b>fm</b>	<b>ft</b>	<b>Paralela</b>		<b>Paral.</b>	<b>Perp.</b>			
	<b>fm</b>	<b>ft</b>	<b>fc</b>	<b>fch</b>	<b>fy</b>				
A	210		145	145	40	15	95.000	130.000	
B	150		105	110	28	12	5.000	100.000	
C	100		75	80	15	8	55.000	90.000	

**824-2.03. Tolerancias**

**824-2.03.1. Tolerancias en la Habilitación de Piezas.-** Las dimensiones finales de los diferentes elementos estructurales, medidos en condición seca, podrán variar de aquellas especificadas en los planos, siempre que se enmarquen

en las siguientes tolerancias:

La tolerancia de las medidas de la sección transversal de un elemento, con respecto a las dimensión especificada, será entre + 2 mm. y - 1 mm. para piezas cuya longitud sea menor a 150 mm.; esta tolerancia se duplicará para las piezas cuya longitud excede el valor indicado.

La longitud de una pieza no podrá variar en más de 3 mm. en exceso o 1 mm. en defecto, para todas las piezas, sea cual fuere su tamaño.

La longitud de cerchas o armaduras puede tener una tolerancia de más o menos 0,5 mm. por metro de longitud. La altura debe tener una tolerancia de más o menos 1 mm. por metro de altura.

### **824-3. Tratamiento preservativo de la madera.**

**824-3.01. Descripción.-** Los elementos de madera en contacto con ladrillo concreto, etc., deberán ser tratados, a fin de prevenir la pudrición; más aún, en los casos en que los niveles inferiores de los elementos estén a nivel del suelo o por debajo de éste.

**824-3.02. Requisitos.-** El Contratista, para este tratamiento, podrá utilizar cualquier tipo de preservante que haya sido previamente autorizado por el Fiscalizador, de entre las clases siguientes: preservantes en base a creosota, preservantes de compuestos orgánicos o inorgánicos.

Los preservantes deben penetrar en la madera en forma uniforme y en espesores adecuados para lograr un grado elevado de protección. Las cantidades a usarse serán las recomendadas por el fabricante.

Si se ha autorizado un tratamiento por ósmosis o difusión, se necesita que la pieza conserve toda la humedad posible. Para cualquier otro método, la madera estará seca. En el primer caso, se exigirán tratamientos adicionales para cubrir las partes no impregnadas, a causa de la distribución irregular de humedad en la pieza.

Antes que la madera sea tratada, se deben realizar todos los cortes y perforaciones requeridos en la pieza, y se prohíbe expresamente el labrado posterior al tratamiento. Si por alguna razón se debe perforar la madera después del tratamiento, se deberá restablecerla de la mejor manera, mediante el empleo de pastas preservadoras.

El Contratista deberá aplicar el preservante mediante el uso de sistemas a presión, y puede autorizarse la aplicación mediante brocha o rodillo, sólo en el caso de labores de mantenimiento o protección temporal.

Cuando las especificaciones particulares o los planos así lo exijan, además del



tratamiento de la madera, se aplicará una protección contra incendio, usando materiales ignífugos para retardar la combustibilidad de la madera y la velocidad de propagación de la llama.

En este último tratamiento, se recubrirá la pieza con un revestimiento de pintura que contenga productos químicos retardadores de fuego, los cuales pueden ser silicatos solubles en agua, resinas de urea, carbohidratos, alginatos, emulsiones polivinílicas, etc., empleando las cantidades recomendadas por el fabricante.

Como alternativa, se puede impregnar la madera con sales retardadoras de fuego, tales como fosfato monoamónico y diamónico, sulfato de amonio, cloruro de zinc, tetraborato de sodio y ácido bórico

La impregnación se realizará usando procesos de presión al vacío, con presiones entre 18 y 70 Kg/cm<sup>2</sup>. La cantidad de sal a usarse para que el tratamiento sea efectivo, será de 40 a 80 kg de sal por metro cúbico de madera.

Se debe considerar que este proceso aumenta el peso de la madera en 15 a 20%, según la cantidad de sal que se utilice, por lo que su empleo se limitará a los casos en los cuales se autorice por escrito, por parte del Fiscalizador.

## SECCION 825. PILOTES

### 825-1. Generalidades

**825-1.01. Objetivos.-** La presente especificación tiene por objeto determinar los requisitos que deben cumplir los pilotes estructurales que se emplean en las cimentaciones de puentes u otras obras civiles que se requieren en la ingeniería vial.

**825-1.02. Alcance y limitaciones.-** Esta especificación debe complementarse con lo estipulado en el Capítulo 500, el cual se consultará para la correcta aplicación de este documento.

La especificación es del tipo general y no cubre aquellos requisitos que se deben exigir en pilotes fabricados por un procedimiento específico, los cuales deben constar en las condiciones particulares de la obra.

### 825-2. Pilotes de Madera.

**825-2.01. Condiciones Generales.-** Estos pilotes se usarán solamente en caso de obras temporales u obras especiales, previa autorización del MOP. La madera para pilotes deberá cumplir las condiciones establecidas para madera estructural en la Sección 824 de estas especificaciones y, adicionalmente, lo siguiente:

- Proceder de troncos sanos, libres de defectos que pudieran afectar su solidez y duración.
- Haber sido desecada al aire, protegida del sol y de la lluvia, durante un tiempo adecuado.
- No presentar signo alguno de putrefacción, orificios, carcoma o ataque de hongos.
- Estar exenta de grietas, astilladuras u otro defecto que perjudique su solidez y resistencia. En particular, contendrá el menor número posible de nudos, los cuales, en todo caso, tendrán un espesor inferior a la séptima parte (1/7) de la menor dimensión de la pieza.
- Tener sus fibras rectas y paralelas a la mayor dimensión de la pieza.
- Presentar anillos anuales de aproximada regularidad, sin excentricidad del corazón ni entrecorteza.
- Dar sonido claro por percusión.
- Las oquedades que pueda presentar la madera tendrán un diámetro inferior a 40 mm., y una profundidad inferior a un quinto del diámetro medio del pilote. Las hendiduras longitudinales serán menores que 1.5 veces el diámetro medio del pilote.
- Los pilotes de madera no deben presentar arqueaduras, combaduras o codos; y en todo caso, la línea recta que une los centros de las secciones de punta y

cabeza quedará incluida, en su totalidad, dentro del pilote.

