

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN ESTRUCTURADO DE  
MANERA INDEPENDIENTE PREVIO A LA OBTENCIÓN  
DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**TEMA:**

---

**“EL HORMIGÓN DE BAJA DENSIDAD Y SU APLICACIÓN EN  
BLOQUES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS”**

---

**AUTOR:** Alex Bladymir Fonseca Acosta.

**TUTOR:** ING Mg. SANTIAGO MEDINA

**Ambato – Ecuador**

**2015**

## **PÁGINA DE APROBACIÓN POR EL TUTOR**

Certifico que la presente tesis de grado fue realizada por el Sr. Alex Bladymir Fonseca Acosta, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, este proyecto se desarrolló bajo mi dirección, es un trabajo estructurado de manera independiente, personal e inédito y ha sido concluido bajo el título "EL HORMIGÓN DE BAJA DENSIDAD Y SU APLICACIÓN EN BLOQUES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS". Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Ambato, Abril 2015.

---

Ing. Mg. Santiago Medina  
TUTOR DE TESIS

## **PÁGINA DE AUTORÍA DE LA TESIS**

Yo, Alex Bladymir Fonseca Acosta, con C.I. 050303763-2, tengo a bien indicar que los criterios emitidos en el trabajo de graduación " EL HORMIGÓN DE BAJA DENSIDAD Y SU APLICACIÓN EN BLOQUES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS " como también los contenidos presentados, las ideas, análisis, síntesis son de exclusiva responsabilidad de mi persona en calidad de autor de este trabajo investigativo.

Ambato, Abril 2015.

---

Alex Bladymir Fonseca Acosta.

AUTOR

## **DEDICATORIA.**

Este trabajo se lo dedico con mucho cariño a mi madre Lilia Acosta, porque a pesar de todos los problemas que hemos tenido ha sabido tener fuerza y sabiduría para superarlos y no dejarse vencer dándonos la mano y apoyando su hombro cuando la hemos necesitado, ella es la que da sentido a mi vida y soy muy dichoso de tenerla, a mi Dios por darme la vida y permitirme que este aquí hoy esforzándome para salir adelante y ser útil a la sociedad.

**Alex Bladymir**

## **AGRADECIMIENTO**

### **A mi Novia.**

Diana Soria por estar pendiente de mí enseñándome que con esfuerzo y dedicación se puede lograr todo. Tu has sabido apoyarme en mis ideas ayudándome mucho para cumplir todas mis metas y algo que nunca olvidare y que lo sabré agradecer siempre, cuando cuidaste de mi aquella vez que pase varios días internado por cuestiones de salud gracias te amo.

### **A mi Hermana.**

Gissela Marili la menor quien comparte conmigo todas sus alegrías y tristezas ella está junto a mí en las buenas y en las malas gracias por ser parte de mi vida siempre te voy a querer y cuidare de ti hasta el último día de mi existencia.

### **A mi Tutor.**

Ingeniero Santiago Medina por compartir su conocimiento conmigo ayudándome en la dirección y ejecución de mi tesis.

**Alex Bladymir**

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

### A) PÁGINAS PRELIMINARES

PORTADA.....	I
PÁGINA DE APROBACIÓN POR EL TUTOR.....	II
PÁGINA DE AUTORÍA DE LA TESIS.....	III
PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	IV
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	XII
RESUMEN EJECUTIVO.....	XIII
<b>B) TEXTO. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>XIV</b>

### CAPÍTULO I

#### EL PROBLEMA

1.1 TEMA: .....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2.1 Contextualización.....	1
1.2.2 Análisis Crítico.....	4
1.2.3 La Prognosis.....	5
1.2.4 Formulación del Problema.....	7
1.2.5 Interrogantes subproblemas.....	7

1.2.6 Delimitación del Problema.....	7
Delimitación Espacio.....	7
Delimitación Temporal.....	8
Delimitación Contenido.....	8
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	8
1.4 OBJETIVOS.....	9
1.4.1 Objetivo General: .....	8
1.4.2 Objetivos Específicos: .....	9

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	10
2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA. ....	12
2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL.....	12
2.4 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES.....	13
2.4.1 Supraordinación de las variables.....	13
2.4.2 Definiciones.....	14
2.5 HIPÓTESIS.....	42
2.6 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES.....	42
Variable Independiente.....	42
Variable Dependiente.....	42

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

3.1 ENFOQUE.....	43
3.2 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	43
3.3 NIVEL Y TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	43
3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	44
3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	45
3.5.1 Variable Independiente.....	45
3.5.2 Variable dependiente.....	46
3.6 PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	47
3.7 PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	48

## **CAPÍTULO IV**

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

4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	49
4.1.1 Ensayos Realizados.....	49
4.1.1.1 Agregado Grueso.....	49
4.1.1.2 Agregado fino.....	49
4.1.1.3 Mezcla de los Agregados.....	49
4.2 INTERPRETACIÓN DE DATOS.....	59
4.2.1 INTERPRETACIÓN DE DATOS AGRAGADO GRUESO.....	59
4.2.2 INTERPRETACIÓN DATOS AGREGADO FINO.....	59



4.2.3 INTERPRETACIÓN DE MEZCLA DE AGREGADOS.....	60
4.2.4 DENSIDAD REAL DEL CEMENTO.....	57
4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	60

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1 CONCLUSIONES.....	61
5.2 RECOMENDACIONES.....	64

## **CAPÍTULO VI**

### **PROPUESTA**

6.1 DATOS INFORMATIVOS.....	65
6.1.1 AGREGADO FINO.....	65
6.1.2 AGREGADO GRUESO.....	65
6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.....	66
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.....	68
6.6 FUNDAMENTACIÓN.....	68
6.6.1 Propiedades mecánicas del hormigón.....	69
6.6.1.2 Propiedades del hormigón en estado fresco.....	69
6.6.1.3 Propiedades del hormigón en estado endurecido.....	73

6.7 METODOLOGÍA.....	80
6.7.1 Dosificación de Hormigón para un $f'c=60\text{kg/cm}^2$ .....	82
6.7.2 Dosificación de Hormigón para un $f'c=45\text{kg/cm}^2$ .....	83
6.7.3 Propiedades del hormigón en estado fresco.....	84
6.7.4 Resistencia a la compresión en muestras.....	88
6.7.4.1 Interpretación de ensayos para $f'c = 60\text{kg/cm}^2$ .....	92
6.7.4.2 Interpretación de ensayos para $f'c = 45\text{kg/cm}^2$ .....	93
6.7.5 Capacidad de absorción del hormigón.....	94
6.7.5.1 Interpretación de datos.....	97
6.7.6 Conclusiones.....	98
6.7.7 Recomendaciones.....	100
6.8 ADMINISTRACIÓN.....	101
6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN.....	101
BIBLIOGRAFÍA.....	102
FOTOGRAFÍAS DEL DESARROLLO DEL PROYECTO.....	105

### **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla N.- 1: Tamaño de los Tamices ASTM C33.....	16
Tabla N.- 2: Ejemplo del cálculo del módulo de finura.....	18
Tabla N.- 3: Requisitos de resistencia norma ASTM c 90-85.....	36
Tabla N.- 4: Requisitos de absorción norma ASTM c 90-85.....	37
Tabla N.- 5: Requisitos de contenido de humedad para unidades tipo I.....	38
Tabla N.- 6: Dimensión nominal de los bloques huecos de concreto.....	39

Tabla N.- 7: Análisis granulométrico del agregado grueso.....	50
Tabla N.-8: Peso unitario suelto del agregado grueso y agregado fino.....	51
Tabla N.-9: Peso unitario compactado del agregado grueso y Agregado fino.....	51
Tabla N.- 10: Densidad real y capacidad de absorción del Agregado grueso.....	52
Tabla N.11: Análisis granulométrico del agregado fino (arena).....	53
Tabla N.- 12: Peso unitario suelto del agregado grueso y agregado fino.....	54
Tabla N.- 13: Peso unitario compactado del agregado grueso y agregado fino.....	54
Tabla N.- 14: Densidad real y capacidad de absorción del agregado fino.....	55
Tabla N.- 15: Peso unitario compactado de la mezcla.....	56
Tabla N.- 16: Densidad real del cemento.....	57
Tabla N.- 17: Especificaciones del aditivo impermeabilizante.....	58
Tabla N.- 18: Resultados piedra pómez .....	59
Tabla N.- 19: Resultados arena.....	59
Tabla N.- 20: Resultados mezcla de los agregados .....	60
Tabla N.- 21: Consistencia del hormigón.....	70
Tabla N.- 22: Resistencia a la compresión del hormigón basada en la relación agua/cemento.....	77
Tabla N.- 23: Cantidad de pasta para distintos asentamientos.....	77
Tabla N.- 24: Resultados de la dosificación al peso.....	79

Tabla N.- 25: Características generales de los bloques y paneles pre fabricados de hormigón para mampostería.....	80
Tabla N.- 26: Valores extrapolados de la relación agua/cemento en la tabla 6.6.1 .....	80
Tabla N.- 27: Propiedades del hormigón fresco.....	84
Tabla N.- 28: Propiedades del hormigón fresco.....	85
Tabla N.- 29: Propiedades del hormigón fresco.....	86
Tabla N.- 30: Propiedades del hormigón fresco.....	87
Tabla N.- 31: Resistencia a la compresión del hormigón.....	88
Tabla N.- 32: Resistencia a la compresión del hormigón.....	89
Tabla N.- 33: Resistencia a la compresión del hormigón.....	90
Tabla N.- 34: Resistencia a la compresión del hormigón.....	91
Tabla N.- 35: Muestras cilíndricas de 100mm x 200mm.....	94
Tabla N.- 36 Muestras cilíndricas de 100mm x 200mm (impermeabilizadas).....	95
Tabla N.- 37 Muestras cilíndricas de 100mm x 200mm (impermeabilizadas).....	96

## **INDICE DE GRÁFICOS**

Gráfico N.- 1 Estructura del hormigón de baja densidad una vez cumplida la etapa de fraguado.....	2
Gráfico N.- 2 Ubicación de la cantera para extraer la arena para la elaboración del hormigón de baja densidad.....	3
Gráfico N.- 3 Ubicación de la cantera para extraer la piedra pómez para la elaboración del hormigón de baja densidad.....	4
Gráfico N.- 4 Materiales utilizados para la elaboración del hormigón de baja densidad.....	5

Gráfico N.- 5 Pared 100% de hormigón de baja densidad Libre de humedad y moho.....	6
Gráfico N.- 6 Pared de mampostería con humedad.....	6
Gráfico N.- 7 Bloques de hormigón de baja densidad y sus medidas.....	33
Gráfico N.- 8 Paneles de hormigón prefabricado.....	41
Gráfico N.- 9 Hormigón en estado endurecido impermeable.....	58
Gráfico N.- 10 Cono de Abrams.....	71
Gráfico N.- 11 Ensayo Cono de Abrams.....	72
Gráfico N.- 12 Compresión en Cilindros de Hormigón.....	75
Gráfico N.- 13 Toma de muestras cilíndricas de hormigón.....	75
Gráfico N.- 14 Curva edad en días vs resistencia a la compresión del hormigón en muestras curadas elaborado con cemento hidráulico .....	81
Gráfico N.- 15 Curva Días de Edad vs Resistencia a la Compresión del Hormigón % en muestras curadas $f'c = 60\text{kg/cm}^2$ .....	92
Gráfico N.- 16 Curva Días de Edad vs Resistencia a la Compresión del Hormigón % en muestras no curadas $f'c = 60\text{kg/cm}^2$ .....	92
Gráfico N.- 17 Curva Días de Edad vs Resistencia a la Compresión del Hormigón % en muestras curadas $f'c = 45\text{kg/cm}^2$ .....	93
Gráfico N.- 18 Curva Días de Edad vs Resistencia a la Compresión del Hormigón % en muestras no curadas $f'c = 45\text{kg/cm}^2$ .....	93
Gráfico N.- 19 Capacidades de absorción del hormigón de baja densidad sin aditivo vs el hormigón de baja densidad con aditivo impermeabilizante.....	97

## RESUMEN EJECUTIVO

**TEMA:** “EL HORMIGÓN DE BAJA DENSIDAD Y SU APLICACIÓN EN BLOQUES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS.”

**AUTOR:** Alex Bladymir Fonseca Acosta.

**TUTOR:** Ing. M.S.c. Santiago Medina.

**FECHA:** Febrero 2015.

Para la ejecución de este proyecto de investigación se realizó el estudio de los agregados de dos canteras de la provincia de Cotopaxi de las cuales se explotan la arena y la piedra pómez, estas canteras son las más comunes y las que más venden su producto a constructores y fabricantes de pre fabricados y mampostería para la construcción, estos agregados fueron examinados y controlados tal como especifica la norma NTE INEN 872.

Se procedió a realizar la dosificación respectiva con estos agregados para una resistencia  $f'c = 60 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c = 45 \text{ kg/cm}^2$  en los laboratorios de la facultad de Ingeniería Civil utilizando el método de dosificación de hormigones por la densidad máxima de la Universidad Central del Ecuador, también se utilizaron aditivos para mejorar la trabajabilidad del hormigón y un aditivo impermeabilizante para determinar la permeabilidad de los hormigones elaborados con y sin aditivo.

Con la elaboración de estos hormigones se tomaron muestras cilíndricas para ser curadas y no curadas y para ser ensayadas a los (7, 14, 21, 28) días con la finalidad de determinar cuáles son los hormigones que alcanzan una resistencia mayor

Con la finalidad de determinar la permeabilidad del hormigón se utilizó un aditivo impermeabilizante en la dosificación de los hormigones realizados con las cantidades recomendadas por el fabricante dando así muy buenos resultados en la elaboración del hormigón de baja densidad.

## **B) TEXTO. INTRODUCCIÓN.**

El hormigón es el material más utilizado en la construcción su textura y resistencia puede variar de acuerdo a los materiales utilizados en la mezcla por lo general está compuesto por cuatro materiales básicos como son: cemento, arena, grava y agua, se puede mejorar sus propiedades con la presencia de ciertos aditivos recomendados por las normas técnicas vigentes.

Algunas investigaciones en los últimos años han permitido desarrollar nuevas tecnologías y varias tendencias en la elaboración de los hormigones, como es en este caso se desarrolló un hormigón de baja densidad ideal para la elaboración de bloques de mampostería y elementos prefabricados para la construcción todo esto se desarrolló bajo normas técnicas recomendadas.

Día a día se utiliza el hormigón de baja a densidad en las construcciones en cual ayuda a disminuir el peso a la estructura y contribuye con la reducción de la humedad en paredes gracias a los aditivos impermeabilizantes.

En el presente trabajo se realizara la dosificación correcta como lo describe la norma ASTM C90-85 la cual recomienda la resistencia que debe tener un hormigón para la elaboración de elementos prefabricados de mampostería como son los bloques para paredes interiores y exteriores, los cuales estarán expuestos a varios agentes agresivos como son la humedad y la erosión por los climas variables que tenemos en la provincia y el país

Las propiedades del hormigón varían en gran medida y esto depende de la calidad de los materiales y las proporciones de los agregados utilizados en la mezcla, de las condiciones de humedad y temperatura, durante los procesos de fabricación y de fraguado se pueden afectar la resistencia final de los elementos fabricados esto puede ser por motivos de transporte y colocación de los mismos.

# CAPÍTULO I

## EL PROBLEMA

### 1.1 TEMA

“EL HORMIGÓN DE BAJA DENSIDAD Y SU APLICACIÓN EN BLOQUES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS”

### 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN

El hormigón o concreto es un material compuesto empleado en construcción formado esencialmente por un aglomerante al que se añade: partículas o fragmentos de un agregado, agua y aditivos específicos. La técnica del hormigón está muy desarrollada en el siglo XXI permitiendo soluciones muy complejas.

El aglomerante es en la mayoría de las ocasiones cemento (generalmente cemento Portland) mezclado con una proporción adecuada de agua para que se produzca una reacción de hidratación. Las partículas de agregados, dependiendo fundamentalmente de su diámetro medio, son los áridos (que se clasifican en grava, gravilla y arena). La sola mezcla de cemento con arena y agua (sin la participación de un agregado) se denomina mortero. Dependiendo de las proporciones de cada uno de sus constituyentes, existe una tipología de hormigones.