Salvo prescripción en contrario, los pilotes irán desprovistos de su corteza en la porción que será hincada en el terreno; y la mantendrán en la parte que permanezca fuera, especialmente la porción del pilote que quedará sumergida o en contacto con agua.

El fuste de los pilotes no presentará protuberancias, por lo que deberán cortarse las ramas o nudos que existan.

La zona cerrada de la punta debe protegerse con dos manos de pintura de creosota, o cualquier otro tratamiento preservante, previamente aprobado por el Fiscalizador.

La punta irá protegida por un azuche, de la forma y dimensiones que se señalen en los planos. A su vez, la cabeza del pilote irá provista de un aro de hierro ajustado en caliente, para evitar roturas por efecto del hincado.

**825-2.02. Tratamiento del Pilotes.-** Se pueden emplear pilotes de madera sin tratar, para construcciones temporales y trabajos similares, y en construcciones permanentes, sólo si el pilote entero estará por debajo del nivel freático permanente.

Los pilotes permanentes deben ser de una de las siguientes especies: mangle, caimitillo, guayacán, pechice, o similar; y deberá ser tratado con el preservante que se exija en los planos. Los pilotes que se colocan en los ambientes costeros deben ser de mangle, y serán tratados con creosota, de acuerdo con las disposiciones especiales.

### **825-3. Pilotes Prefabricados de Hormigón.**

**825-3.01. Materiales.-** Los materiales y procedimientos que se empleen en la construcción de pilotes prefabricados de hormigón, deberán cumplir lo indicado en las Secciones 801 a 805 de este Capítulo, además de lo aquí señalado.

El hormigón de cemento Portland será Clase A, a menos que se señale otra cosa en los planos respectivos. A pedido del contratista y con el consentimiento del Fiscalizador, se puede emplear hormigón precomprimido. En caso de efectuarse esta sustitución, el diseño del pilote deberá contar con la aprobación previa del Fiscalizador y el pago será efectuado como si el Contratista hubiera seguido el diseño original, sin ninguna compensación adicional.

Los pilotes de hormigón serán de las dimensiones y la forma establecidas en los planos. Si se emplea pilotes de sección cuadrada, las esquinas se biselarán al menos 25 mm.

Los pilotes serán probados individualmente empleando métodos no destructivos

antes de su hincado.

**825-3.02. Requisitos.-** Los pilotes pueden ser de sección uniforme o ahusado. En general, el pilote ahusado no se empleará en los sitios en donde éstos actúen como columnas o puedan ser descubiertos por la socavación de los ríos. Los pilotes de concreto tendrán un área transversal, medida sobre el ahusado, no menor de  $900 \text{ cm}^2$ , y cuando estos pilotes deban colocarse en agua salada o en sitios con influencia de las mareas, tendrán un área transversal no menor de  $1\,400 \text{ cm}^2$ .

La menor dimensión del área transversal del pilote, medida a 60 cm. desde la punta, no será inferior a 200 mm. Si no se usa punta de acero, la punta del pilote tendrá un diámetro o dimensión menor superior a 150 mm. y el pilote será biselado o aguzado uniformemente desde la punta, en una longitud de 600 mm.

El refuerzo vertical tendrá como mínimo 4 barras espaciadas uniformemente alrededor del perímetro del pilote, y el diámetro de las barras será tal que la sección de las 4 barras especificadas represente por lo menos el 1.5% del área transversal del pilote. Cuando se usen más de 4 barras para el refuerzo, el número de éstas puede reducirse a 4, a 1.200 mm., medidos desde el fondo del pilote.

Todo el acero de refuerzo colocado paralelo al eje del pilote será amarrado con refuerzo en espiral o zunchos equivalentes. El refuerzo en espiral que se ubica cercano a los extremos del pilote tendrá un paso de 75 mm. y un diámetro superior a 12 mm.. Además el remate del pilote tendrá 5 vueltas de enrollamiento espiral, separando cada espira 25 mm.

Para el resto del pilote, el acero vertical será amarrado con refuerzo espiral de 12 mm. de diámetro, con paso de 150 mm., o zunchos redondos de 8 mm. espaciados no más de 150 mm. centro a centro.

El refuerzo se colocará a una distancia mayor a 50 mm. desde la cara del pilote, y cuando se use en agua salada o alcalina, esta distancia será superior a 75 mm.

En el cálculo de esfuerzos debidos al transporte y manejo de los pilotes, el cálculo estático por cargas será incrementado en un 50% para absorber impacto y choque.

#### **825-4. Pilotes de Hormigón Fundidos en Sitio.**

**825-4.01. Requisitos.-** Por lo general, los pilotes moldeados en el lugar de la obra serán construidos empleando encofrado metálico, el mismo que quedará permanentemente en el sitio. Otros tipos de pilotes de hormigón moldeados en sitio, ya sean éstos de hormigón simple o reforzado; o del tipo en los cuales el molde se pierde para cada pilote, o sea recuperable, pueden usarse si, en opinión

del Fiscalizador, las condiciones del terreno permiten su uso y su diseño y el método de colocación son satisfactorios.

Los pilotes de hormigón moldeados en sitio pueden ser de sección uniforme, ahusada, o una combinación de ambas. Sus dimensiones y el recubrimiento del refuerzo estarán de acuerdo a las especificaciones para pilotes prefabricados de hormigón, excepto que el área transversal mínima en su cabeza será de 625 cm<sup>2</sup>, y el diámetro o dimensión menor de la punta del pilote será de 150 mm.

El pilote fundido en sitio será reforzado cuando así se especifique o se indique en los planos. El pilotaje no requiere refuerzo si se usa solamente para soportar cargas axiales, donde la posibilidad de que se apliquen fuerzas laterales a los pilotes es insignificante y el suelo provee de apoyo lateral adecuado. Aquellas partes del pilote que no tienen soporte lateral, serán diseñadas como columnas de hormigón reforzado, y el acero de refuerzo se extenderá 3 metros por debajo del plano desde donde el suelo provea soporte lateral. El encofrado de acero no recuperable y con un espesor mayor a 3 mm., puede ser considerado como refuerzo.