Se considera *hormigón pesado* aquel que posee una densidad de más de 3200 kg/m<sup>3</sup> debido al empleo de agregados densos (empleado en protección contra las radiaciones), el *hormigón normal* empleado en estructuras que posee una densidad de 2400 kg/m<sup>3</sup> y el *hormigón ligero* con densidades iguales o menores a 1800



kg/m<sup>3</sup> La principal característica estructural del hormigón es que resiste muy bien los esfuerzos de compresión, pero no tiene buen comportamiento frente a otros tipos de esfuerzos (tracción, flexión, cortante, etc.), por este motivo es habitual usarlo asociado a ciertas armaduras de acero, recibiendo en este caso la denominación de *hormigón armado*, o *concreto pre-reforzado* en algunos lugares; comportándose el conjunto muy favorablemente ante las diversas sollicitaciones.<sup>1</sup>

El hormigón de baja densidad es un material de construcción, destinado a las obras civiles. Producido exclusivamente a partir de materias primas naturales, se compone de arena, piedra pómez (chasqui), cemento, agua. Y si se requiere mayores resistencias es recomendable añadir fibras sintéticas y diferentes aditivos de acuerdo al uso que vaya a ser destinado.<sup>1</sup>



**GRÁFICO N.-1 Estructura del hormigón de baja densidad una vez cumplida la etapa de fraguado.**

El hormigón liviano o de baja densidad se puede elaborar en obra o en fábricas donde se producen los bloques de mampostería. En obra es ideal para contrapisos, carpetas, rellenos e inyecciones; también utilizable en muros o tabiques con moldes adecuados que no sean expuestos a cargas muy elevadas. En obra se utilizan máquinas que se componen de una mezcladora, para elaborar el hormigón, aditivos, y una bomba de impulsión o tornillo sinfín (rotor / estator) que lo transporta a los pisos superiores.

---

<sup>1</sup> FUENTE: <http://es.wikipedia.org/wiki/Hormig%C3%B3n>

Se define a la durabilidad del hormigón como la capacidad para comportarse satisfactoriamente frente a las acciones físicas y químicas agresivas a lo largo de la vida útil. Por tanto no solo hay que considerar los efectos provocados por las cargas y solicitaciones, sino también las condiciones físicas y químicas a las que se expone. Por ello se considera el tipo de ambiente en que se va a encontrar la estructura y que puede afectar a la erosión del hormigón, ambientes químicos agresivos, zonas afectadas por ciclos de hielo-deshielo, etc. Para garantizar la durabilidad del hormigón frente a la erosión es importante realizar un hormigón con una permeabilidad reducida, realizando una mezcla con una relación agua/cemento baja, una compactación idónea, un peso en cemento adecuado y la hidratación suficiente de éste añadiendo agua de curado para completarlo.<sup>2</sup>



***GRÁFICO N.-2 Ubicación de la cantera para extraer la arena para la elaboración del hormigón de baja densidad.***

- Cantera Santa Anita S01°04.301` ; O078°35.687` ; 2628msnm  
Sector Panzaleo Salcedo - Cotopaxi.

---

<sup>2</sup> FUENTE: <http://es.wikipedia.org/wiki/Hormig%C3%B3n#Durabilidad>



***GRÁFICO N.-3 Ubicación de la cantera para extraer la piedra pómez para la elaboración del hormigón de baja densidad.***

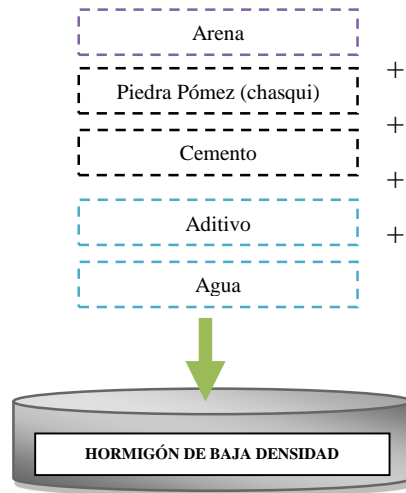
- Cantera San Mateo S00°58.335`; O078°37.440`; 2770msnm  
Sector Tiobamba Salache Latacunga – Cotopaxi.

### **1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO**

La construcción se viene dando desde muchos años atrás pero actualmente se puede apreciar la gran demanda que tiene en todo el país y desde luego en el mundo entero, se puede construir de diferentes maneras y utilizando muchos materiales como es el hormigón el mismo que es un material confiable y que puede alcanzar resistencias muy altas y su comportamiento puede ser excelente si se lo realiza cuidadosamente aplicando normas que tenemos actualmente vigentes.

Actualmente se realizan construcciones en las diferentes ciudades del país de gran magnitud y funcionalidad para la ciudadanía así como el incremento en la explotación minera tanto de los áridos finos y gruesos, es por eso que se propone una nueva manera de elaborar un hormigón de baja densidad (liviano) con materiales que no son usados comúnmente en la elaboración del hormigón tradicional como son fibras sintéticas, aditivos inclusores de aire, y las resistencias serán ajustables de acuerdo al diseño que se lo realice, será un hormigón ideal para elementos prefabricados como bloques para mampostería, pisos, paredes enteras etc. aceptables para una vivienda familiar.

En este diseño para la elaboración del hormigón de baja densidad se ocupará: arena, piedra pómez (chasqui), cemento, fibras sintéticas, aditivos incluso de aire, agua, todos estos materiales en sus dosificaciones adecuadas para ajustarse a la resistencia requerida.



**GRÁFICO N.- 4 Materiales utilizados para la elaboración del hormigón de baja densidad.**

Estos agregados deben cumplir normas y requisitos técnicos para poder ser ocupados en la elaboración del hormigón de baja densidad o también conocido en diferentes lugares como hormigón liviano u hormigón celular.<sup>3</sup>

### 1.2.3 LA PROGNÓISIS

De no lograrse la evaluación y ejecución de este proyecto lamentablemente muchas personas, constructores y entidades desconocerían de este tipo de hormigón para ser aplicado en la construcción ya que es mucho más rápido

---

<sup>3</sup> FUENTE: [http://www.youtube.com/watch?v=U8l\\_7XSs9QE](http://www.youtube.com/watch?v=U8l_7XSs9QE)

CD ilustrativo EasyCrete

[www.easycrete.us](http://www.easycrete.us)

construir si se lo aplicaría en paredes o pisos prefabricados, fácil de instalar en la obra destinada, mucho más resistente que la mampostería tradicional, se lo puede acerrar (cortar), perforar. Y su comportamiento de acuerdo al uso que se lo vaya a dar es similar o mejor que el material común y corriente que se lo ocupa actualmente.

Debido a que el Ecuador es un País con alto riesgo sísmico es de suma importancia conocer y aprender a seleccionar los materiales que se van a ocupar en la construcción, de esta manera podemos evitar daños a estructuras y elementos de mampostería, también se puede evitar la humedad como es en paredes de la vivienda o edificación ya que gracias a los aditivos que se va a ocupar el elemento será impermeable y el acabado si se lo ocupa en paredes directamente será totalmente liso dependiendo de la calidad del molde que se utilice.



**GRÁFICO N.-5**  
***Pared 100% de hormigón  
de baja densidad Libre de  
humedad y moho.***



**GRÁFICO N.-6**  
***Pared de mampostería con  
humedad.***

#### **1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cómo influyen los agregados y materiales en la producción de un hormigón de baja densidad ideal para la elaboración de elementos prefabricados como son los bloques en la construcción de obras civiles?

#### **1.2.5 INTERROGANTES SUBPROBLEMAS**

¿Existen los estudios de los agregados para la elaboración de un hormigón de baja densidad en la ciudad de Salcedo y San Felipe Latacunga, Provincia de Cotopaxi?

¿Cuáles son las propiedades de los agregados que afectan directamente a la resistencia final del hormigón de baja densidad?

¿Cuáles son las cantidades adecuadas de cada material para realizar la mezcla y obtener un hormigón de buena calidad y baja densidad?

#### **1.2.6 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA**

##### **DELIMITACIÓN ESPACIO**

Los materiales se utilizarán de la ciudad de Salcedo Parroquia Panzaleo y Tiobamba Salache ciudad de Latacunga Provincia de Cotopaxi, pues son las que más producción y venta de material tienen en la provincia, incluso constructores y transportistas de otras provincias adquieren el material de estas canteras y depósitos para ser transportados a otras ciudades.

Cantera Santa Anita: Agregado fino (arena) Ubicada en el sector de Panzaleo. Junto al Peaje Panavial.

Cantera San Mateo: Agregado grueso (Piedra Pómez) Ubicada en el sector de Tiobamba Salache Ciudad de Latacunga.

## **DELIMITACIÓN TEMPORAL**

La presente investigación se llevará a cabo en Abril del año 2014 a Noviembre del año 2014

## **DELIMITACIÓN CONTENIDO**

Área: Geotecnia, Mecánica de Suelos, Ensayo de materiales

Aspecto: Ensayo de Materiales

Campo: Ingeniería civil

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

La presente investigación se la realiza con el fin de conocer las propiedades y la calidad de los agregados para elaborar un material para la construcción que tiene como resultado final un hormigón de baja densidad y resistente que podrá ser utilizado en la construcción de obras civiles en todas las ciudades del país, cumpliendo con las respectivas normas de la construcción y garantizando funcionalidad y seguridad.

La información que arroje este proyecto será de mucha utilidad para constructores, propietarios, entidades públicas y privadas ya que permitirá confiar en la elaboración de este hormigón y desde luego en la colocación del mismo en edificaciones y elementos prefabricados.

Es muy beneficioso obtener estos resultados debido a que se puede tener un ahorro económico proyectándose a que en un futuro se puede evitar la humedad y moho como también la duración en paredes además que es fácil de repararlo si se necesita hacer alguna modificación.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

Estudiar el hormigón de baja densidad y su aplicación en bloques para la construcción de viviendas.

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar las propiedades de los agregados que serán utilizados en la elaboración del hormigón de baja densidad.
- Evaluar si los agregados y materiales que se van a utilizar son aptos para la producción del hormigón de baja densidad.
- Estudiar otros materiales y aditivos para producir un hormigón liviano.



## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

El hormigón es el segundo compuesto con mayor volumen de consumo en el planeta y es de gran importancia en el desarrollo económico de un país. Es el más común de los materiales provenientes de la mezcla de cemento, agregados, agua y aditivos.

A este tipo de material se lo conoce también como hormigón celular, este es un material homogéneo y macizo (aunque ligero) con aislamiento “repartido”, ya que no necesita el uso de aislamiento adicional. Se trata de un producto “2 en 1”: portante y aislante, no necesita ningún aislamiento interior complementario. Su estructura alveolar, compuesta por millones de micro células de aire, le confiere sus propiedades de aislamiento térmico.

Como referencia para este proyecto se tomaran ideas y sugerencias de hormigón y muros prefabricados de EasyCrete que es una Empresa de Estados Unidos que actualmente está en Ecuador a promocionando y ofreciendo su producto pues ellos realizan muros y elementos prefabricados con hormigón de baja densidad estos se utilizan como paredes perimetrales, barreras de sonido, paredes de divisiones de recamaras, y como solución de muro de contención atractivo. Los productos se especifican en repetidas ocasiones por los arquitectos e ingenieros para una variedad de proyectos para grandes y pequeñas construcciones como conjuntos residenciales y comerciales, parques y centros recreativos etc.

Es un gran producto a un precio justo explica EasyCrete a los constructores, debido a que los materiales que dan como resultado final al hormigón de baja densidad son fáciles de conseguir y su producción de igual manera es fácil de realizarla incluso explican que su resistencia final puede ser ajustada al gusto del beneficiario, de igual manera la instalación se la puede hacer en corto tiempo, su textura permite realizar cambios como acerrar, atornillar si tuviese algún tipo de modificación a ultima hora y la fabricación se la realiza a las medidas que el usuario las ordene.

Si se ha instalado correctamente este producto puede durar más de 30 años explica EasyCrete, actualmente paredes de hormigón de baja densidad fabricados desde hace 30 años están todavía en pie fuerte. Incluso a este hormigón puede ser pre-tintado de colores. EasyCrete tiene los mejores programas de certificación y de instalación, en Estados Unidos se usa mucho las paredes de hormigón prefabricadas con este tipo de hormigón.

La empresa Holcim S.A. con su Hormigonera ubicada en la Ciudad de Quito realizo este tipo de hormigón conjuntamente con EasyCrete del Ecuador y lo transporto en sus camiones Mixer a la construcción de unos muros de polvorín para pruebas de resistencia balística y detonaciones, con el objetivo de almacenar municiones y armamentos en el comando conjunto de Fuerzas Armadas de las diferentes bases del País consiguiendo así un hormigón con una resistencia a la compresión  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$  y una densidad de  $1600\text{kg/m}^3$  con los materiales mencionados anteriormente, estos muros fueron reforzados con varillas de 12mm, una malla de policarbonato en la cara superior y fibras de vinil de nicon con una relación de 2kg por cada metro cubico de hormigón.

Hay que resaltar que este es el único hormigón celular que se lo puede verter, vibrar, paletear igual que un hormigón convencional, la viscosidad de la masa del hormigón EasyCrete no permite que las burbujas de aire se escapen y que se queden siempre en la matriz del hormigón celular.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> FUENTE: <http://www.easycrete.net/> Guía práctica para el constructor 2013

Según Jiménez Montoya no es posible hacer un buen hormigón sin una buena arena. Las mejores arenas son las de río, que normalmente son cuarzo puro, por lo que aseguran su resistencia y durabilidad <sup>5</sup>

## **2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA**

Es de mucha importancia conocer el tipo y la calidad de los agregados que son utilizados en la construcción de las obras civiles como también los materiales que serán el resultado de mezclas, ya que de esta manera se puede ahorrar tiempo, dinero y lo más importante la durabilidad de los elementos que conforman una edificación, y por lo mismo estos deben ser de buena calidad para tener como resultado final hormigones de buena resistencia, confiabilidad y económicos. Este proyecto de investigación se lo realiza con la finalidad de conocer el comportamiento de este material que se lo ocupará para realizar elementos prefabricados como muros, paredes, pisos, etc. para la construcción de obras civiles. y de esta manera realizar ensayos en los laboratorios para proponer un diseño adecuado para la elaboración del hormigón de baja densidad.

## **2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL**

Para elaborar el hormigón de baja densidad o también conocido como hormigón celular se realizará la investigación respectiva la cual será sustentada en base al instituto ecuatoriano de normalización, en la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1855-1 HORMIGÓN PREMEZCLADO REQUISITOS, NTE INEN 1855-2 :2001 primera edición HORMIGONES. HORMIGÓN PREPARADO EN OBRA REQUISITOS. En el capítulo 5 de la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1855-1 : 2001, la cual describe los requisitos específicos de los materiales con los que se va a realizar la producción del hormigón en estado fresco y no endurecido, también se sustentará en la norma ASTM C143, que se refiere a los ensayos de los materiales al tomar probetas de hormigón, norma INEN 872 la cual especifica los requisitos que deben cumplir los áridos así como los ensayos

---

<sup>5</sup> FUENTE. *Hormigón armado de Jiménez Montoya 14 Edición*

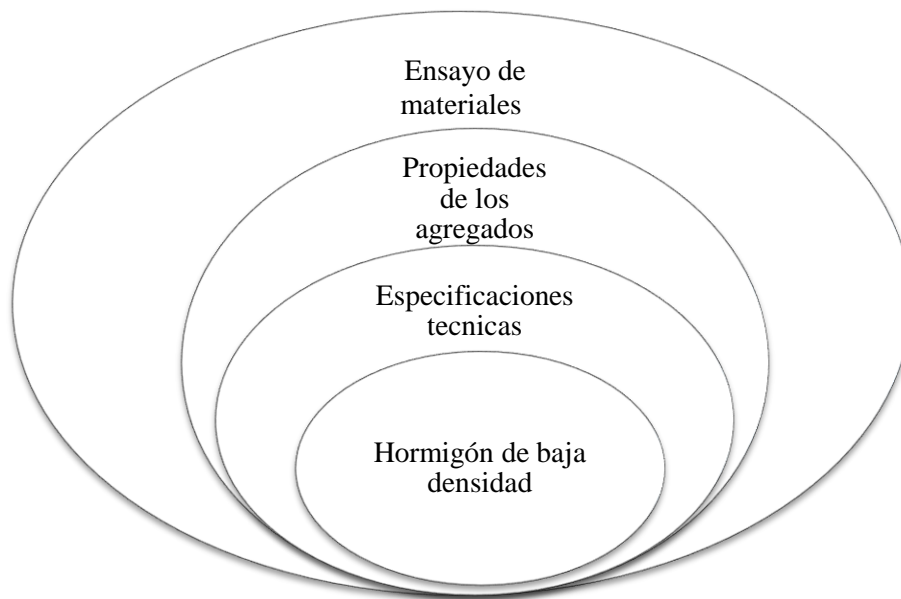
obligatorios para controlar la producción del hormigón, la norma ASTM C33 la cual establece la granulometría del agregado grueso así como también del agregado fino y sus límites en el tamaño máximo como en el mínimo.

## **2.4 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES**

### **2.4.1 SUPRAORDINACIÓN DE VARIABLES**

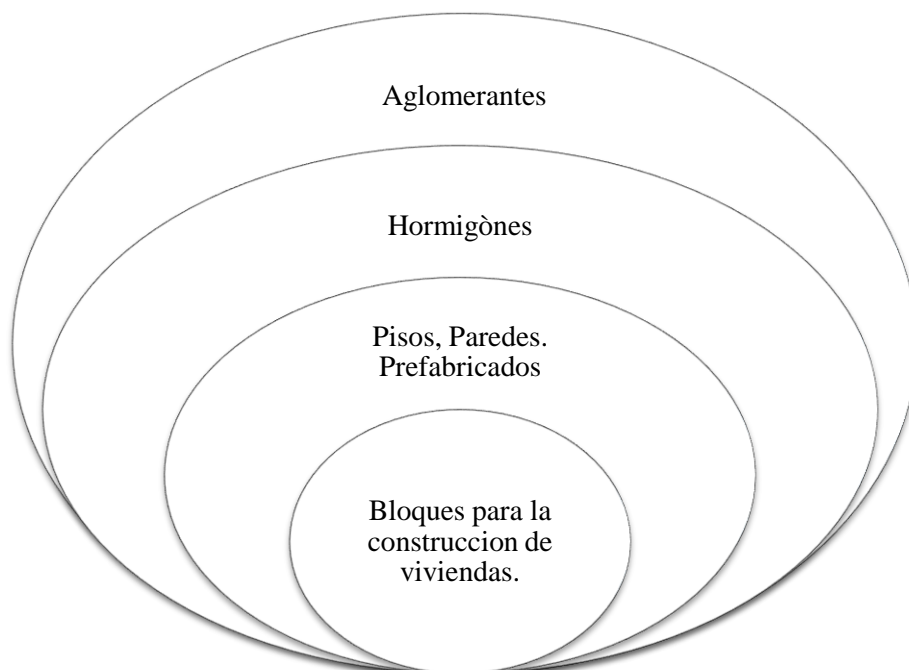
#### **VARIABLE INDEPENDIENTE**

##### **El Hormigón de baja densidad**



#### **VARIABLE DEPENDIENTE**

##### **Bloques para la construcción de viviendas.**



## 2.4.2 DEFINICIONES

### 2.4.2.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

#### 2.4.2.1.1 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.<sup>6</sup>

Entre los ensayos no destructivos más comunes se encuentran los siguientes:

- **Ensayo de durezas:** (en algunos casos no se considera como ensayo no destructivo, especialmente cuando puede comprometer la resistencia de la pieza a cargas estáticas o a fatiga)
- **Inspección visual:** microscopía y análisis de acabado superficial.

Entre los ensayos destructivos más comunes se encuentran los siguientes:

- Ensayo de tracción.
- Ensayo de compresión.
- Ensayo de cizallamiento.
- Ensayo de flexión.
- Ensayo de torsión.
- Ensayo de resiliencia.
- Ensayo de fatiga de materiales.

---

<sup>6</sup> FUENTE: [http://es.wikipedia.org/wiki/Ensayo\\_de\\_materiales](http://es.wikipedia.org/wiki/Ensayo_de_materiales)

#### **2.4.2.1.2 Agregados**

La palabra agregados se refiere a cualquier combinación de arena, grava o roca triturada en su estado natural o procesado. Son minerales comunes, resultado de las fuerzas geológicas erosivas del agua y del viento.

Son generalmente encontrados en ríos y valles, donde han sido depositados por las corrientes de agua. Los depósitos de arena y grava están constituidos por materiales que han sido separados más o menos de otros.

#### **1. Agregado fino.**

El agregado fino es aquel que pasa el cedazo o tamiz # 4 y es retenido en el cedazo número 200. Los agregados finos deben cumplir ciertas reglas para darles un uso ingenieril óptimo: deben consistir en partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y de otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento. Las partículas de agregado que sean desmenuzables o susceptibles de resquebrajarse son indeseables.

#### ***a) Granulometría***

Los requisitos de la norma ASTM C33, permiten un rango relativamente amplio en la granulometría del agregado fino, pero las especificaciones de otras organizaciones son a veces más limitantes. La granulometría más conveniente para el agregado fino, depende del tipo de trabajo, de la riqueza de la mezcla, y del tamaño máximo del agregado grueso.

En mezclas más pobres, o cuando se emplean agregados gruesos de tamaño pequeño, la granulometría que más se aproxime al porcentaje máximo que pasa por cada criba resulta lo más conveniente para lograr una buena trabajabilidad. En general, si la relación agua- cemento se mantiene constante y la relación de agregado fino a grueso se elige correctamente, se puede hacer uso de un amplio rango en la granulometría sin tener un efecto apreciable en la resistencia. En ocasiones se obtendrá una economía máxima, ajustando la mezcla del concreto

para que encaje con la granulometría de los agregados locales. Entre más uniforme sea la granulometría, mayor será la economía.

La granulometría del agregado fino dentro de los límites de la norma ASTM C33, generalmente es satisfactoria para la mayoría de los concretos. Los límites de la norma ASTM C33 con respecto al tamaño de las cribas se indican a continuación:

**TABLA N.- 1 TAMAÑO DE TAMICES ASTM C33**

<b>TAMAÑO DE MALLA</b>	<b>PORCENTAJE QUE PASA EN PESO</b>
9,52mm (3/8")	100
4,75mm (N°4)	95 a 100
2,36mm (N°8)	80 a 100
1,18mm (N°16)	50 a 85
0,60mm (N°30)	25 a 60
0,30mm (N°50)	10 a 30
0,15mm (N°100)	2 a 10

**FUENTE:** Código ASTM C33

Estas especificaciones permiten que los porcentajes mínimos (en peso) del material que pasa las mallas de 0.30 mm (No.50) y de 0.15 mm (No.100) sean reducidos a 5% y 0%, respectivamente, siempre y cuando: <sup>7</sup>

- 1.- El agregado se emplee en un concreto con aire incluido que contenga más de 237 kg de cemento por metro cúbico y tenga un contenido de aire superior al 3%.
- 2.- El agregado se emplee en un concreto que contenga más de 296 kg de cemento por metro cúbico cuando el concreto tenga inclusión de aire.
- 3.- Se use un aditivo mineral aprobado para compensar la deficiencia del material que pase estas dos mallas.

---

<sup>7</sup> FUENTE: Código ASTM C33  
Granulometría de los agregados y tamaños de los tamices.

### **Otros requisitos de la norma ASTM son:**

1. Que el agregado fino no tenga más del 45% retenido entre dos mallas consecutivas.
2. Que el módulo de finura no sea inferior a 2.3 ni superior a 3.1, ni que varíe en más de 0.2 del valor típico de la fuente del abastecimiento del agregado. En el caso de que sobrepase este valor, el agregado fino se deberá rechazar a menos que se hagan los ajustes adecuados en las proporciones del agregado fino y grueso.

Las cantidades de agregado fino que pasan las mallas de 0.30mm (No.50) y de 0.15mm (No.100), afectan la trabajabilidad, la textura superficial y el sangrado del concreto. La mayoría de las especificaciones permiten que del 10% al 30% pase por la malla de 0.30mm (No. 50). El límite inferior puede bastar en condiciones de colado fáciles o cuando el concreto tiene un acabado mecánico, como ocurre en el caso de los pavimentos. Sin embargo, en los pisos de concreto acabados a mano o donde se requiera una textura superficial tersa, se deberá usar un agregado fino que contenga al menos un 15% que pase la malla de 0.30mm (No.50) y al menos un 3% que pase la malla de 0.15mm (No.100).

### **b) Módulo de finura**

El módulo de finura (FM) del agregado fino se obtiene, conforme a la norma ASTM C125, sumando los porcentajes acumulados en peso de los agregados retenidos en una serie especificada de mallas y dividiendo la suma entre 100. Las mallas que se emplean para determinar el módulo de finura son la de 0.15mm (No.100), 0.30mm (No.50), 0.60mm (No.30), 1.18mm (No.16), 2.36mm (No.8), 4.75mm (No.4), 9.52mm (3/8"), 19.05mm (3/4"), 38.10mm (1½"), 76.20mm (3"), y 152.40mm (6"). El módulo de finura es un índice de la finura del agregado, entre mayor sea el módulo de finura, más grueso será el agregado. Diferentes granulometrías de agregados pueden tener igual 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. A continuación se presenta un ejemplo



de la determinación del módulo de finura de un agregado fino con un análisis de mallas supuesto:

**TABLA N.- 2 EJEMPLO DEL CÁLCULO DEL MÓDULO DE FINURA.**

<b>Tamaño de la malla</b>	<b>Porcentaje de la fracción individual retenida, en peso</b>	<b>Porcentaje acumulado que pasa, en peso.</b>	<b>Porcentaje acumulado retenido, en peso</b>
9,52mm(3/8")	0	100	0
4,75mm(N°4)	2	98	2
2,36mm(N°8)	13	85	15
1,18mm(N°16)	20	65	35
0,60mm(N°30)	20	45	55
0,30mm(N°50)	24	21	79
0,15mm(N°100)	18	3	97
Bandeja	3	0	.....
<b>Total</b>	<b>100</b>		<b>283 Modulo de finura = 283/100=2,83</b>

### c) Densidad relativa

El peso específico (densidad relativa) de un agregado es la relación de su peso respecto al peso de un volumen absoluto igual de agua (agua desplazada por inmersión). Se usa en ciertos cálculos para proporcionamientos de mezclas y control, por ejemplo en la determinación del volumen absoluto ocupado por el agregado. Generalmente no se le emplea como índice de calidad del agregado, aunque ciertos agregados porosos que exhiben deterioro acelerado a la congelación-deshielo tengan pesos específicos bajos. La mayoría de los agregados naturales tienen densidades relativas entre 2.4 y 2.9.

### d) Contenido de humedad de la arena

Debido a que los agregados tienen poros conectados a su superficie, el agua es absorbida hacia el interior de las partículas. El agua también puede ser retenida en la superficie de los agregados en forma de una película de humedad. Debido a ello

es importante conocer el estado de humedad de los agregados empleados en el concreto.

Si el agregado es capaz de absorber agua, disminuirá la relación agua cemento efectiva y por el contrario si tiene agua presente en su superficie aumentará esta relación. En el primer caso, el concreto perderá trabajabilidad y en el segundo caso disminuirá la resistencia.

### **Estados de humedad**

**1. Seco al horno (OD):** Este estado se logra cuando toda la humedad es removida del agregado cuando es calentado al horno a 105°C hasta obtener peso constante (generalmente 12 horas). En este estado se considera que todos los poros conectados a la superficie están vacíos.

**2. Seco al aire (AD):** En este estado toda la humedad es removida de la superficie, pero los poros están parcialmente llenos de agua.

**3. Saturado superficie seca (S.S.S.):** En este estado todos los poros del agregado se hallan llenos de agua, pero no hay agua en la superficie del mismo.

**4. Saturado Superficie Húmeda:** En este estado los poros están llenos de agua y hay agua en la superficie del agregado.

### **e) Pesos volumétricos secos: suelto y compactado.**

El peso volumétrico (también llamado peso unitario o densidad en masa) de un agregado, es el peso del agregado que se requiere para llenar un recipiente con un volumen unitario especificado. El volumen al que se hace referencia, es ocupado por los agregados y los vacíos entre las partículas de agregado. El peso volumétrico aproximado de un agregado usado en un concreto de peso normal, varía desde aproximadamente 1,200kg/m<sup>3</sup> a 1,760kg/m<sup>3</sup>.

El contenido de vacíos entre partículas afecta la demanda de mortero en el diseño de la mezcla. Los contenidos de vacíos varían desde aproximadamente 30% a

45% para los agregados gruesos hasta 40% a 50% para el agregado fino. La angularidad aumenta el contenido de vacíos; mayores tamaños de agregado bien graduado y una granulometría mejorada hacen disminuir el contenido de vacíos. Los métodos para determinar el peso volumétrico de los agregados y el contenido de vacíos, se dan en la norma ASTM C29. Se describen tres métodos para consolidar el agregado en el recipiente, dependiendo del tamaño máximo del agregado: varillado, sacudido y vaciado con pala.

## **2. Agregado grueso.**

Los agregados gruesos consisten en una grava o una combinación de gravas o agregado triturado cuyas partículas sean predominantemente mayores que 5mm y generalmente entre 9.5mm y 38mm. Los agregados gruesos deben cumplir ciertas reglas para darles un uso ingenieril óptimo: deben consistir en partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y de otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento. Las partículas de agregado que sean desmenuzables o susceptibles de resquebrajarse son indeseables.

### **a) Granulometría.**

En cuanto al análisis granulométrico del agregado grueso al igual que en el caso de la arena, es deseable que el agregado grueso en conjunto posea cierta continuidad de tamaños en su composición granulométrica; aunque vale decirlo los efectos que la gradación de la grava produce sobre la trabajabilidad de las mezclas de concreto, son mucho menores que los producidos por el agregado fino. Por tal motivo, la granulometría de un agregado grueso, de un tamaño máximo dado, puede variar dentro de un rango relativamente amplio sin producir efectos apreciables en los requerimientos de agua y cemento.

De acuerdo a la Norma ASTM E11 para agregado grueso la serie de tamices a utilizarse son: 6", 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", y #4.

#### **b) 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.

#### **c) Densidad relativa.**

En el caso de los agregados, la determinación que se emplea para evaluar el atributo de su densidad, corresponde a la determinada gravedad específica de masa, que es el cociente resultante de dividir el peso en el aire de un cierto volumen de agregados en condición saturada y superficialmente seca, entre el peso en el aire de un volumen igual de agua destilada libre de aire, a la misma temperatura. En términos locales, el concepto corresponde al de un peso específico relativo, o simplemente peso específico, en condición saturada o superficialmente seca, el cual no tiene unidades puesto que es el cociente de dos magnitudes con unidades iguales.

#### **d) Absorción.**

La absorción de los agregados se determina con el fin de controlar el contenido neto de agua en el concreto y se puedan determinar los pesos correctos de cada mezcla.

### **e) Contenido de Humedad**

Es la cantidad de agua que contiene el agregado en un momento dado. Cuando dicha cantidad se exprese como porcentaje de la muestra seca (en estufa), se denomina porcentaje de humedad, pudiendo ser mayor o menor que el porcentaje de absorción. Los agregados generalmente se los encuentra húmedos, y varían con el estado del tiempo, razón por la cual se debe determinar frecuentemente el contenido de humedad, para luego corregir las proporciones de una mezcla.

### **CALIDAD DE LOS AGREGADOS**

La importancia de utilizar el tipo y calidad de los agregados no debe ser subestimada pues los agregados finos y gruesos ocupan comúnmente de 60% a 70% del volumen de concreto, e influyen notablemente en las propiedades del concreto recién mezclado y en la durabilidad del concreto endurecido.