En la unión del pilote con la superestructura debe preverse suficiente acero de refuerzo, para garantizar una conexión adecuada y que soporte las fuerzas horizontales que pudieran presentarse en la vida de la estructura.

Los moldes por emplearse en la fundición serán metálicos, de espesor y resistencia suficientes, de tal manera que el molde mantenga su forma original y no muestre distorsión perjudicial posterior, inclusive cuando se efectúa el hincado de moldes adyacentes. El diseño de los moldes será aprobado por el Fiscalizador antes del hincado.

El hormigón cumplirá además las siguientes condiciones:

- Tener una trabajabilidad adecuada para garantizar una absoluta continuidad en su ejecución, aun si se emplean moldes recuperables.
- Debe presentar una adecuada resistencia al ataque químico del terreno circundante, para lo cual el Fiscalizador exigirá el empleo de cemento Portland del tipo resistente a los sulfatos, o protección a los moldes que permanezcan enterrados, a su criterio.

#### **825-5. Pilotes de Acero.**

**825-5.01. Descripción.-** Los pilotes de acero deben tener la sección y dimensiones especificadas en los planos de la obra y cumplirán los requisitos para acero estructural que se indican en la Sección 823 de este documento.

**825-5.02. Requisitos.-** Los pilotes podrán ser empalmados para cumplir con la sección y longitud requerida. El empalme se efectuará con soldadura a tope,

remaches o pernos. El empalme con pernos se usará solamente si así lo establecen los planos de la obra o previo permiso escrito del autor del diseño. En cualquier caso, todos los detalles de los empalmes necesarios para la construcción de un pilote de acero deben detallarse en los planos correspondientes.

El alma de los pilotes de acero tendrá un espesor mínimo de 100 mm. El espesor de la plancha empleada en la tapajunta no será menor a 10 mm.

Si el pilote se colocará en sitios en los cuales pueda esperarse socavación importante, éste debe ser diseñado y construido como si fuera una columna de acero.

**825-5.03. Talón Tapajunta y Núcleo de Placa de Asiento.-** Cuando se requiera incrementar el área de contacto con la capa de apoyo del pilote, pueden emplearse talones, tapajuntas y placas de asiento, para lo cual se emplearán perfiles estructurales soldados, remachados o empernados; placas soldadas entre los bordes, o bloques de madera u hormigón que se fijen al pilote de manera adecuada.

Los pilotes de acero estructural deberán construirse e instalarse de acuerdo a los requisitos y tolerancias de fabricación establecidos en los planos. Todos los pilotes cuyas dimensiones no cumplan lo anteriormente expuesto, estén doblados o dañados de cualquier otra forma, serán rechazados.

**825-6. Pilotes de Prueba y Prueba de Carga.-** En toda obra a cimentarse mediante pilotes prefabricados, se exigirá al Contratista la construcción o instalación de pilotes de prueba, previa fabricación del conjunto de pilotes estimados en los planos, los cuales serán sometidos a un ensayo de carga conforme se especifica en las Normas AASHTO, para verificar el diseño del pilotaje. El Contratista debe presentar al Fiscalizador, con la debida anticipación, su programa de ejecución de tales pruebas, para su aprobación y control.

## SECCION 826. PINTURAS

### 826-1. Generalidades.

**826-1.01. Objetivo.-** Esta especificación establece los requisitos que deben cumplir las pinturas empleadas en las obras viales y las estructuras conexas.

**826-1.02. Requisitos Generales.-** La pintura deberá ser homogénea, libre de contaminantes y de una consistencia adecuada al uso propuesto y al sistema de aplicación establecido. La pintura deberá tener un fondo adecuado y el pigmento no se sedimentará ni formará gránulos. Toda la pintura podrá ser mezclada totalmente, para cumplir lo antes establecido, sin que se permita el uso de cualquier envase que luego del remezclado se presente defectuosa, con grumos o de consistencia tal que dificulte su aplicación.

El fabricante deberá incluir en la pintura todos los aditivos necesarios para controlar la sedimentación del pigmento, nivelación, desecamiento, absorción, etc.; de tal forma que el producto cumpla los requisitos aquí establecidos.

**826-1.03. Muestreo y Ensayos.-** A menos que en las disposiciones especiales se indique otro procedimiento, la pintura deberá ser muestreada y ensayada en la fábrica, luego de lo cual se entregará en la obra adjuntando los certificados de cumplimiento. En todo caso, no se permitirá la aplicación de la pintura, sino después de que haya sido aprobada por el Fiscalizador.

Se debe entregar al Fiscalizador un recipiente cerrado de cada tipo de pintura por cada lote o embarque, para su ensayo.

Todos los muestreos y ensayos deberán ser realizados de acuerdo con lo establecido en las normas INEN 1.022, 1.023, 1.024 y 1.032 a 1.041, la que corresponda a la pintura que se está analizando.

**826-1.04. Envasado y Etiquetado.-** La pintura debe envasarse en recipientes de material adecuado, que permitan conservar la calidad del producto, hasta su empleo, así como su manejo hasta el destino final.

Todo envase debe presentar un rótulo claramente legible que, además de la marca y detalles del producto, señale su contenido neto, instrucciones de uso, y las precauciones a tomarse o la toxicidad del producto. Se indicará también la medicación adecuada si el producto es tóxico.

**826-2. Pintura para Metal.-** La pintura para primera capa de piezas de metal será del tipo primario de minio alquídico (Norma INEN 1.043) u otra anticorrosiva aprobada por el Fiscalizador. En caso de requerirse, la pintura para esta capa llevará epóxico catalizador, en cuyo caso cumplirá la Norma

## INEN 1

046. Esta pintura debe ser aplicada en el lugar de fabricación de la pieza, y no se permitirá el traslado a la obra de ningún elemento que no lleve esta protección.

La pintura empleada para el acabado en obra será del tipo señalado en los planos, y a su falta, del tipo que establezca el Fiscalizador.

La pintura para acabado de las piezas o estructuras metálicas debe ser de uno de los siguientes tipos, el cual estará señalado en los planos de la obra:

- Anticorrosiva de plomo, (INEN 1.015);
- Anticorrosiva, de barniz y plomo, (INEN 1.019);
- De acabado, de aluminio vinílica, (INEN 1.020);
- Esmalte alquídico brillante, (INEN 1.045).