En la construcción de obras civiles, producto de la mala calidad de los agregados pueden presentarse problemas de humedad o filtraciones en paredes, mayor cantidad de desperdicio de materiales en construcciones, baja resistencia y deterioro prematuro de hormigones (Ripio, macadán, polvo de piedra, etc.) entre otros problemas derivados.

La norma INEN 872 establece los requisitos que deben cumplir los áridos utilizados para hormigón, y especifica los ensayos considerados obligatorios destinados para control y recepción. El árido debe estar libre de cantidades dañinas de impurezas orgánicas. Los áridos sometidos al ensayo para estimar las impurezas orgánicas según la Norma INEN 855 y que produzcan un color más oscuro que el color patrón, deben ser rechazados. Un árido fino rechazado en el ensayo de impurezas orgánicas puede utilizarse siempre y cuando al ser ensayados morteros de prueba, estos den como resultado de resistencia relativa calculada a los 7 días, de acuerdo a la norma INEN 866, valores que no sean menores al 95 % de la resistencia esperada.<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> FUENTE: Código ASTM, INEN normas estandarizadas para ensayos de materiales y control de calidad.

### **2.4.2.1.3 Piedra Pómez**

Es una roca ígnea volcánica, con baja densidad (flota en el agua) y muy porosa, de color blanco o gris, encontrada principalmente en canteras o depósitos naturales. Cuando se refiere a la piedra pómez en lo que respecta a sus posibles aplicaciones industriales, también puede ser conocida como puzolana.

Se encuentra en diferentes canteras del mundo, En su proceso de formación la lava proyectada al aire sufre una gran descompresión. Como consecuencia de la misma se produce una desgasificación quedando espacios vacíos separados por delgadas paredes de vidrio volcánico.

Es una roca efusiva joven, de terciaria a reciente, que contiene feldespato potásico, cuarzo y plagioclasa; pasta de grano fino a vítreo en las que cristales de biotita forman fenocristales.

#### **2.4.2.1.3 .1 Características**

**Tipo básico:** Piedra volcánica

**Grupo:** Ígneas

**Sistema cristalino / Estructura:** Posee formas variadas, predominando las alargadas y angulosas.

**Composición química:** Compuesto de trióxido de sílice y trióxido de aluminio, entre otros componentes: 71% de SiO<sub>2</sub>, 12.8% de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 1.75% de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 1.36% de CaO, 3.23% de Na<sub>2</sub>O, 3.83% de K<sub>2</sub>, 3.88% de H<sub>2</sub>O.

**Formación y origen:** Son piroclásticos porosos, que se constituyen de vidrio en forma de espuma y que se forman durante un enfriamiento muy rápido de un magma ascendente de alta viscosidad. Estos son muy característicos de las vulcanitas claras y ácidas, como por ejemplo de la riolita, y por ello son de color blanco grisáceo hasta amarillento, raramente de color café o gris. El término "piedra pómez" incluye todas las rocas piroclásticas porosas.

**Dureza:** 5 / 6 Mohs. Aunque de dureza media, debido a su alta friabilidad el poder abrasivo es muy bajo, produciendo un efecto muy suave sobre la superficie.

**Textura:** Porosa, esponjosa o espumosa, con muchos huecos y cavidades.

**Densidad:** Sus poros cerrados le confieren una baja densidad, por lo que el comportamiento al impacto es muy ligero. 0,7 (0,4 a 0,9) g/cm<sup>3</sup>

**Color:** Blanco grisáceo, ceniza, amarillento.

**Brillo:** Piedras pómez frescas son de brillo sedoso.

#### **2.4.2.1.3 .2 Propiedades**

El origen volcánico le dió ciertas características a la piedra pómez: una multitud de poros y células cerradas dan por resultado una porosidad con una solidez de grano al mismo tiempo. Su porosidad le permite absorber y retener el agua, además de hacerla ligera y otorgarle condiciones particulares, especialmente para el filtrado de productos de elaboración industrial.

La piedra es tan suave que puede ser tallada, torneada y grabada con gran facilidad. Su color blanco le da una gran vistosidad, siendo también útil para la decoración. Debido a su ligereza puede flotar sobre las aguas a causa del aire contenido en sus cavidades. Aparte de eso la piedra pómez es resistente al frío, al fuego y a la intemperie y libre de sales solubles en agua.

Las partículas de esta roca volcánica, poseen variadas formas predominando las alargadas y las angulosas. Sus poros cerrados le confieren una baja densidad, por lo que el comportamiento al impacto es muy ligero. Aunque es de dureza media, debido a su alto porcentaje de desgaste, el poder abrasivo es muy bajo, produciendo un efecto muy suave sobre la superficie trabajada.

#### **2.4.2.1.3 .3 Usos en la construcción**

Triturada se puede utilizar para la fabricación de morteros u hormigones de áridos ligeros, destinados a mejorar las condiciones térmicas y acústicas. Debido a su

alta dureza se utiliza frecuentemente como abrasivo en los tratamientos superficiales de las rocas.

La piedra pómez es la materia prima ideal para el material de un buen muro de mampostería, porque es porosa, ligera, dura (relativo a la solidez del grano) y no inflamable.<sup>9</sup>

#### **2.4.2.1.4 Especificaciones Técnicas.**

El volumen que ocupa una mezcla de hormigón contiene un gran porcentaje de agregados así como aditivos por lo tanto es muy importante conocer las especificaciones de los materiales que se van a ocupar es por eso que se sustentará en los códigos de la construcción.

La norma INEN 872 establece los requisitos que deben cumplir los agregados utilizados en la elaboración del hormigón, también detalla los ensayos que son obligatorios para el control de los mismos. El agregado debe estar libre de impurezas y materia orgánica. Los agregados deben ser sometidos a los ensayo para determinar las impurezas orgánicas basado la Norma INEN 855 y que produzcan un color más oscuro que el color característico, estas serán rechazadas.

En la construcción de obras civiles la calidad de los agregados es directamente proporcional al comportamiento de la estructura y a su desempeño debido a que por la mala calidad de los mismos puede presentarse fisuras, humedad, pandeo y desviación en los elementos estructurales tanto como en los elementos de mampostería, es recomendable usar aditivos y fibras sintéticas para la elaboración de elementos estructurales como de mampostería.<sup>10</sup>

---

<sup>9</sup> FUENTE: [http://www.ecured.cu/index.php/Piedra\\_p%C3%B3mez](http://www.ecured.cu/index.php/Piedra_p%C3%B3mez)

<sup>10</sup> FUENTE: Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1855-1



#### 2.4.2.1.4.1 Aditivos.

Los aditivos para hormigón (concreto) son componentes de naturaleza orgánica (resinas) o inorgánica, cuya inclusión tiene como objeto modificar las propiedades físicas de los materiales conglomerados en estado fresco. Se suelen presentar en forma de polvo o de líquido, como emulsiones.

#### Clasificación

De acuerdo con su función principal se clasifica a los aditivos para el hormigón de la siguiente manera:

**Aditivo reductor de agua/plastificante:** Aditivo que, sin modificar la consistencia, permite reducir el contenido de agua de un determinado hormigón, o que, sin modificar el contenido de agua, aumenta el asentamiento (Cono de Abrams)/escurrimiento, o que produce ambos efectos a la vez.

**Aditivo reductor de agua de alta actividad/aditivo súper plastificante:** Aditivo que, sin modificar la consistencia del hormigón, o que sin modificar el contenido de agua, aumenta considerablemente el asentamiento (Cono de Abrams)/escurrimiento, o que produce ambos efectos a la vez.

**Aditivo reductor de agua:** Aditivo que reduce la pérdida de agua, disminuyendo la exudación.

**Aditivo inclusor de aire:** Aditivo que permite incorporar durante el amasado una cantidad determinada de burbujas de aire, uniformemente repartidas, que permanecen después del endurecimiento.

**Aditivo Impermeabilizante:** Son sustancias o compuestos químicos que tienen con objetivo detener el agua, impidiendo su paso, y son muy utilizados en el revestimiento de piezas y objetos que deben ser mantenidos secos. Funcionan eliminando o reduciendo la porosidad del material, llenando filtraciones y aislando la humedad del medio. Pueden tener origen natural o sintético, orgánico

o inorgánico. Dentro de los naturales destaca el aceite de ricino y, dentro de los sintéticos, el petróleo.

**Usos:** Este aditivo se emplea en el hormigón cuando se requiere.

- Reducir la permeabilidad del concreto.
- Aumenta la durabilidad del concreto y su resistencia a ambientes agresivos (agua de mar, aguas y suelos sulfatados etc.).
- Impedir la exudación del concreto y la correspondiente formación de capilares.
- Evitar la segregación del hormigón durante el transporte.
- Mejorar la bombeabilidad del hormigón con diferencia de finos.
- Aumentar la manejabilidad de mezclas con agregados de trituración.

**Ventajas:**

- Controla la exudación de la mezcla.
- Hace el hormigón más durable y resistente al medio ambiente agresivo.
- Excelente auxiliar en el bombeo de concreto.
- Mejora notablemente la apariencia y consistencia de mezclas ásperas.
- No afecta al tiempo de fraguado.

**Aditivo acelerador de fraguado:** Aditivo que reduce el tiempo de transición de la mezcla para pasar del estado plástico al rígido.

**Aditivo acelerador del endurecimiento:** Aditivo que aumenta la velocidad de desarrollo de resistencia iniciales del hormigón, con o sin modificación del tiempo de fraguado.

**Aditivo retardador de fraguado:** Aditivo que aumenta el tiempo del principio de transición de la mezcla para pasar del estado plástico al estado rígido.

**Aditivo hidrófugo de masa:** Aditivo que reduce la absorción capilar del hormigón endurecido.

**Aditivo multifuncional:** Aditivo que afecta a diversas propiedades del hormigón fresco y/o endurecido actuando sobre más de una de las funciones principales definidas en los aditivos mencionados anteriormente.

Existen otra variedad de productos que, sin ser propiamente aditivos y por tanto sin clasificarse como ellos, pueden considerarse como tales ya que modifican propiedades del hormigón, como ocurre con los colorantes o pigmentos que actúan sobre el color hormigón, los generadores de gas que lo hacen sobre la densidad y ciertos tipos de fibras que ayudan al comportamiento del mismo.<sup>11</sup>

## **2.4.2.2 VARIABLE DEPENDIENTE**

### **2.4.2.2.1 Aglomerantes.**

Los aglomerantes son materiales capaces de unir fragmentos de una o varias sustancias y dar cohesión al conjunto por métodos exclusivamente físicos. Los más importantes son:

**La Cal:** Producto resultante de la descomposición de las rocas calizas ( $\text{CaCO}_3$ ). Tras pasar por las `caleras` (hornos) se obtiene cal viva que origina con agua y origina hidróxido de calcio. La cal se endurece y actúa como aglomerante, y se llama `aérea` y puede dar lugar a grietas.

**El Yeso:** Se obtiene a partir de piedras de yeso de canteras de superficie. Se tritura y se cuece a  $450^\circ$  para deshidratarlo. Es barato porque no requiere mucha energía. Se adhiere muy bien (menos a la madera) y en elementos férricos provoca oxidación. Absorbe mucha humedad, y puede ser: negro (paredes no vistas), blanco (mayor pureza y paredes vistas) y escayola (decoraciones).

**Cemento y hormigón:** El cemento endurece una vez que se le ha añadido agua y se ha dejado secar, teniendo buena resistencia. El más conocido es el cemento

---

<sup>11</sup> FUENTE: [www.basfcc.com.ec/.../Sistemas de Aditivos](http://www.basfcc.com.ec/.../Sistemas%20de%20Aditivos)

Portland, que fragua cuando se mezcla con agua. Su fabricación consta de 3 fases las cuales son:

**Preparación del crudo:** La materia se tritura, se muele y se mezcla.

**Calcinación:** La mezcla se calcina en un horno a unos 1400°C. Se forma clínquer (masa de granos duros), que se enfría y se almacena.

**Molienda:** Se muele el clínquer añadiéndole yeso. Luego se almacena y se envasa en sacos o se transporta en cisternas.

**Las características del cemento son:** Baja resistencia a la tracción pero alta a la compresión. Se usa mezclando con áridos dando como resultado el hormigón o el mortero de acuerdo al uso que se lo destine.

#### **2.4.2.2.2 Hormigón**

El hormigón es la mezcla cemento, arena y agua junto con grava. Es muy resistente a la compresión, pero no a la tracción, y para mejorarlo, se recurre a:

**Hormigón Armado:** Se obtiene añadiendo barras de acero al hormigón. Esto hace imposible la oxidación del acero. Como esta unión es puramente mecánica, es conveniente que las barras estén retorcidas o tengan salientes superficiales, incrementando la adherencia y evitando el deslizamiento. La obtención de estructuras de hormigón armado se realiza de la siguiente manera: se dispone de un encofrado o molde con la forma del elemento de construcción que se desea conseguir, se introduce en él la armadura de acero y se vierte el hormigón fresco en el interior del encofrado de modo que recubra y envuelva la armadura. Cuando el hormigón ha fraguado se retira el encofrado y se obtiene el elemento.

**Hormigón Pretensado:** Es necesario cuando las fuerzas de tracción son muy grandes, con lo que el hormigón se rompe. Para mejorar la resistencia, hay que

tensor las barras de acero, consiguiendo la ventaja de que el hormigón resiste a grandes fuerzas.

#### **2.4.2.2.3 Procesos que experimenta el hormigón fresco.**

Durante la etapa en que el hormigón mantiene su estado fresco, experimenta una serie de procesos cuyo origen y consecuencias es necesario conocerlos para tenerlos debidamente en cuenta las cuales son:

**Exudación del agua de amasado:** Debido a que el hormigón está constituido por materiales de distinta densidad real, tiende a producirse la decantación de los de mayor peso unitario, que son los sólidos, y el ascenso del más liviano, que es el agua. Este proceso induce una serie de efectos internos y externos en el hormigón: La película superficial del hormigón presenta un contenido de agua mayor que el resto de la masa, ello significa un aumento de la razón agua / cemento, con una consiguiente menor resistencia para dicha capa. Este efecto debe ser especialmente considerado en las obras de hormigón sometidas a desgaste superficial y en los hormigones utilizados como material de relleno bajo elementos cuyo fondo es horizontal, por ejemplo las placas de fundación.

**Variaciones de Volumen:** El agua de amasado del hormigón tiende a evaporarse si éste no se mantiene en un ambiente saturado de humedad, con lo cual se produce un proceso de secado progresivo desde la superficie externa hacia el interior. Este desecamiento progresivo acarrea la formación de zonas de contacto entre fases líquidas (agua) y gaseosas (aire) en los conductos y poros que siempre tiene en su interior el hormigón. Cuando éstos presentan dimensiones capilares, el proceso de tensión superficial interna alcanza una magnitud importante, la que al transmitirse al hormigón se traduce en una contracción de las zonas de hormigón sometidas a este proceso de secamiento.

Este efecto afectará principalmente a la superficie del hormigón, dado que ella es la que se seca primero, mientras que el resto de la masa permanece invariable. Ello induce contracciones diferenciales y, como consecuencia, tensiones de tracción, originadas en el confinamiento que producen las capas con mayor

contenido de humedad sobre las de proceso de secado. Si este proceso de secado es muy rápido, como sucede cuando el hormigón está sometido a alta temperatura ambiente o a corrientes de viento, ello puede traducirse en grietas del hormigón aún plástico, las que por su origen se presentarán como de gran abertura con relación a su profundidad.

**Falso fraguado del cemento:** Eventualmente, el cemento puede experimentar un endurecimiento prematuro al ser mezclado con agua para constituir la pasta de cemento.

Este proceso parece provenir de un comportamiento anómalo del yeso adicionado al cemento en la etapa de molienda del clínquer como regulador de su fraguado, el cual, debido a las altas temperaturas originadas durante la molienda, puede perder parte del agua de cristalización. El agua perdida es recuperada, extrayéndola del agua de amasado del hormigón, con lo cual el yeso cristaliza, adquiriendo rigidez.<sup>12</sup>

Este endurecimiento se conoce con el nombre de falso fraguado y produce una rigidización del hormigón aún en estado fresco, en los primeros minutos posteriores a la adición del agua de amasado, lo cual dificulta grandemente su manipulación en los procesos de transporte, colocación y compactación. Para evitar estos efectos desfavorables, un procedimiento efectivo consiste en aumentar el tiempo de amasado, lo que permite romper la cristalización producida y devolver al hormigón la plasticidad perdida sin necesidad de adición de agua.

#### **2.4.2.2.2 Calidad de los Hormigones.**

Por lo general la aceptabilidad del hormigón se basa en ensayos a los 28 días, pero puede especificarse para cualquier otra edad, más temprana o más tardía. Los ensayos que se realizan sobre las muestras de hormigón a otras edades, diferentes de la especificada para la aceptación del hormigón, son útiles para conocer el desarrollo de su resistencia.

---

<sup>12</sup> FUENTE:<http://www3.ucn.cl/FacultadesInstitutos/laboratorio/TECNOLOGIA%2>

La primera etapa del control de calidad comienza con los componentes del hormigón: agregados grueso y fino, agua, cemento y eventualmente aditivos. Una vez que se puede asegurar que los componentes que se emplean son los apropiados, se debe asegurar que las proporciones que intervienen en la mezcla sean las que corresponden a la dosificación elegida, cualquiera sea el método empleado para dosificar y la forma de medición. Lógicamente, es preferible la medición de los mismos en peso porque se obtiene una menor variación. En algunos casos, como cuando se emplean aditivos o se pretende un hormigón de buena calidad, la medición en peso de todos los componentes es imprescindible.

Aseguradas las proporciones de la mezcla, se debe constatar que el hormigón esté correctamente mezclado, que sea homogéneo y que presente características adecuadas en estado fresco.

Conviene entonces evaluar estas características, para lo cual se cuantifican algunas de sus propiedades, es decir, se emplean procedimientos prácticos que permiten asignar un número a esa propiedad. De esa manera se evitan los juicios subjetivos en la calificación del hormigón fresco.

El hormigón fresco debe colocarse y compactarse adecuadamente. Una vez que el hormigón está colocado y terminado, asegurándonos que no haya ondulaciones excesivas y que posea una correcta textura, se inicia la etapa de curado. Este proceso tecnológico consiste en darle al hormigón las condiciones de humedad apropiadas para posibilitar la evolución de resistencia. Es claro que el componente que evoluciona es el cemento, el que, al reaccionar con el agua, hace que la mezcla fragüe (se transforme en un sólido) y luego endurezca paulatinamente hasta alcanzar la resistencia deseada.

Este proceso es paulatino; se acelera con altas temperaturas y se retarda con temperaturas bajas, por lo que se debe tener en cuenta este factor. Además, un correcto curado permite evitar la aparición de fisuras no deseadas.<sup>13</sup>

---

<sup>13</sup> JIMENEZ MONTOYA, Pedro. "Hormigón Armado, 14 Edición Editorial, Gustavo Gili.

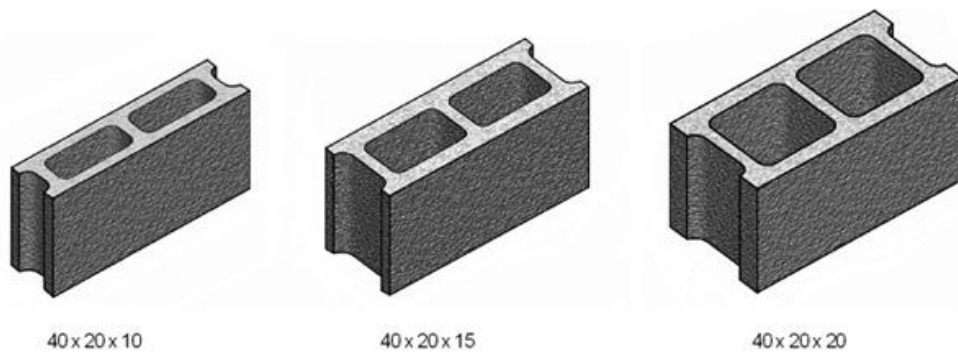
Hay muchos factores involucrados en la producción del hormigón, desde los materiales, la dosificación de la mezcla, el transporte, la colocación, el curado y los ensayos. Por eso, no debe sorprendernos de que se trata de un material variable. Ello significa que si se realizan ensayos sobre muestras de hormigón idénticas, se verificarán variaciones en las propiedades mecánicas entre las diversas muestras.

Esa variabilidad se debe tener en cuenta a la hora de redactar las especificaciones. Se refiere colectivamente a todos los pasos dados para asegurar la confianza adecuada de que el hormigón se comportará satisfactoriamente en servicio. Se aplica a cada acción empleada para medir las propiedades del hormigón y sus materiales componentes y controlarlas dentro de especificaciones establecidas.<sup>14</sup>

#### **2.4.2.2.3 Bloques.**

##### **2.4.2.2.3.1.- Bloque hueco de concreto.**

Se da el nombre de bloque hueco de concreto al elemento simple en forma de paralelepípedo ortogonal, con perforaciones paralelas a una de las aristas, fabricados con una mezcla de cemento, arena, agregado grueso y agua.



***GRÁFICO N.- 7 Bloques de hormigón de baja densidad y sus medidas.***

***FUENTE: Norma ASTM C-90-85***

---

<sup>14</sup> FUENTE CHAN, José *Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto* (2003)



## **CLASIFICACION DE LOS BLOQUES HUECOS DE CONCRETO.**

De acuerdo a la norma ASTM C-90 que establece las especificaciones estándares de calidad, para los bloques huecos de concreto para mampostería reforzada, estos se clasifican de la manera siguiente:

- Según su peso.
- Según su uso.
- Según el grado de humedad.

### **CLASIFICACIÓN SEGÚN SU PESO.**

Por su peso los bloques huecos de concreto se clasifican en base a lo siguiente:

- De peso ligero            1362 kg/m<sup>3</sup> a 1682 kg/m<sup>3</sup>
- De peso medio            1682 kg/m<sup>3</sup> a 2002 kg/m<sup>3</sup>
- De peso normal            2002 kg/m<sup>3</sup> o más.

### **CLASIFICACIÓN POR SU USO.**

De acuerdo a su uso los bloques huecos de concreto se clasifican en dos grados:

**1.- Grado N.-** Son bloques para uso general en paredes exteriores o interiores, que pueden o no estar sujetas a la intemperie o a la humedad, también son usados para obras de retención.

**2.- Grado S.-** Son bloques cuyo uso está limitado a paredes exteriores siempre que se proporcione un recubrimiento de protección contra la humedad o paredes no expuestas a la humedad.

La clasificación de los bloques de concreto por grado es importante, ya que la resistencia mínima de ruptura a la compresión y la máxima absorción permitida, está regulada en función de la clasificación por grado de los mismos, estas características son bien relevantes en la calidad de los bloques de concreto.

## **CLASIFICACIÓN POR EL GRADO DE HUMEDAD**

Para los bloques de grado N y grado S, existen dos tipos de bloques:

**1.- Tipo I.-** Que corresponden a bloques con humedad controlada, N-I y S-I.

**2.- Tipo II.-** Que corresponde a bloques con humedad no controlada, N-II y S-II.

La importancia de la clasificación por grado de humedad está directamente relacionada con el coeficiente de expansión de los bloques.

Por tanto el control de humedad tiene por finalidad evitar grietas en los bloques y el mortero.

### **2.4.2.2.3.2 CALIDAD DE LOS BLOQUES HUECOS DE CONCRETO.**

#### **2.4.2.2.3.3 CONTROL DE CALIDAD.**

La función del control de calidad de las unidades de mampostería es verificar, mediante pruebas normadas el cumplimiento de la norma ASTM C 90-85. Las principales características que determinan la calidad de los bloques de concreto están determinadas por la norma ASTM C 90-85, dichas características son:

- Resistencia a la compresión.
- Absorción.
- Contenido de humedad.

### **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.**

La resistencia a la compresión representa el valor del esfuerzo unitario de carga que puede soportar los bloques de concreto. La resistencia a la compresión es la principal cualidad que debe tener las unidades de mampostería y varía con el tipo de mampostería que se vaya a utilizar. Los bloques de concreto deben de cumplir con los requisitos de resistencia mínima a la compresión para bloques de la designación del grado N, es decir de uso general en paredes exteriores o interiores, ya sean de Tipo I con humedad controlada, o Tipo II con humedad no controlada, tomando un promedio de tres unidades, se obtiene la resistencia mínima de las unidades individuales. La resistencia mínima a la compresión para bloques de

grado S, en la que su utilización está limitada a paredes exteriores protegidas contra la humedad o a paredes no expuestas a la humedad, siendo estos de Tipo I con humedad controlada o Tipo II con humedad no controlada, con resultados para un promedio de tres unidades y la obtención de la resistencia mínima de cada una de las unidades, según lo establece la norma ASTM C 90-85, en el siguiente detalle:

**TABLA N.- 3 REQUISITOS DE RESISTENCIA NORMA ASTM C 90-85**

G R A D O	Resistencia mínima de ruptura a la Compresión en kg/cm <sup>2</sup>	
	Promedio de área gruesa.	
	Promedio de 3 unidades.	Unidad individual.
N-I	70.42	56.30
N-II		
S-I	49.30	42.20
S-II		

**FUENTE:** Norma ASTM C 90-85

- Los tipos S-I y S-II su uso está limitado a paredes exteriores arriba del nivel del suelo, protegidas contra el agua o a paredes no expuestas a la intemperie.

### **ABSORCIÓN DE AGUA.**

La absorción de agua de un bloque de concreto representa la densidad del concreto usado en su fabricación.

La absorción es la propiedad del concreto de la unidad para absorber agua hasta llegar al punto de saturación. Está directamente relacionada con la permeabilidad o sea el paso del agua a través de sus paredes.

Los límites para la absorción varían según el tipo de concreto con que este elaborado la unidad y su valor se determinan mediante el ensayo correspondiente a la norma ASTM C 90-85.

La absorción permitida está relacionada con el peso volumétrico de los bloques secados al horno, siendo mayor la absorción permitida en los bloques de menor peso volumétrico seco, y menor en los bloques de mayor peso volumétrico seco, según se detalla.

**TABLA N.- 4 REQUISITOS DE ABSORCION NORMA ASTM C 90-85.**

G R A D O	Máxima absorción de agua. ( Lbs/pie <sup>3</sup> o kg/mt <sup>3</sup> ) Promedio de 3 unidades.			
	CLASIFICACION POR PESO.			
	Peso Ligero.		Peso Mediano.	Peso Normal.
	Menor que 85 (1362)	Menor que 105 (1682)	Menor que 125 a 105 (2002 a 1682)	125 (2002 o mas)
N-I	18 (288)	15 (240)	13 (208)	
N-II				
S-I	20 (320)			
S-II				

*Fuente: Norma ASTM C 90-85*

### **CONTENIDO DE HUMEDAD.**

A diferencia de la absorción, el contenido de humedad no es una propiedad del concreto de la unidad de mampostería como tal, sino un estado de presencia de humedad dentro de la masa del mismo, entre la saturación y el estado seco al horno. El control del contenido de humedad de las unidades es fundamentalmente necesario, dado que el concreto se expande y se contrae con el aumento o disminución de su humedad.

Los bloques con humedad controlada son los N-I, que son para uso general en paredes exteriores o interiores y los S-I, cuyo uso está limitado a paredes exteriores protegidas contra la humedad o a paredes expuestas a la humedad, que

además de los requisitos de resistencia a la compresión y absorción, están sujetas al de máxima humedad permitida. El porcentaje de contracción lineal de los bloques depende del contenido de humedad de los mismos, como porcentaje de la absorción total y las condiciones de humedad en el lugar de trabajo. Los requisitos de contenido de humedad para unidades del Tipo I, establecidos por la norma ASTM C 90-85, es la siguiente.

**TABLA N.- 5 NORMA ASTM C 90-85 REQUISITOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD PARA UNIDADES TIPO I.**

% de Contracción Lineal	Contenido máximo de humedad. % total Absorción total (promedio de 3 unidades)		
	Condiciones de humedad del sitio de trabajo o lugar de uso		
	Humedad <u>a</u> /	Intermedio <u>b</u> /	Árido <u>c</u> /
0.03 o menos	45	40	35
de 0.03 a 0.045	40	35	30
de 0.045 a 0.065 máx.	35	30	25

**FUENTE:** Norma ASTM C 90-85

**Dónde:**

a / Promedio anual de humedad relativa arriba de 75%.

b/ promedio anual de humedad relativa de 50% a 75%.

c / Promedio anual de humedad relativa menos 50%.

**2.4.2.2.6.4 DIMENSIONES DE LOS BLOQUES HUECOS DE CONCRETO.**

Las dimensiones de una unidad de mampostería están definidas por su espesor, su altura y su longitud. Para cada una de ellas existen tipos de dimensiones, según el propósito: Las dimensiones reales son las medidas directamente sobre la unidad en el momento de evaluar su calidad; las dimensiones estándar son las designadas por el fabricante como dimensiones de producción.

Las dimensiones nominales son iguales a las dimensiones estándar más el espesor de una junta de pegamento, equivalente a  $9.53 \text{ mm} \approx 10 \text{ mm} = 1 \text{ cm}$ .

Según el Manual de Bloques de Concreto Saltex las dimensiones de estos, utilizados comúnmente en la construcción, la dimensión nominal incluye el espesor nominal de la junta el cual es de 1 cm., el modulo para proyectar los bloques es de 20 cm. Las tres unidades básicas tienen las siguientes dimensiones:

**TABLA N.- 6 DIMENSIÓN NOMINAL Y REAL DE LOS BLOQUES HUECOS DE CONCRETO.**

Dimensión Nominal.			Dimensión Real.		
Ancho. cm.	Alto. cm.	Largo. cm.	Ancho. cm.	Alto. cm.	Largo. cm.
10	20	40	9.20	19	39
15	20	40	14.50	19	39
20	20	40	19.20	19	39

*FUENTE: Norma ASTM C 90-85*

#### **2.4.2.2.3.5 CARACTERÍSTICAS DE LOS BLOQUES DE CONCRETO.**

- Aislamiento térmico.
- Aislamiento acústico.
- Resistencia al fuego.

También las características que presenta un buen bloque hueco de concreto están determinadas por la uniformidad, en su apariencia y calidad, resistencia adecuada y una baja absorción de agua la cual permite su adecuada utilización y por consiguiente la obtención de una obra de calidad. Los bloques deben ser uniformes en dimensiones.

La Resistencia es la característica que determina la calidad de los bloques y se puede comprobar en una forma no técnica rayando con un clavo sobre las caras del bloque y si no se desmorona indica que es de buena calidad, también puede

dejarse caer desde la altura de la cintura y este debe aguantar el golpe sobre el piso sin quebrarse aunque puede presentar pequeños desbordamientos en las aristas.<sup>15</sup>

No obstante la calidad de los bloques en cuanto a resistencia y absorción se comprueba bajo la prueba de ensayo según NORMA ASTM C-62

#### **2.4.2.2.4 Pisos.**

El piso es la superficie inferior horizontal de un espacio arquitectónico, también, se lo define como el elemento horizontal en planta de una edificación.

En arquitectura, los diferentes niveles se denominan plantas y los materiales que conforman la superficie superior de cada planta se llaman pavimentos, incluso los de las zonas exteriores a la edificación. Tanto la palabra planta como piso, son términos homónimos.

Hay diferentes tipos de piso, como son el de: Madera, Concreto, Mármol, Cerámica, Ladrillos, Piedra, Cemento (alisado), entre Otros.