La pintura de acabado debe cumplir con los requisitos establecidos en la norma INEN correspondiente, y tendrá el color que señale el Fiscalizador. Se debe presentar con la debida anticipación muestras para la selección respectiva.

**826-3. Pintura para Madera.-** Todo elemento de madera debe pintarse con el tipo de pintura que se haya señalado en los planos, la cual debe cumplir con los requisitos de las Normas INEN que correspondan al tipo especificado. De no haberse especificado el color, éste será el que establezca el Fiscalizador.

Cuando los planos o especificaciones indiquen que una pieza de madera debe ser tratada, sea cual fuere el tratamiento establecido, no se aplicará pintura a los elementos que no hayan recibido el tratamiento, ni tampoco se usarán pinturas que puedan reaccionar o inhibir los efectos del agente empleado en la protección requerida.

Se prohíbe el empleo de diluyentes que no estén expresamente indicados por el fabricante, o el uso de diluyentes recomendados en cantidades mayores a las establecidas para ese producto.

A menos que el Fiscalizador autorice otra cosa, la pintura será preparada en fábrica. Secará dentro de las 18 horas contadas desde su aplicación, dando un acabado homogéneo, color uniforme, buen estado y apariencia.

**826-4. Pinturas para Señalamiento del Tránsito.-** La pintura empleada para señalamiento del tránsito será del tipo apropiado para la aplicación en superficies que soportan tráfico, tales como pavimentos rígidos y flexibles, adoquines y mampostería o muros de hormigón de cemento Portland.



Se aceptará solamente pintura de color blanco o amarillo para este propósito, la cual debe cumplir lo establecido en la norma INEN 1.042.

**SECCION 827. PROTECCION Y EMBELLECIMIENTO DE LA VIA****827-1. Generalidades.**

**827-1.01. Objetivos.-** La presente especificación tiene por objeto establecer los requisitos que deben cumplir los materiales empleados para proteger y embellecer la vía.

**827-1.02. Alcance y limitaciones.-** Esta especificación se aplica para la protección y embellecimiento de obras viales.

**827-2. Recubrimiento Vegetal.**

**827-2.01. Descripción.-** En la cobertura vegetal se empleará el tipo de césped, planta o árbol estipulado para el proyecto, los cuales estarán de acuerdo con las condiciones ecológicas de la región y serán aprobadas por el Fiscalizador.

El suelo que se use para sembrar el recubrimiento vegetal estará formado por tierra negra arenosa o tierra vegetal con un adecuado contenido de material orgánico.

**827-2.02.Requisitos.-** El suelo que se utilice con estos fines, será flojo, friable, exento de mezclas de sub-suelo, basura, troncos, raíces, piedras, malezas, matorrales u otras materias perjudiciales para el desarrollo adecuado de la vegetación requerida.

La tierra vegetal superior no contendrá piedras con diámetros de 2,5 cm. o mayores y será de buena calidad.

El PH no será menor de 5 ni mayor de 8.

El contenido de materia orgánica será al mínimo del 3% y al máximo del 20%, lo cual se determinará al quemar muestras secadas en horno a peso constante y a una temperatura de 100 grados centígrados.

La tierra vegetal a emplearse, deberá cumplir los requisitos de granulometría y composición que se establecen en las Tablas 827-2.1. y 827-2.2.

Cualquiera que sea el recubrimiento vegetal que se emplee, deberá encontrarse libre de malezas perjudiciales, moho u otras materias dañinas para su desarrollo.

Los fertilizantes o abonos que se empleen serán los adecuados para la especie sembrada, en las cantidades que recomiende el fabricante, si no se indica de otra manera en las disposiciones especiales y deberán ser aprobadas por el Fiscalizador, antes de ser enviados a la obra.

**Tabla 827-2.1.  
GRANULOMETRIA**

<b>Tamiz</b>	<b>% en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada</b>
25,4 mm. (1")	100
6,3 mm. (1/4")	97-100
2,0 mm. (N° 10)	80-100

**Tabla 827-2.2.**

<b>COMPOSICION</b>		
	<b>MINIMO</b>	<b>MAXIMO</b>
Arena	20%	75%
Limo	20%	60%
Arcilla	5%	30%
<b>TAMAÑOS DE PARTICULAS</b>		
Arena	0,075 mm. (tamiz N° 200) hasta 2 mm. (tamiz N° 10)	
Limo	0,005 mm. hasta 0,075 mm. (tamiz N° 200)	
Arcilla	0,005 mm. o menos.	

### **827-3. Semillas y Plantas.**

**827-3.01. Descripción.-** Las clases de semillas, plantas y árboles a utilizar serán las estipuladas en el proyecto y estarán de acuerdo con las condiciones ecológicas de la región.

**827-3.02. Requisitos.-** Las semillas y plantas estarán sujetas a las disposiciones que para el efecto expida el Ministerio de Agricultura.

Las plantas serán de las variedades y tamaños indicados en el proyecto; deberán estar bien desarrolladas, vigorosas y libres de insectos y enfermedades.

Si no se indica de otra forma, todas las plantas deberán provenir de viveros,

transplantadas mediante recortes de raíz, según su variedad y tamaño.

Las plantas se encontrarán sanas, exentas de daños y raspaduras de la corteza, madera muerta o seca, tallos finales rotos, enfermedades por exceso de sol u otros daños o defectos perjudiciales.

Los árboles tendrán los troncos razonablemente derechos, así como buen ramaje.

Todas las plantas suministradas deberán corresponder a sus nombres y llevarán etiquetas con el nombre y tamaño correspondientes.

La sustitución de plantas, por una variedad distinta de la especificada, se podrá efectuar solamente con la aprobación del Fiscalizador.

Las especies y variedades de plantas que se requieran para el control de la erosión, serán aquellas que no hagan daño a los cultivos y cuya siembra haya sido autorizada por el Ministerio de Agricultura.

Las siembras vegetales para controlar la erosión y para el embellecimiento de la calzada deberán hacerse de preferencia durante la época de lluvias.

#### **827-4. Instalaciones para Riego.**

**827-4.01 Descripción.-** En los lugares donde sea posible, se utilizarán las acequias de riego próximas; caso contrario, se deberá recurrir a instalaciones provisionales de riego y al transporte del agua en vehículos. Se utilizarán depósitos de agua y mangueras de plástico con aspersores, para el riego a mano mientras dure la necesidad y la obligación de humedecer el suelo.

**827-4.02. Requisitos.-** El Fiscalizador dará su aprobación al método de riego que no ponga en peligro los macizos de tierra y deberá aprobar la frecuencia e intensidad de los mismos.

Los accesorios para la instalación de tuberías deberán ser del tipo seleccionado entre los normales, para su eficiencia hidráulica y baja pérdida de fricción.

Todos los materiales y equipo, incorporados para las instalaciones de riego, se deben encontrar en perfecto estado y serán aprobados por el Fiscalizador para su utilización.

## SECCION 828. CERCAS Y CERRAMIENTOS

### 828-1. Generalidades.

**828-1.01. Objetivos.-** Esta especificación tiene por objeto determinar los requisitos que deben cumplir los materiales que se emplean para construir cercas, cerramientos u otros similares.

**828-1.02. Alcance y Limitaciones.-** Esta especificación se aplica a cercas de alambre de púas o alambre tejido y cerramientos de malla de alambre, que se requieren para separar la vía de los terrenos aledaños.

La especificación no cubre los barandales o barreras, los cuales tienen sus propias especificaciones, ni las obras que se construyen para seguridad del tráfico, los que deben cumplir sus disposiciones especiales.

### 828-2.Postes.

**828-2.01. Postes Metálicos.-** Los postes metálicos serán construidos de tubos de acero o perfiles estructurales y deben cumplir los requisitos estipulados en la subsección 823-2 de estas especificaciones. Los postes podrán ser galvanizados o pintados, según se indique en las disposiciones especiales.

Sus dimensiones serán las indicadas en los planos, de acuerdo al cerramiento previsto. Los postes deberán entregarse en obra con todos los elementos de sujeción necesarios para sostener las cercas o el alambre propuesto.

**828-2.02. Postes de Madera.-** Si los planos establecen el empleo de éste material, los postes serán de madera dura y resistente, y deberán cumplir con los requisitos estipulados en la Sección 824 de este documento.

Los postes de madera deberán ser extraídos de árboles sanos, rectos, libres de grietas, rajaduras u otros defectos que los hagan estructuralmente inconvenientes. Su longitud no será menor de 2,10 m. y la sección transversal tendrá un perímetro de por lo menos 35 cm. La dimensión menor en cualquiera de las caras, será de 10 cm.

Si se requiere preservar la madera, los postes serán tratados a presión, por cualquier método aprobado por el Fiscalizador, y deberán cumplir lo previsto en la subsección 824-4 de estas especificaciones.

**828-2.03. Ensayos y Tolerancias.-** Los postes de acero y de madera deben satisfacer las tolerancias estipuladas en las secciones mencionadas en los párrafos anteriores, especialmente lo referente a las dimensiones y defectos permitidos en las piezas de madera.

Se permiten nudos sanos en postes de madera, siempre que se proyecten hacia afuera, no tengan oquedades y se hayan tratado adecuadamente. El Fiscalizador podrá aceptar el uso de postes, a su sólo juicio, aunque sus defectos superen lo indicado en la Sección 824.

### **828-3. Mallas y Alambres.**

**828-3.01. Alambre de Púas.-** El alambre de púas utilizado en las cercas deberá ser de acero galvanizado, de dos hilos, y cumplirá con los requisitos estipulados en la norma INEN 884. Se empleará alambre de Clase 300, 400 o 500, de acuerdo a las necesidades de la obra y según la carga de rotura que se requiera, lo cual deberá estar claramente establecido en los planos correspondientes.

El alambre de púas, al ser ensayado a tracción, de acuerdo al método de ensayo establecido en la Norma INEN 884, debe presentar los siguientes valores:

- a) Para Clase 300, entre 200 y 300 daN.;
- b) Para Clase 400, entre 350 y 450 daN.; y,
- c) Para Clase 500, superior a 500 daN.

Los alambres del cordón y de las púas deberán tener un recubrimiento de Zinc, de acuerdo a las condiciones ambientales a las que será expuesto, y este recubrimiento no será inferior a 50, 100 o 200 gr/m<sup>2</sup>., para ambientes inertes, moderados o muy agresivos, respectivamente.

Los detalles de fabricación y disposición del cordón y de las púas deben cumplir con lo establecido en la Norma INEN 884.

**828-3.02. Alambre Tejido.-** El alambre tejido deberá cumplir las estipulaciones de la Norma ASTM A 116. Las dimensiones de la cerca y el diseño del tejido deben estar especificados en los planos.

El alambre superior e inferior deberá ser de por lo menos 3.4 mm., y los alambres interiores y verticales tendrán un diámetro de por lo menos 2.7 mm.

**828-3.03. Malla de Alambre.-** La malla de alambre debe cumplir con los requisitos establecidos en la Norma ASTM A 392 y se construirá con alambre de acero galvanizado, tejido con aberturas de aproximadamente 50 mm.

La altura de la malla y su acabado inferior deben estar especificados en los planos correspondientes.

**828-3.04. Portones.-** Los portones tendrán las dimensiones, formas y detalles

indicados en los planos. Las puertas para peatones serán de 1,20 m. salvo que se haya señalado un ancho diferente.

La estructura o marco para portones y puertas deberá ser construida con tubo de acero galvanizado, de un diámetro no menor a 38 mm. Podrán usarse con este propósito perfiles de acero estructural, si las disposiciones especiales así lo exigen o el Fiscalizador lo autoriza.

La estructura o marco para portones y puertas deberá arriostrarse con barras o riostras de 9 mm. de diámetro. Los marcos llevarán esquineros reforzados o soldados, pero en todo caso formarán una sola pieza, resistente y durable.

Los portones y puertas se sostendrán mediante dos bisagras de acero. La bisagra inferior deberá tener un grillete o casquete para sostener la puerta.

**828-3.05. Misceláneos.-** Los alambres de tensión superior e inferior que sostienen una malla de alambre entre postes, deben ser galvanizados y de un diámetro superior al de la malla.