#### **2.4.2.2.5 Prefabricados.**

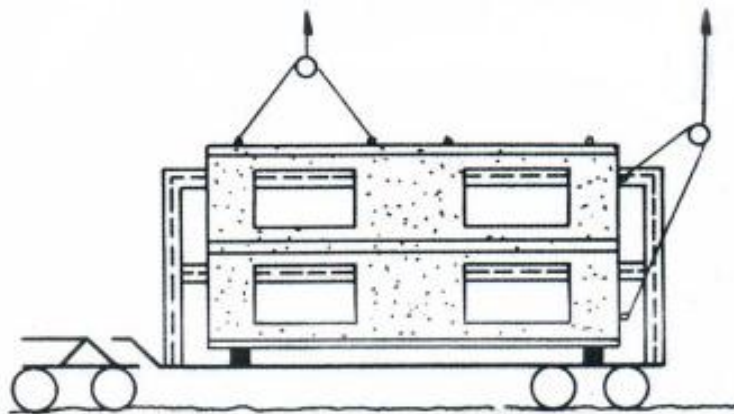
El hormigón prefabricado es un material casi sin precedentes dentro de la arquitectura e ingeniería. Aunque es hijo del siglo XX y de la moderna tecnología, también es cierto que está fijado en la historia por sus viejos orígenes como material. En un principio el hormigón utilizado por los romanos fue una revolución tecnológica a la construcción. Los paneles de prefabricación de fachadas se desarrollaron en tiempos recientes, aunque es una idea tan antigua como la prefabricación. Sin embargo, los paneles prefabricados de hormigón son el último elemento que se empleó para crear fachadas y cerramientos. Es uno de los primeros productos en los que se pensó. Primero con paneles de hormigón en masa, luego es una idea moderna. Idea de seguidores ingleses que se pierde a finales del siglo XIX, y no aparece hasta principios de los años 50.

---

<sup>15</sup> FUENTE: Norma ASTM C-62 capítulo 3 especificaciones para ladrillos y bloques de mampostería.

El uso más generalizado del hormigón como un material para fachadas prefabricadas, data de los años 50, durante la aparición del Modernismo, bajo impulso de arquitectos tan grandes como Le Corbusier, Cropius, Aalto y otros. El racionalismo y la expresividad fueron los motivos que guiaron los diseños de las fachadas en la arquitectura de la época. La aparición práctica realmente importante fue con el arquitecto Le Corbusier en sus unidades de vivienda de Marsella 1952. A partir de esta época, los paneles de fachada no han dejado de desarrollarse, siendo la utilización más grande en España y modificando sus componentes para aumentar o disminuir su densidad de acuerdo al uso que vayan a ser destinados.<sup>16</sup>

La prefabricación de paneles de fachada ha evolucionado de forma importante y al mismo tiempo ha discurrido por caminos muy diferentes, aunque en general se apura a una tendencia hacia unidades cada vez de mayor tamaño, y por lo tanto mayor peso.



**GRAFICO N.- 8 Paneles de hormigón prefabricado.**

**FUENTE:** Juan Francisco Sánchez Hurtado, *PANELES DE HORMIGON PREFABRICADO EN FACHADAS*

---

<sup>16</sup> FUENTE: Juan Francisco Sánchez Hurtado, *PANELES DE HORMIGON PREFABRICADO EN FACHADAS*



## **2.5 HIPÓTESIS**

El hormigón de baja densidad con resistencias óptimas es útil para la fabricación de bloques para la construcción de mamposterías en viviendas.

## **2.6 SEÑALAMIENTO DE LAS VARIABLES**

### **Variable independiente**

El hormigón de baja densidad con resistencias óptimas.

### **Variable dependiente**

Bloques para la construcción de mampostería en viviendas.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 ENFOQUE**

En el proyecto se usará la investigación que tiene un enfoque cuali - cuantitativo, ya que se realizará un análisis de los agregados que serán utilizados para la producción del hormigón de baja densidad de diferentes resistencias debido al uso que se los vaya a dar, por lo cual es necesario realizar diferentes diseños y que cada una de estas dosificaciones estén sujetos a normas y a ensayos de laboratorio, de esta manera podemos determinar qué tan serviciales y aptos serán estos materiales para ser ocupados en la producción de los hormigones.

#### **3.2 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN**

La modalidad de este proyecto de investigación será de campo puesto que se acudirá directamente a las canteras a tomar las muestras necesarias para realizar los respectivos diseños, de la misma manera será una investigación de tipo experimental ya que se realizarán análisis para determinar la calidad y el tipo de agregados.

También se aplicara la modalidad bibliográfica ya que se investigará en los códigos INEN y ASTM los cuales especifican la calidad y los requisitos que deben cumplir los materiales que son usados para la construcción de obras civiles.

#### **3.3 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Los niveles de investigación que se utilizarán en este estudio son: exploratorio, descriptivo, ya que es una fuente desconocida la calidad y el tipo de los agregados

y materiales que se usara en la producción de los Hormigones de baja densidad y desde luego el desempeño de los elementos los cuales son construidos con estos materiales de esta manera llegaremos a un propósito que es conocer y descubrir nuevas maneras de construir.

Será de igual manera descriptivo pues al analizar los materiales y sus propiedades sabremos si estos son aptos para realizar un hormigón de baja densidad y de buena calidad y que responda a las necesidades y a las solicitudes de los usuarios, y así dar confiabilidad a los fabricantes y usuarios.

### **3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA**

La muestra para este proyecto de investigación se tomará de la Provincia de Cotopaxi de dos canteras, la primera que está ubicada en la ciudad de Salcedo para el agregado fino (arena), y la segunda en la ciudad de Latacunga el agregado grueso (piedra pómez), material que de igual manera se utilizará en este diseño debido a que son las canteras de mayor explotación y distribución en esta provincia. Las fibras sintéticas y el aditivo inclusor de aire se los puede conseguir en cualquier distribuidor de aditivos para la construcción, de igual manera el cemento Portland pues independiente de las marcas y distribuidoras el trabajo que realizan estos productos son prácticamente los mismos.

### 3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

#### 3.5.1 VARIABLE INDEPENDIENTE:

El Hormigón de baja densidad con resistencias óptimas.

ABSTRACTO		LO OPERATIVO		
CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	TÉCNICAS INSTRUMENTALES
Se refiere a cualquier combinación de arena, grava o roca triturada en su estado natural o procesado. Son minerales comunes, resultado de las fuerzas geológicas erosivas del agua y del viento. Su baja densidad está relacionada directamente con el tipo de agregados que se los vaya a mezclar entre más liviano sea el agregado de igual manera el producto final lo será.	Agregados	Agregado Fino.	¿Qué normas Técnicas deben cumplir los agregados para ser ocupados en la producción de hormigón de baja densidad?	Investigación Normas INEN, ASTM Bibliográfica Laboratorio
		Agregado Grueso.		
	Hormigones	Hormigón en estado Fresco.	¿Cuáles son las propiedades que tiene el hormigón en sus diferentes estados?	Investigación. Bibliográfica. Laboratorio.
		Hormigón en estado endurecido		

### 3.5.2 VARIABLE DEPENDIENTE:

Bloques para la construcción de mampostería en viviendas.

ABSTRACTO		LO OPERATIVO		
CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	TÉCNICAS INSTRUMENTALES
Es un material homogéneo y macizo que respira, dejando pasar el vapor de agua producido por los ocupantes y las actividades cotidianas. Esta hidrorregulación es esencial para evitar todos los riesgos de humedad, condensación y aparición de hongos.	Homogeneidad	Dosificaciones exactas	¿Qué nos ayuda a conocer la homogeneidad del Hormigón?	Laboratorio Investigación Bibliográfica
	Compresión	Resistencia media.  Resistencia característica.	¿Cuál es el procedimiento técnico y adecuado para tomar probetas de hormigón cónicas y cilíndricas?	Compresión Simple Máquina Universal Máquina de Compresión

### 3.6 PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

DETALLE	EXPLICACIÓN
1.- ¿Para qué realizar la presente investigación?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseñar un hormigón de baja densidad ideal para elementos prefabricados.</li> <li>• Realizar dosificaciones correctas para la elaboración de los hormigones según sus requerimientos.</li> </ul>
2.- ¿De qué personas u objetos?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Canteras de Cualquier ciudad del país que cumplan con los requerimientos</li> <li>• Probetas cilíndricas y cónicas de hormigón en estado fresco.</li> </ul>
3.- ¿Sobre qué aspectos?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dosificación de los materiales en la producción del hormigón de baja densidad.</li> <li>• Incidencia de los materiales en la producción del hormigón.</li> </ul>
4.- ¿Quién?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alex Bladymir Fonseca Acosta</li> </ul>
5.- ¿Dónde?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laboratorio de ensayo de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad técnica de Ambato.</li> </ul>
6.- ¿Cómo?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mediante ensayos de Laboratorio.</li> </ul>

### **3.7 PLAN PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

Los datos y la información que se requerirá para el proyecto se recolectarán en la ciudad de Salcedo y Lasso Provincia de Cotopaxi y se seguirá con el siguiente plan de procesamiento.

- Revisión de las muestras y la información recogida.
- Elaboración de cuadros según las variables de la hipótesis.
- Representación de los resultados mediante gráficos.
- Análisis e interpretación de los resultados aplicando los objetivos y la hipótesis.

## **CAPITULO IV**

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

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

Para el estudio de este proyecto se realizó los ensayos de laboratorio para el agregado fino (arena) y para el agregado grueso (piedra pómez) para determinar las propiedades mecánicas de estos agregados, también es necesario detallar las características y propiedades del cemento hidráulico, aditivo, y de las fibras sintéticas que se ocuparan en la dosificación del hormigón de baja densidad

##### **4.1.1 ENSAYOS REALIZADOS.**

###### **4.1.1.1 AGREGADO GRUESO.**

- Análisis granulométrico.
- Peso unitario suelto.
- Peso unitario compactado.
- Peso específico.
- Capacidad de absorción.

###### **4.1.1.2 AGREGADO FINO.**

- Análisis granulométrico.
- Peso unitario suelto
- Peso unitario compactado.
- Peso específico.
- Capacidad de absorción.

###### **4.1.1.3 MEZCLA DE LOS AGREGADOS.**

- Peso unitario compactado de la mezcla.



**AGREGADO**

**GRUESO**

**(Piedra Pómez)**

**TABLA N.- 7 ANÁLISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO  
GRUESO (PIEDRA PÓMEZ)**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
EL HORMIGÓN DE BAJA DENSIDAD Y SU APLICACIÓN EN BLOQUES PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS					
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO					
<b>ORIGEN:</b>		<b>PERDIDA DE MUESTRA %</b>	0,796		
<b>PESO DE LA MUESTRA</b>	5000	<b>FECHA:</b>	16/06/2014		
<b>REALIZADO POR :</b>	Egdo: Alex Fonseca.				
<b>NORMA:</b>	INEN 696				
TAMIZ	RETENIDO PARCIAL (gr)	RETENIDO ACUMULADO (gr)	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	LIMITES ASTM% QUE PASA
2"	0,0	0,0	0.0	100	100
1 ½"	0,0	0,0	0.0	100	95 -100
1"	92,5	92,5	1,85	98,15	---
¾"	436,3	528,8	10,576	89,424	35 -70
½"	1199,6	1728,4	34,568	65,432	---
⅜"	1966,8	3695,2	73,904	26,096	10 --- 30
#4	996,6	4691,8	93,836	6,164	0 --- 5
<b>BANDEJA</b>	268,4	4960,2	99,204	0,796	---
<b>TAMAÑO NOMINAL MAXIMO : ¾"</b>					

ABERTURA DEL TAMIZ (mm)

—▲— LÍMITE SUPERIOR    —×— LÍMITE INFERIOR    —■— % ACOMULADO

**TABLA N.- 8 PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO  
(PIEDRA PÓMEZ) Y AGREGADO FINO (ARENA)**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
EL HORMIGÓN DE BAJA DENSIDAD Y SU APLICACIÓN EN BLOQUES PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS				
PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO Y FINO				
<b>ORIGEN:</b>				
<b>PESO DE LA MUESTRA (gr):</b> 700		<b>FECHA:</b> 18/06/2014		
<b>REALIZADO POR :</b> Egdo: Alex Fonseca.				
<b>NORMA:</b> INEN 858				
<b>MASA DEL RECIPIENTE (kg):</b> 9,90				
<b>VOLUMEN DEL RECIPIENTE (dm<sup>3</sup>)</b> 20,290				
AGREGADO	AGREGADO + RECIPIENTE (Kg)	AGRAGADO (KG)	PESO UNITARIO kg/dm <sup>3</sup>	PESO UNITARIO PROMEDIO kg/dm <sup>3</sup>
GRUESO	19,68	9,78	0,48	0,48
	19,70	9,80	0,48	
	40,60	30,70	1,51	1,51
FINO	40,30	30,40	1,50	

**TABLA N.- 9 PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO  
GRUESO (PIEDRA PÓMEZ) Y AGREGADO FINO (ARENA)**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
EL HORMIGÓN DE BAJA DENSIDAD Y SU APLICACIÓN EN BLOQUES PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS				
PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO Y FINO				
<b>ORIGEN:</b>				
<b>PESO DE LA MUESTRA (gr):</b> 700		<b>FECHA:</b> 19/06/2014		
<b>REALIZADO POR :</b> Egdo: Alex Fonseca.				
<b>NORMA:</b> INEN 858				
<b>MASA DEL RECIPIENTE (kg):</b> 9,90				
<b>VOLUMEN DEL RECIPIENTE (dm<sup>3</sup>)</b> 20,290				
AGREGADO	AGREGADO + RECIPIENTE (Kg)	AGRAGADO (KG)	PESO UNITARIO kg/dm <sup>3</sup>	PESO UNITARIO PROMEDIO kg/dm <sup>3</sup>
GRUESO	20,80	10,90	0,54	0,53
	20,60	10,70	0,53	
	42,70	32,80	1,62	1,62
FINO	42,90	33,00	1,63	

**TABLA N.- 10 DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN  
DEL AGREGADO GRUESO (PIEDRA PÓMEZ).**

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> EL HORMIGÓN DE BAJA DENSIDAD Y SU APLICACIÓN EN BLOQUES PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS <b>DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO</b>				
<b>ORIGEN:</b>		<b>FECHA:</b> 23/06/2014		
<b>REALIZADO POR :</b>		Egdo: Alex Fonseca.		
<b>NORMA:</b>		INEN 857		
<b>DATO</b>	<b>CORRESPONDENCIA</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR</b>	
<b>CALCULO DE LA DENSIDAD REAL DEL AGREGADO GRUESO</b>				
<b>M1</b>	MASA DE LA CANASTILLA EN EL AIRE	gr.	1179	
<b>M2</b>	MASA DE LA CANASTILLA EN EL AGUA	gr.	974	
<b>M3</b>	MASA DE LA CANASTILLA + MUESTRA S.S.S EN EL AIRE	gr.	1945	
<b>M4</b>	MASA DE LA CANASTILLA + MUESTRA S.S.S EN EL AGUA	gr.	947	
<b>DA</b>	DENSIDAD REAL DEL AGUA	gr/cm <sup>3</sup>	1,00	
<b>M5=M3-M1</b>	MASA DE LA MUESTRA S.S.S EN EL AIRE	gr.	766	
<b>M6=M2-M4</b>	MASA DE LA MUESTRA S.S.S EN EL AGUA	gr.	27	
<b>VR=(M5-M6)/DA</b>	VOLUMEN REAL DE LA MUESTRA	cm <sup>3</sup>	739	
<b>DR=M5/VR</b>	DENSIDAD REAL DEL AGREGADO GRUESO	gr/cm <sup>3</sup>	1,037	
<b>CAPACIDAD DE ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO</b>				
<b>M7</b>	MASA DEL RECIPIENTE	gr.	31,2	31,0
<b>M8</b>	MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA S.S.S	gr.	73,4	78,1
<b>M9=M8-M7</b>	MASA DE LA MUESTRA S.S.S	gr.	42,2	47,1
<b>M10</b>	MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA	gr.	58,4	62,9
<b>M11=M10-M7</b>	MASA DE LA MUESTRA SECA	gr.	27,2	31,9
<b>CA=((M9-M11)/M11)*100</b>	CAPACIDAD DE ABSORCION	%	55,1	47,6
<b>P2=(CA1+CA2)/2</b>	CAPACIDAD DE ABSORCION PROMEDIO	%	51,40	