Todos los dispositivos que aseguren cualquier tipo de señales en una cerca deben ser galvanizados.

Los tensores y torniquetes que se requieran podrán ser de acero inoxidable o de hierro fundido galvanizado, y deberán cumplir con los requisitos estipulados en la Sección 832 de las presentes especificaciones.

El hormigón de cemento Portland empleado para las cimentaciones de los postes, será Clase C, salvo que en los planos o disposiciones especiales se indique otra cosa.

Los procesos de galvanización deberán cumplir lo indicado en la Sección 832 de estas especificaciones.

## SECCION 829. BARANDALES Y BARRERAS

### 829-1. Generalidades.

**829-1.01. Objetivos.-** La presente especificación establece los requisitos que deben cumplir los diferentes tipos de barandales y barreras que se instalan en una obra vial, sea por razones de seguridad o por otras causas.

### 829-2. Barandales de Tubería.

**829-2.01. Requisitos.-** La tubería empleada para este tipo de barandales será de acero corriente de clase comercial. Los puntales, pernos, tuercas, arandelas y otros accesorios serán de acero estructural de clase comercial, excepto cuando se indique en los planos que puede usarse accesorios de tubería de acero corriente.

Los elementos complementarios de los barandales, accesorios y otras piezas requeridas, serán galvanizados de acuerdo con lo estipulado en estas especificaciones.

**829-3. Guarda caminos Tipo Viga Metálica.-** Los elementos de los barandales, secciones terminales, pernos, tuercas y otros accesorios deberán satisfacer los requerimientos especificados en la Norma AASHTO M-180, salvo las modificaciones que expresamente se indican en este numeral. Las láminas de acero empleadas en su fabricación cumplirán los requisitos establecidos en las Normas INEN 114 y 115.

Los elementos de los barandales serán galvanizados y el revestimiento de zinc no será menor de 6 gramos por 100 cm<sup>2</sup>. El proceso de galvanizado deberá ser por inmersión en caliente, de acuerdo a la Norma INEN 672.

Los elementos de los barandales, su superficie, los orificios para pernos, etc. estarán libres de desgarraduras, rebabas, bordes afilados y protuberancias.

Los pernos serán de cabeza redonda y tendrán resaltes interiores que, al ajustarse a los perfiles, prevengan el giro y se produzca un acoplamiento seguro; por lo tanto, los orificios de los elementos de los barandales tendrán una forma similar a los resaltes de los pernos.

Los postes y bloques de madera deberán cumplir lo establecido en la Sección 824 de estas especificaciones. Se los fabricará de acuerdo a las dimensiones indicadas en los planos y se usará solamente un tipo de poste para cada guardacaminos. Los bloques de madera que se usen como espaciadores para guardacaminos de viga metálica, serán de una sección de 20 x 20 cm. y una longitud de 35 cm., salvo que en los planos se indiquen otras dimensiones.



Si los planos indican el empleo de postes de hormigón, se fabricarán con

hormigón Clase "A", de acuerdo con lo especificado en la Sección 801 y llevarán acero de refuerzo el mismo que debe cumplir lo establecido en la Sección 807.

Cuando se especifique el uso de puntales metálicos, éstos cumplirán los requisitos señalados en la Sección 823 de estas especificaciones.

#### **829-4. Barandales de Acero para Puentes.**

**829-4.01. Requisitos.-** Los barandales de acero para puentes se fabricarán de perfiles estructurales, tubos, secciones perfiladas, tubería, láminas o barras del tipo indicado en los planos.

Los perfiles estructurales, láminas, barras, pernos y tuercas serán de acero estructural y cumplirán los requisitos señalados en la Sección 823 de estas especificaciones, mientras que las tuberías serán de acero corriente.

Los manguitos de expansión que se coloquen en los postes de hormigón para la fijación de los barandales, serán metálicos y de un tipo que pueda soportar la carga indicada en los planos.

Los postes de hormigón serán similares a los especificados en el numeral anterior.

#### **829-5. Barandales de Malla de Alambre.**

**829-5.01. Requisitos.-** Los marcos serán de tubería de acero, y los perfiles, placas, barras o pernos serán de 8 mm. de diámetro, tendrán una resistencia mínima a la rotura de 2.300 kg. y serán galvanizados con triple tratamiento, al igual que los tensores de alambre, las grapas, los alambres de amarrado y los anillos para mordaza.

La malla de alambre será de calibre 9, sea cual fuere el barandal, y su carga mínima de rotura será de 550 kg.

Las barreras de malla de alambre para evitar encandilamiento deben cumplir con los requisitos estipulados en las especificaciones particulares de la obra, al igual que cualquier otro tipo de barandal o barrera que no conste en este Capítulo.

## SECCION 830. SEÑALIZACION

### 830-1. Generalidades.

**830-1.01. Objetivos.-** Esta especificación tiene por objeto determinar los requisitos que deben cumplir los materiales que se usarán en la instalación de puentes para señales sobre la vía.

**830-1.02. Alcance y limitaciones.-** Esta especificación no cubre a los materiales que se requieren para la iluminación de señales, ni semaforización, los cuales deberán cumplir con las disposiciones especiales determinadas para el proyecto en particular.

### 830-2. Puentes para Señales.

**830-2.01. Varillas, planchas y láminas.-** Las barras, placas, planchas, los perfiles y en general cualquier otro elemento metálico que se requiera, serán de acero estructural de calidad soldable o soldabilidad garantizada y deberán cumplir lo estipulado en la Sección 832 de las presentes Especificaciones.

**830-2.02. Pernos, tuercas y arandelas.-** Pernos, tuercas y arandelas serán de las dimensiones estipuladas en los planos y disposiciones especiales y deberán cumplir los requisitos estipulados en la norma ASTM A 53, Grado B.

Si el Contratista lo prefiere, los postes podrán fabricarse en acero estructural, los cuales deberán cumplir los requisitos estipulados en la Sección 823 de las presentes Especificaciones, sin costo adicional.

**830-2.04. Anclajes.-** Los anclajes utilizados en la instalación de los puentes para señales, se sujetarán a los requisitos de los planos correspondientes y a lo que corresponda de la Sección 832 de estas Especificaciones.

**830-2.05. Almohadillas de soporte.-** Las almohadillas de soporte deberán cumplir los requisitos estipulados al respecto en la Sección 823 de las presentes Especificaciones.

**830-2.06. Otras piezas.-** Si se han especificado postes y separadores de madera y tacos, deberán cumplir con lo estipulado en la Sección 824 de estas Especificaciones.

Cualquier otro elemento o material que se requiera, deberá cumplir con los requisitos estipulados en las disposiciones especiales de la obra.

Las pinturas deberán cumplir con los requisitos estipulados en la Sección 826 de estas Especificaciones.

## SECCION 831. PEGAS Y RECUBRIMIENTOS EPOXICOS.

### 831-1. Generalidades.

**831-1.01. Objetivos.-** Estas especificaciones se refieren a las resinas epóxicas empleadas en diferentes aplicaciones, en la construcción de obras viales, y a los recubrimientos del mismo material, que se emplean en tuberías metálicas, cuando se requiere de una elevada protección contra la corrosión.

### 831-2. Resinas Epóxicas.

**831-2.01. Requisitos.-** Las resinas epóxicas deberán ser suministradas en forma de dos componentes que se mezclan en el sitio de trabajo, con la formulación especificada en las disposiciones particulares de la obra, o en los planos correspondientes.

Previamente al empleo, el Contratista presentará al Fiscalizador de la Obra muestras de las resinas a emplearse, para su examen y el ensayo correspondiente, adjuntando el Certificado de Cumplimiento expedido por el fabricante y la literatura técnica correspondiente. Se deberá preferir resinas con módulos de elasticidad bajos, en aplicaciones cuyo espesor exceda los 3 mm.

Cada componente deberá embalsarse en envases adecuados, en cantidades tales que se utilice todo el material de un recipiente cada vez. Antes de usarse, se efectuará la mezcla de los componentes del cemento epóxico, en la proporción establecida por el fabricante.

Los envases deberán cumplir con los requerimientos exigidos para embarque de material peligroso, deberán ser nuevos y herméticos para evitar filtraciones. Si los envases tienen revestimiento, éste deberá ser de tal calidad que resista a la acción de los componentes.

Cada envase deberá tener una etiqueta con el nombre del componente, el tipo del mismo (fraguado rápido o normal) nombre del fabricante, fecha de fabricación y todas las instrucciones para el uso, incluidas las precauciones que deben tomarse durante su empleo, y la medicación adecuada en caso de exposición del operario.

No se empleará en la obra ningún componente que indique muestras de haberse cristalizado, de aumento de viscosidad o de sedimentación de pigmentos que no puedan dispersarse rápidamente con una espátula.

Al momento de efectuarse la mezcla, los componentes A y B deberán tener una temperatura entre 15 y 29 grados centígrados, a menos que se especifique lo contrario. Para el mezclado se debe emplear distintas espátulas para agitar cada

componente, los 2 componentes deberán mezclarse en las proporciones especificadas inmediatamente antes de usarse.

Las superficies sobre las cuales se deberá colocar el epoxi, estarán exentas de polvo, pintura, grasa, asfalto o cualquier otro material perjudicial.

Cuando el epóxico se utilice como ligante para hacer hormigones o mortero, los dos componentes deberán ser mezclados antes de añadir los agregados. La proporción de la mezcla deberá consistir en una parte del ligante y cuatro partes del agregado, en volumen, a no ser que se especifique de otra manera en las disposiciones especiales.

El agregado que se utilice en el hormigón o mortero epóxico deberá estar limpio y tener un contenido de humedad no mayor de 0,5 %. El tamaño máximo del agregado no excederá de 1/3 de la dimensión de la cavidad por rellenar con mortero epóxico, o de 25 mm. si se trata de hormigón. No se usará material que pase el tamiz 0.16 mm. (Nº 100).

Todas las superficies sobre las cuales se coloque hormigón o mortero epóxico, deberán llevar una imprimación de una capa de epoxi antes de su colocación.

### **831-3. Recubrimientos Epóxicos.**

**831-3.01 Requisitos.-** Cuando las especificaciones especiales a los planos así lo indiquen, las piezas metálicas que deben resistir ataques de ambientes o suelos corrosivos o agresivos, deben llevar un recubrimiento epóxico, el mismo que se aplicará de la manera que se indica en estas especificaciones.

Las resinas epóxicas a emplearse en el recubrimiento serán fabricadas a partir de monómeros propilénicos o fenólicos, de forma líquida o en polvo. La aplicación de la resina líquida se hará por inmersión, y la resina sólida, mediante tratamientos térmicos y resinas correaccionantes.

El espesor mínimo del recubrimiento será de 0.15 mm., y luego del tratamiento, la pieza presentará una apariencia uniforme, de color homogéneo, sin deformaciones, burbujas y zonas con desprendimientos o rayaduras.

Las piezas tratadas de esta manera deben ensayarse a impacto y doblado, de acuerdo a lo establecido en las Normas ASTM, y no deben mostrar indicios de herrumbre, picaduras, acción galvánica u otra forma de ataque localizado, luego de 1.000 horas en cámara de niebla salina o en cámara de humedad. El Fiscalizador podrá solicitar muestras de material tratado para que sean ensayadas, antes de autorizar el empleo de las piezas en obra.

## SECCION 832. VARIOS Y MISCELANEOS

### 832.1. Subsellado del Pavimento Rígido.

**832-1.01. Generalidades.-** Esta especificación se refiere a las tareas de sellado que se ejecutan entre juntas de diseño o de construcción, sobre las losas que conforman un pavimento rígido, cuyo propósito es impedir que se produzca el fenómeno de lavado de finos o bombeo del material que soporta este tipo de capa de rodadura

**832-1.02. Descripción.-** El material asfáltico para el sub-sellado del pavimento rígido deberá ser el señalado en los planos o en las especificaciones particulares de la obra, exceptuándose todo asfalto que tenga un punto de reblandecimiento entre 82 y 93 grados centígrados.