**AGREGADO**

**FINO**

**(Arena)**

**TABLA N.- 11 ANÁLISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO  
FINO (ARENA)**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
EL HORMIGÓN DE BAJA DENSIDAD Y SU APLICACIÓN EN BLOQUES PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS					
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO					
<b>ORIGEN:</b>		<b>PERDIDA DE MUESTRA %</b>	0,4		
<b>PESO DE LA MUESTRA (gr):</b>	700	<b>FECHA:</b>	17/06/2014		
<b>REALIZADO POR :</b>	Egdo: Alex Fonseca.				
<b>NORMA:</b>	INEN 696				
TAMIZ	RETENIDO PARCIAL (gr)	RETENIDO ACUMULADO (gr)	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	LIMITES ASTM% QUE PASA
3/8"	0,0	0,0	0,0	100	100
#4	48,2	48,2	6,89	93,11	95 - 100
#8	85,0	133,2	19,03	80,97	80 - 100
#16	87,5	220,7	31,53	68,47	50 - 85
#30	94,5	315,2	45,03	54,97	25 - 60
#50	148,0	463,2	66,17	33,83	10 -- 30
#100	142,0	605,2	86,46	13,54	2 -- 10
#200	55,5	660,7	94,39	5,61	-
<b>BANDEJA</b>	36,5	697,2	99,6	0,40	-
<b>MODULO DE FINURA :</b>			<b>2,6</b>		

ABERTURA DEL TAMIZ (mm)

—■— LÍMITE SUPERIOR    —▲— LÍMITE INFERIOR    —×— % ACOMULADO

**TABLA N.- 12 PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO (PIEDRA PÓMEZ) Y AGREGADO FINO (ARENA)**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
EL HORMIGÓN DE BAJA DENSIDAD Y SU APLICACIÓN EN BLOQUES PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS				
PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO Y FINO				
<b>ORIGEN:</b>				
<b>PESO DE LA MUESTRA (gr):</b> 700		<b>FECHA:</b> 18/06/2014		
<b>REALIZADO POR :</b> Egdo: Alex Fonseca.				
<b>NORMA:</b> INEN 858				
<b>MASA DEL RECIPIENTE (kg):</b> 9,90				
<b>VOLUMEN DEL RECIPIENTE (dm<sup>3</sup>)</b> 20,290				
AGREGADO	AGREGADO + RECIPIENTE (Kg)	AGRAGADO (KG)	PESO UNITARIO kg/dm <sup>3</sup>	PESO UNITARIO PROMEDIO kg/dm <sup>3</sup>
GRUESO	19,68	9,78	0,48	0,48
	19,70	9,80	0,48	
	40,60	30,70	1,51	1,51
FINO	40,30	30,40	1,50	

**TABLA N.- 13 PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO (PIEDRA PÓMEZ) Y AGREGADO FINO (ARENA)**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
EL HORMIGÓN DE BAJA DENSIDAD Y SU APLICACIÓN EN BLOQUES PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS				
PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO Y FINO				
<b>ORIGEN:</b>				
<b>PESO DE LA MUESTRA (gr):</b> 700		<b>FECHA:</b> 19/06/2014		
<b>REALIZADO POR :</b> Egdo: Alex Fonseca.				
<b>NORMA:</b> INEN 858				
<b>MASA DEL RECIPIENTE (kg):</b> 9,90				
<b>VOLUMEN DEL RECIPIENTE (dm<sup>3</sup>)</b> 20,290				
AGREGADO	AGREGADO + RECIPIENTE (Kg)	AGRAGADO (KG)	PESO UNITARIO kg/dm <sup>3</sup>	PESO UNITARIO PROMEDIO kg/dm <sup>3</sup>
GRUESO	20,80	10,90	0,54	0,53
	20,60	10,70	0,53	
	42,70	32,80	1,62	1,62
FINO	42,90	33,00	1,63	

**TABLA N.- 14 DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN  
DEL AGREGADO FINO (ARENA)**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
EL HORMIGÓN DE BAJA DENSIDAD Y SU APLICACIÓN EN BLOQUES PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS				
DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCION DEL AGREGADO FINO				
<b>ORIGEN:</b>		<b>FECHA:</b> 24/06/2014		
<b>REALIZADO POR :</b>		Egdo: Alex Fonseca.		
<b>NORMA:</b>		INEN 856		
DATO	CORRESPONDENCIA	UNIDAD	VALOR	
<b>CALCULO DE LA DENSIDAD REAL DEL AGREGADO FINO</b>				
<b>M1</b>	MASA DEL PICNÓMETRO	gr.	163,2	
<b>M2</b>	MASA DEL PICNÓMETRO + MUESTRA S.S.S.	gr.	488,9	
<b>M3</b>	MASA DEL PICNÓMETRO + MUESTRA S.S.S. + AGUA	gr.	849,3	
<b>M4 = M3 - M2</b>	MASA AGUA AÑADIDA	gr.	360,4	
<b>M5</b>	MASA DEL PICNÓMETRO + 500cm <sup>3</sup> DE AGUA	gr.	660,1	
<b>M6=M5-M1</b>	MASA DE 500cm <sup>3</sup> DE AGUA	gr.	496,9	
<b>DA = M6/500cm<sup>3</sup></b>	DENSIDAD DEL AGUA	gr/cm <sup>3</sup>	0,994	
<b>M7= M6 - M4</b>	MASA DE AGUA DESALOJADA POR LA MUESTRA	gr.	136,5	
<b>Msss=M2-M1</b>	MASA DEL AGREGADO	gr.	325,7	
<b>Vsss=M7/DA</b>	VOLUMEN DE AGUA DESALOJADA	cm <sup>3</sup>	137,4	
<b>DRA=Msss/Vsss</b>	DENSIDAD REAL DE LA ARENA	gr/cm <sup>3</sup>	2,371	
<b>CAPACIDAD DE ABSORCION DEL AGREGADO FINO</b>				
<b>M7</b>	MASA DEL RECIPIENTE	gr.	30,9	31,4
<b>M8</b>	MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA S.S.S	gr.	96,6	83,0
<b>M9=M8-M7</b>	MASA DE LA MUESTRA S.S.S	gr.	65,7	51,6
<b>M10</b>	MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA	gr.	94,5	81,3
<b>M11=M10-M7</b>	MASA DE LA MUESTRA SECA	gr.	63,6	49,9
<b>CA=((M9-M11)/M11)*100</b>	CAPACIDAD DE ABSORCION	%	3,30	3,41
<b>P2=(CA1+CA2)/2</b>	CAPACIDAD DE ABSORCION PROMEDIO	%	3,35	



**MEZCLA  
DE LOS  
AGREGADOS**

**TABLA N.- 15 PESO UNITARIO COMPACTADO DE LA MEZCLA**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO								
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA								
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
EL HORMIGÓN DE BAJA DENSIDAD Y SU APLICACIÓN EN BLOQUES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS								
PESO UNITARIO COMPACTADO DE LA MEZCLA								
<b>REALIZADO POR :</b>				Egdo: Alex Fonseca.				
<b>MASA DEL RECIPIENTE:</b>				10,0		<b>FECHA:</b> 20/06/2014		
<b>VOLUMEN DEL RECIPIENTE:</b>				20,290		<b>NORMA:</b> INEN 696		
% MEZCLA		CANTIDAD (kg)		FINO AÑADIDO(kg)	AGREGADO + RECIPIENTE(kg)	AGREGADO (kg)	PESO UNITARIO MEZCLA kg/dm <sup>3</sup>	PESO UNITARIO PROMEDIO kg/dm <sup>3</sup>
G	F	G	F	F	AGREGADO FINO + AGREGADO GRUESO			
100	0	15	0,00	0,00	19,10	9,10	0,448	0,451
					19,20	9,20	0,453	
90	10	15	1,66	1,66	20,70	10,70	0,527	0,530
					20,80	10,80	0,532	
80	20	15	3,75	2,09	22,50	12,50	0,616	0,619
					22,60	12,60	0,621	
70	30	15	6,43	2,68	24,70	14,70	0,724	0,732
					25,00	15,00	0,739	
60	40	15	10,0	3,57	27,90	17,90	0,882	0,887
					28,10	18,10	0,892	
50	50	15	15,0	5,00	26,70	16,70	0,823	0,828
					26,90	16,90	0,833	
40	60	15	22,5	7,50	25,10	15,10	0,744	0,747
					25,20	15,20	0,749	

DENSIDAD APARENTE PROMEDIO (kg/cm<sup>3</sup>)

0 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1

0 10 20 30 40 50 60

40POA 45PMA

—●— DENSIDAD ÓPTIMA DE LOS AGREGADOS

PORCENTAJE MÁXIMO DEL AGREGADO FINO	45 %
PORCENTAJE MÁXIMO DEL AGREGADO GRUESO	55 %
PORCENTAJE ÓPTIMO DEL AGREGADO FINO	40 %
PORCENTAJE ÓPTIMO DEL AGREGADO GRUESO	60 %
PESO UNITARIO MÁXIMO	0,887 gr/cm <sup>3</sup>
PESO UNITARIO ÓPTIMO	0,849 gr/cm <sup>3</sup>

**DENSIDAD REAL**  
**DEL**  
**CEMENTO**  
**HIDRÁULICO TIPO**  
**GU**

**TABLA N.- 16 DENSIDAD REAL DEL CEMENTO**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
EL HORMIGÓN DE BAJA DENSIDAD Y SU APLICACIÓN EN BLOQUES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS					
DENSIDAD REAL DEL CEMENTO					
<b>REALIZADO POR :</b>	Egdo: Alex Fonseca.	<b>FECHA:</b>	25/06/2014		
DATOS	CORRESPONDENCIA		UNIDAD	M1	M2
<b>M1</b>	MASA DEL PICNOMETRO		gr.	161,1	161,9
<b>M2</b>	MASA DEL PICNOMETRO + CEMENTO		gr.	275,4	273,3
<b>M3</b>	MASA DEL PICNOMETRO + CEMENTO + GASOLINA		gr.	607,8	606,9
<b>M4 = M3 - M2</b>	MASA GASOLINA AÑADIDA		gr.	332,4	333,6
<b>M5</b>	MASA DEL PICNOMETRO + 500cm <sup>3</sup> DE GASOLINA		gr.	524,5	523,5
<b>M6=M5-M1</b>	MASA DE 500cm <sup>3</sup> DE GASOLINA		gr.	363,4	361,6
<b>DG = M6/500cm<sup>3</sup></b>	DENSIDAD DE LA GASOLINA		gr/cm <sup>3</sup>	0,727	0,723
<b>M7= M6 - M4</b>	MASA GASOLINA DESALOJADA POR EL CEMENTO		gr.	31,0	28,0
<b>MC=M2-M1</b>	MASA DEL CEMENTO		gr.	114,3	111,4
<b>VG=M7/DG</b>	VOLUMEN DE GASOLINA DESALOJADA		cm <sup>3</sup>	42,7	38,7
<b>DRC=MC/VG</b>	DENSIDAD REAL DEL CEMENTO		gr/cm <sup>3</sup>	2,680	2,877
<b>P=(DRC1+DRC2)/2</b>	DENSIDAD REAL PROMEDIO DEL CEMENTO		gr/cm <sup>3</sup>	2,779	

*FUENTE: MODELOS DE FORMATOS Y PASOS PARA LOS ENSAYOS*

*MEDINA, Santiago “Ensayo de Materiales II”*

**CARACTERÍSTICAS  
DEL ADITIVO  
IMPERMEABILIZANTE**

**TABLA N.- 17 ESPECIFICACIONES DEL ADITIVO.**

<b>PRODUCTO</b>	<b>ADITIVO IMPERMEABILIZANTE</b>
<b>DENSIDAD</b>	1,06 kg/Lt
<b>DESCRIPCIÓN</b>	Cumple norma ASTM C260 Líquido café impermeabilizante para hormigón o mortero. Es una solución concentrada del tipo "soap" de sales de sodio. Impermeabilizante integral de hormigón, incrementa la resistencia a las heladas, incrementa la trabajabilidad, excelente apariencia del hormigón visto, reduce la segregación y exudación.
<b>DOSIFICACIÓN</b>	Agregar, de 150cc a 270 cc. Por cada 50kg. <i>Para hormigones livianos</i> . Se adiciona a la mezcla de hormigón con el agua de amasado. Cuando se usa con otro aditivo, se los adiciona por separado el contenido de aire es afectado por el tipo de cemento y granulometría de los agregados.



**GRÁFICO N.-9 Hormigón en estado endurecido impermeable.**

**FUENTE:** TESPECON. Tecnología especializada para la construcción (RESPALDO TÉCNICO EDICIÓN 2012-2013) Aditivos y especialidades para el hormigón.

## 4.2 INTERPRETACION DE DATOS

### 4.2.1 AGREGADO GRUESO (PIEDRA PÓMEZ)

Mediante los ensayos realizados en el laboratorio se determinó las propiedades mecánicas del agregado grueso, y se puede apreciar que este material cumple con las especificaciones técnicas para la producción de un hormigón de baja densidad, pues se encuentra dentro de los límites admisibles.

**TABLA N.- 18 AGREGADO GRUESO (PIEDRA PÓMEZ).**

<b>AGREGADO GRUESO (PIEDRA PÓMEZ)</b>		
<b>PROPIEDAD MECÁNICA</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR DETERMINADO</b>
Tamaño nominal máximo	PLG	¾"
Peso unitario suelto	gr/cm <sup>3</sup>	0,48
Peso unitario compactado	gr/cm <sup>3</sup>	0,53
Peso específico	gr/cm <sup>3</sup>	1,037
Capacidad de absorción	%	51,4

### 4.2.2 AGREGADO FINO (ARENA)

Mediante los ensayos realizados en el laboratorio se determinó las propiedades mecánicas del agregado fino, y se puede apreciar que este material cumple con las especificaciones técnicas para la producción de un hormigón de baja densidad, pues se encuentra dentro de los límites admisibles.

**TABLA N.- 19 AGREGADO FINO (ARENA).**

<b>AGREGADO FINO (ARENA)</b>		
<b>PROPIEDAD MECÁNICA</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR DETERMINADO</b>
MODULO DE FINURA		2,6
PESO UNITARIO SUELTO	gr/cm <sup>3</sup>	1,51
PESO UNITARIO COMPACTADO	gr/cm <sup>3</sup>	1,62
PESO ESPECÍFICO	gr/cm <sup>3</sup>	2,371
CAPACIDAD DE ABSORCION	%	3,35

#### 4.2.3 MEZCLA DE LOS AGREGADOS.

Mediante los ensayos de laboratorio se obtuvieron los siguientes resultados de la mezcla de los agregados (arena + piedra pómez).

**TABLA N.- 20 MEZCLA DE LOS AGREGADOS.**

<b>MEZCLA DE LOS AGREGADOS</b>		
<b>PROPIEDAD MECÁNICA</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR DETERMINADO</b>
Peso unitario máximo	gr/cm <sup>3</sup>	0.887
Peso unitario óptimo	gr/cm <sup>3</sup>	0.849
Porcentaje óptimo de piedra pómez	%	60
Porcentaje óptimo de arena	%	40

#### 4.3 VERIFICACION DE LA HIPOTESIS.

Con la ayuda de los ensayos realizados en el laboratorio a cada uno de los agregados de las diferentes canteras y el cemento hidráulico, se pudo obtener las propiedades mecánicas de los mismos, con estos valores obtenidos se puede realizar una dosificación adecuada para obtener resistencias de acuerdo al uso que vaya a ser destinado el hormigón de baja densidad, por lo que la verificación se dará una vez realizadas las mezclas y hechas las pruebas de resistencia.



## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

#### **5.1 CONCLUSIONES.**

##### **5.1.1 AGREGADO GRUESO (PIEDRA PÓMEZ).**

- Mediante la curva granulométrica del agregado grueso se puede determinar que por estar cerca al límite superior está compuesto por partículas finas por lo tanto el tamaño nominal máximo determinado es equivalente a  $\frac{3}{4}$  de pulgada, observándose una distribución regular de partículas de los diferentes tamaños
- Con el ensayo de peso unitario suelto se determinó el valor de  $0.48 \text{ gr/cm}^3$  es un valor relativamente bajo por la textura y composición de este agregado a comparación de un ripio común y corriente, pues el objetivo principal es obtener un hormigón de baja densidad es por eso que se eligió este tipo de agregado (piedra pómez).
- Al realizar el ensayo de peso unitario compactado del agregado grueso (piedra pómez) se obtuvo un valor de  $0,53\text{gr/cm}^3$ , sigue siendo este un valor relativamente bajo en relación a la arena.
- Con el ensayo de peso específico del agregado grueso se obtuvo un valor de  $1,037\text{gr/cm}^3$ , por su forma y textura este es un material muy liviano y de gran capacidad de absorción pues sus poros y aberturas contienen aire el mismo que le permite flotar si es colocado en agua también estas porosidades permiten una máxima absorción de agua para saturarse por completo.