Cuando se especifique el sellado con lechada de cemento Portland, esta lechada deberá consistir de una parte de cemento Portland, tres partes de agregado fino y agua suficiente para alcanzar la consistencia ordenada por el Fiscalizador

**832-1.03. Requisitos.-** Si se emplea material asfáltico, éste deberá cumplir los requisitos especificados en la Sección 810, dentro de las tolerancias ahí establecidas. En caso de que se requiera del empleo de sellantes con lechada, el cemento Portland, el agregado fino y el agua deberán cumplir los requerimientos de las Secciones 802, 803 y 804, respectivamente.

### 832-2. Mortero Colocado Neumáticamente.

**832-2.01. Descripción.-** Es un mortero de cemento Portland que, por exigencias de la obra, se coloca mediante el empleo de fuerza neumática, que lo proyecta en el lugar donde posteriormente fraguará.

**832-2.02. Generalidades.-** La mezcla seca deberá consistir de una parte de cemento Portland y no más de 4 1/2 partes de agregado fino, mezclados totalmente en estado seco, antes de su colocación en la máquina de distribución. La dosificación se podrá realizar al peso, o en volumen, siempre que el contenido de agua del agregado fino no sea mayor al 6%.

El mortero deberá contener no menos de 360 Kg. de cemento Portland por cada metro cúbico. El agua se añadirá en la boquilla de proyección del equipo empleado.

El acero de refuerzo, cuando se requiera, seguirá lo indicado en los planos y cumplirá lo establecido en el capítulo correspondiente de estas especificaciones.

**832-2.03. Requisitos.-** El cemento Portland, los agregados finos y el agua

para la mezcla, deberán cumplir lo establecido en las Secciones 802, 803 y 804 de estas Especificaciones, y los aditivos especiales que se requieran, deben estar especificados en los planos o especificaciones particulares.

### **832-3. Desagües de la Calzada.**

**832-3.01. Descripción.-** Son los elementos que introducen todos los efluentes acumulados en la calzada, hacia las tuberías que conforman el alcantarillado, para su desalojo adecuado.

**832-3.02. Requisitos.-** Los elementos de metal y las piezas de hormigón especificadas para estas tareas, deben cumplir con las dimensiones indicadas en los planos.

Todos los elementos necesarios deben satisfacer los requerimientos establecidos en las especificaciones de la correspondiente empresa de alcantarillado de la jurisdicción, y a su falta, los establecidos en las Normas que para el efecto ha expedido el Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias.

### **832-4. Galvanización.**

**832-4.01. Descripción.-** Es el proceso mediante el cual se cubren superficies metálicas con una capa de zinc para efectos de alargar su vida útil, al protegerlas del deterioro.

**832-4.02. Requisitos.-** El proceso de galvanización se sujetará a lo establecido en las Normas INEN 621, 622 y 952, según corresponda, considerando además las siguientes recomendaciones particulares.

El galvanizado no es necesario para las piezas hechas de metal resistente a la corrosión como el acero inoxidable y el metal monel.

El galvanizado deberá hacerse después de fabricar las secciones más grandes y después de realizar las operaciones de cizallar, cortar, punzonar, formar, taladrar, fresar, doblar, soldar, y remachar.

Todas las áreas soldadas deberán limpiarse completamente antes de galvanizar, a fin de remover las escamaduras u otro material que pueda interferir con la adherencia del zinc.

Los conjuntos que deben unirse con pernos se galvanizarán separadamente antes de armarlos.

Cuando se necesite enderezar cualquier pieza después de galvanizar el trabajo se hará sin ocasionar daño al recubrimiento de zinc

Las superficies galvanizadas que deben pintarse después de este tratamiento, no deberán limpiarse empleando decapadores químicos u otros productos semejantes, pues se puede deteriorar el galvanizado.

Las superficies galvanizadas que han sido deterioradas por abrasión u otra causa, serán reparadas limpiando completamente con cepillo de alambre todo recubrimiento desprendido o resquebrajado y luego pintando con dos manos de pintura de base rica en zinc con solvente orgánico, sin diluyente.

### **832.a - Galvanización**

Este ítem norma la galvanización y reparación de metales y se sujetarán a las normas establecidas por INEM en caso de insuficiencia de especificaciones se recurrirá a las siguientes recomendaciones establecidas por el ASTM.

La galvanización deberá estar de acuerdo con lo siguiente.

<b>ITEMS</b>	<b>SPECIFICATION</b>
1.- Ítem fabricados, rolados, formas de acero presados o forjados, platinas, tubos, ítem tubulares.	ASTM. A 123
2.- Acero, o hierro de reparto.	ASTM. A 153, clase A
3.- Pernos, tuercas, tornillos, arandelas y otros materiales de ferretería.	ASTM. A 153 Clase C ò D ò ASTM. B 695 Clase 50
4.- Sujetadores misceláneos cuando son permitidos en planos y especificaciones.	ASTM. B 633 clase Fe/Zn 8.
5.- Formas permanentes de metal en losas superiores, ángulos de soporte y la incidencia de otros ítems.	ASTM. A 525 Designación Z 600 ò AASHTO M-180
6.- Elementos para vigas W.	ASTM. A 525 Designación Z 450

### **832-5. Elementos de Sujeción.**

**832-5.01. Descripción.-** Los elementos de sujeción consistirán de pernos con tuercas y arandelas necesarias, pasadores y conectores especiales, espigas, clavos, tornillos, alcayatas y otros dispositivos metálicos para sujeción

**832-5.02. Requisitos.-** Los pernos comunes, tornillos y espigas podrán ser de hierro forjado, acero al carbono de grado intermedio, acero inoxidable, o del material que se especifique en los planos y deberán cumplir con las normas

INEN correspondientes.

Las arandelas serán del tipo y dimensiones especificados en los planos, y cumplirán los requisitos generales estipulados en las Normas INEN 1.264, 1.248 y 1.256.

Los clavos serán del tipo de alambre común o de acero, según los requerimientos de la obra, tendrán la dimensión necesaria para asegurar un buen acoplamiento de las piezas y cumplirán los requisitos de las Normas INEN 612 y 626.

Si se requiere de elementos de sujeción galvanizados, este proceso cumplirá con lo estipulado en el numeral anterior.

**832-5.03. Tolerancias.-** Las tolerancias para arandelas planas son las señaladas en la norma INEN 1.287 y 1.290 en forma opcional.

Los clavos de acero deberán cumplir con las tolerancias que se estipulan en la norma INEN 612