- La capacidad de absorción del agregado grueso (piedra pómez) tiene un valor relativamente alto equivalente al 51,40% pues su textura y forma le permite absorber la máxima cantidad de agua hasta saturarse por completo.

### **5.1.2 AGREGADO FINO (ARENA)**

- Por medio de la curva granulométrica de este agregado se puede notar que está cerca al límite inferior, y por la distribución de partículas en los diferentes tamices se obtuvo un valor del módulo de finura equivalente a 2,6 el cual está dentro de los parámetros para obtener un hormigón de buena calidad.
- Con el ensayo de peso unitario suelto del agregado fino se determinó el valor de  $1,51\text{kg/cm}^3$ , un valor aproximadamente tres veces mayor que el peso del agregado grueso (piedra pómez), es decir que estos materiales tienen un valor totalmente diferente de masa por unidad de volumen.
- Al realizar el ensayo de peso unitario compactado del agregado fino se obtuvo un valor de  $1,63\text{kg/cm}^3$ , se observa que el peso aumentó un pequeño porcentaje pues al realizar la compactación del agregado las partículas tienden a juntarse más permitiendo que haya un menor porcentaje de vacíos y de esta manera el recipiente pueda almacenar más agregado.
- Por medio del ensayo de peso específico del agregado fino (arena) se determinó un valor de  $2,39\text{kg/cm}^3$ , un valor con un porcentaje un tanto menor a comparación de las arenas tradicionales de algunas canteras que están entre  $2,5\text{kg/cm}^3$  a  $2,7\text{kg/cm}^3$ , cabe recalcar que la arena que se usara para este proyecto es una arena 100% pura lavada de río, estos valores siempre tendrán una variación dependiendo de la ubicación de las canteras.

- Por medio del ensayo de capacidad de absorción del agregado fino se obtuvo un valor equivalente a 3,35%, un valor muy bajo a comparación del agregado grueso (piedra pómez) pues su textura y composición es muy diferente.

### **5.1.3 MEZCLA DE LOS AGREGADOS.**

- Se concluye por medio de este ensayo que el peso unitario óptimo, es de  $0,849\text{kg/cm}^3$  dando como resultado a una mezcla con un 60% de agregado grueso (piedra pómez) y 40% de agregado fino (arena).
- El valor de  $0,849\text{kg/cm}^3$  corresponde al peso unitario óptimo de la mezcla, el mismo que puede ser útil para la fabricación de un hormigón de baja densidad por su valor que es bajo a comparación de un hormigón normal estructural que esta sobre los  $2,2\text{ kg/cm}^3$ .

### **5.1.4 CEMENTO HIDRAULICO TIPO GU**

- Fue de mucha importancia para este proyecto realizar el ensayo de densidad real del cemento en el laboratorio, pues los fabricantes no revelan este tipo de información a ninguna persona debido a que esta es información privada.
- En el ensayo de laboratorio de densidad real del cemento se obtuvo un valor de  $2,779\text{ gr/cm}^3$ .
- Se comparó este valor con ensayos anteriormente realizados con este tipo y marca de cemento y se encontraron valores parecidos.

## 5.2 RECOMENDACIONES.

- Es necesario seguir paso a paso las recomendaciones y sugerencias que describen los códigos, pues todos los ensayos están normalizados para obtener resultados 100% seguros y confiables.
- Se recomienda que se dicte más teoría, y se realice prácticas sobre fibras de polipropileno y aditivos para los hormigones pues esto enriquecerá de conocimiento a los estudiantes y de esta manera podrán dar un servicio con calidad a la colectividad e industrias de la construcción.
- Se recomienda al momento de seleccionar las muestras para los diferentes ensayos, que estas estén libres de materia orgánica e impurezas pues esto podría alterar los resultados finales.
- Se recomienda que el horno se encuentre en la temperatura adecuada para colocar las muestras y sacar los porcentajes de capacidad de absorción de los agregados ya que de no estar en una temperatura constante y el tiempo necesario los resultados de las muestras pueden variar.
- Se recomienda que al momento de realizar los ensayos para determinar los pesos específicos, el material debe encontrarse en estado sss (saturado superficie seca) esto es para obtener resultados más reales y confiables.
- Es necesario que las muestras se encuentren totalmente secas para el ensayo de granulometría para evitar que los tamices se tapen e impidan el paso de partículas más finas.

## **CAPITULO VI**

### **PROPUESTA**

#### **DOSIFICACIÓN DE UN HORMIGÓN DE BAJA DENSIDAD CON MATERIALES PETREOS Y ADITIVO IMPERMEABILIZANTE, PARA LA ELABORACIÓN DE BLOQUES Y PANELES PRE FABRICADOS DE MAMPOSTERIA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS**

##### **6.1 DATOS INFORMATIVOS.**

Para la presente investigación se realizara la dosificación adecuada para un hormigón de baja densidad que sea aplicable en la elaboración de bloques y elementos para mampostería, utilizando materiales pétreos de diferentes canteras y aditivos que modificaran las propiedades del hormigón.

##### **6.1.1 AGREGADO FINO.**

La cantera de agregado fino (arena) se encuentra en la Provincia de Cotopaxi Cantón Salcedo Parroquia de Panzaleo en la carretera E35 a pocos metros del peaje Panavial su nombre comercial es: Cantera Santa Anita. Esta cuenta con todos los permisos de explotación y ambientales, el material explotado está a disposición de todos los constructores de esta y otras provincias desde hace más de 20 años, el volumen aproximado diario está entre los 250m<sup>3</sup> esta cantera cuenta con la maquinaria y el personal adecuado para la explotación y clasificación de los agregados tanto finos como gruesos.

##### **6.1.2. AGREGADO GRUESO.**

La cantera de agregado grueso (piedra pómez) se encuentra en la Provincia de Cotopaxi Cantón Latacunga Parroquia Eloy Alfaro sector Salache Tiobamba el Tingo su nombre comercial es: Cantera San Mateo. De igual manera cuenta con todos los permisos para la explotación de los agregados para la construcción, los

mismos que son vendidos a constructores de varias provincias como Tungurahua, Cotopaxi, Guayas, etc. Este material es transportado en volquetas, trailers, bañeras, por su peso que es relativamente bajo se puede transportar largas distancias sin problemas, incluso los transportistas cargan más del volumen permitido para obtener una mayor rentabilidad.

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

El hormigón es un material compuesto de agregados minerales extraídos de depósitos naturales, en el cual existe una gran variabilidad en las características de sus componentes, especialmente en los agregados pétreos. Siendo éstas de carácter físico y químico, producen diferentes efectos, tanto en la trabajabilidad del hormigón como en su comportamiento en estado endurecido, el cual regirá su vida de servicio.

El estudio consiste en determinar la dosificación adecuada para la elaboración de un hormigón de baja densidad que sea aplicable en la fabricación de bloques u otros elementos para mampostería los distintos áridos disponibles para que el resultante sea lo más compacto posible y envolverlo con la cantidad adecuada de cemento y agua para obtener un material que tenga las cualidades necesarias para la construcción de una obra o parte de ella.

El concreto es un material pétreo artificial que se obtiene de la mezcla, en determinadas proporciones, de pasta y agregados minerales. La pasta se compone de cemento y agua, que al endurecerse une a los agregados formando un conglomerado semejante a una roca debido a la reacción química entre estos componentes. Para lograr las mejores propiedades mecánicas, el concreto debe contar con un esqueleto pétreo empacado lo más densamente posible, y con la cantidad de pasta de cemento necesaria para llenar los huecos que éste deje. Los agregados son un componente dinámico dentro de la mezcla, aunque la variación en sus características puede ocurrir también durante los procesos de explotación, manejo y transporte. Y puesto que forman la mayor parte del volumen del material, se consideran componentes críticos en el concreto y tienen un efecto

significativo en el comportamiento de las estructuras. El esfuerzo que el concreto puede resistir como material compuesto está determinado principalmente, por las características del mortero (mezcla de cemento, arena y agua), de los agregados gruesos y de la reacción entre éstos dos componentes. Debido a lo anterior, Morteros con diferentes calidades y agregados gruesos con diferentes características pueden producir concretos de distintas resistencias (Özturan y Çeçen 1997).

### **6.3 JUSTIFICACION.**

La investigación realizada es de mucha importancia pues se propone una dosificación adecuada para la elaboración de un hormigón de baja densidad para la correcta elaboración de bloques de mampostería que se utilizan en la construcción de viviendas así como elementos prefabricados para decoraciones en viviendas y edificios, serán elaborados técnicamente y con todas las normas respectivas que respalden la funcionabilidad del mismo, hay que tomar en cuenta que los agregados tanto finos como gruesos tienen variaciones en sus propiedades mecánicas dependiendo de la ubicación de las canteras que sean extraídos es por eso que se deben realizar los ensayos respectivos en un laboratorio para así obtener un diseño adecuado de un hormigón y que sea ajustable a las resistencias deseadas.

Este estudio será útil para estudiantes, contratistas, constructores, fabricantes, etc. ya que en este documento se encuentra todo lo referente a la elaboración y todas las especificaciones que debe tener un hormigón de baja densidad para la elaboración de bloques de mampostería para que sean aprobados por fiscalizadores y entidades de control.

Sabemos que el Ecuador es un País de alto riesgo sísmico y por lo mismo se debe seleccionar muy bien los materiales con los que se va a construir, y de la misma manera elaborar el producto final de una manera técnica para no tener problemas a futuro como pueden ser fisuras, humedad, desgaste, roturas, etc.

## **6.4 OBJETIVOS.**

### **6.4.1 OBJETIVO GENERAL.**

Estudiar el comportamiento del hormigón de baja densidad en estado fresco y endurecido utilizando agregados pétreos naturales extraídos de dos canteras de la provincia de Cotopaxi.

### **6.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.**

- Diseñar un hormigón de baja densidad con la resistencia adecuada para la elaboración de bloques y paneles pre fabricados de mampostería.
- Determinar las propiedades en estado fresco y el comportamiento mecánico en estado endurecido.

## **6.5 ANALISIS DE FACTIBILIDAD.**

Todos los análisis que se realizaron previo al diseño y elaboración de un hormigón son de suma importancia dentro de esta investigación pues entre el 70% y 80% del volumen total del hormigón está compuesto por los agregados y la calidad de los mismos es directamente proporcional con la resistencia final del hormigón.

Uno de los ensayos más representativos y de mucha importancia es el de la resistencia a la compresión del hormigón, cada uno de respectivos datos que arrojen cada probeta cilíndrica son de mucha importancia pues con esto se conocerá la resistencia especificada  $f'_c$  y de la misma manera nos servirá para el respectivo control de calidad del hormigón para ser ensayados cada (7, 14,21) días y la resistencia máxima especificada que debe alcanzarse a los 28 días de edad.

## **6.6 FUNDAMENTACION.**

### **Dosificación de hormigones por la Universidad Central del Ecuador Método de la Densidad Máxima.**

Éste método de diseño se presenta como una alternativa de dosificación de hormigones al método propuesto por el A.C.I. (American Concrete Institute).



Nuestro país tiene diferentes tipos de materiales en sus diferentes regiones y provincias, los cuales muchas veces no cumplen las normas establecidas para ser usados en el método A.C.I. El fundamento de éste método de diseño de mezclas por la Universidad Central del Ecuador llamado el de la Densidad Máxima consiste en utilizar la cantidad de pasta mínima necesaria para obtener un hormigón de buena calidad, para lo cual es necesario obtener una combinación de agregados que deje el menor porcentaje de vacíos posible.

Por su parte, el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Central del Ecuador, mediante estudios preliminares, nos da valores de la resistencia a la compresión a los 28 días que se puede obtener en función de la relación agua/cemento del hormigón y valores de la cantidad de pasta que requiere el hormigón de acuerdo al asentamiento buscado para cemento Portland Puzolánico Tipo GU.

Para este caso en el cual vamos a dosificar un hormigón de baja densidad con una resistencia máxima a la compresión de  $60\text{kg/cm}^2$  y  $45\text{kg/cm}^2$  no tenemos un valor determinado en la tabla de resistencia a la compresión de hormigón basada en la relación agua/cemento, por lo tanto para encontrar el valor correspondiente vamos a extrapolar en la tabla propuesta por la Universidad Central, y el valor calculado se utilizará para la dosificación propuesta en este proyecto.

### **6.6.1 Propiedades Mecánicas del Hormigón**

El Hormigón presenta propiedades interesantes tanto en estado fresco como en estado endurecido, es por ello que enunciaremos dichas propiedades de acuerdo al estado en que presenta.

#### **6.6.1.2 Propiedades del Hormigón en Estado Fresco**

##### **a) Trabajabilidad**

La norma ASTM C-995 define que “la trabajabilidad del Hormigón se debe medir con el método del cono de Abrams que mide la movilidad o la fluidez del hormigón, debido a que está directamente relacionado con su deformabilidad, es decir, su consistencia.”

## b) Consistencia

La consistencia depende de varios factores como son: cantidad de agua de amasado, granulometría y la forma de los agregados. De acuerdo a su consistencia los hormigones se clasifican en: seca, plástica, blanda, fluida y líquida. A continuación en la siguiente tabla se indican los estados de consistencia que se pueden presentar en el hormigón en función del asentamiento que se obtiene a través del cono de Abrams. Considerando que la consistencia líquida no es admisible para hormigón armado.<sup>17</sup>

**Tabla # 21 Consistencia del hormigón en función del asentamiento**

Consistencia	Asentamiento en el cono de Abrams (cm.)	Trabajabilidad
Seca	0 a 2	Muy baja
Plástica	3 a 5	Baja
Blanda	6 a 9	Media
Fluida	10 a 15	Alta
Líquida	> 16	Muy Alta

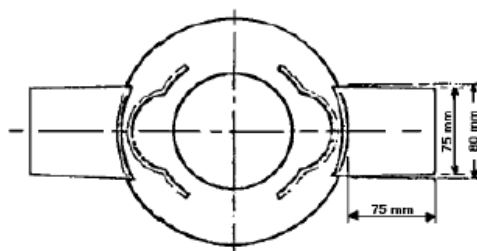
*FUENTE: MILLAN Fernanda “Comportamiento del hormigón reforzado con fibras de polipropileno y su influencia en sus propiedades mecánicas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua.”*

“El cono de Abrams, es un molde de forma troncocónica, el cual es relleno con el hormigón objeto de ensayo. La pérdida de altura que experimenta la masa fresca del hormigón una vez desmoldada, expresada en centímetros, da una medida de su consistencia.”<sup>18</sup>

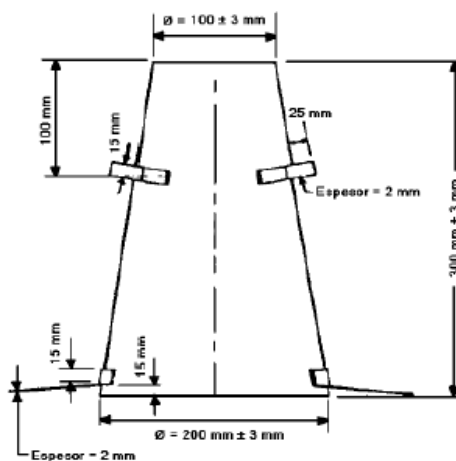
---

<sup>17</sup> FUENTE: MONTOYA P., “Hormigón Armado”, Décima edición, pp 76, Barcelona (2000)

<sup>18</sup> FUENTE: NTE INEN 1578 – Hormigón de cemento hidráulico - Determinación del asentamiento



**VISTA EN PLANTA**



**GRÁFICO N.- 10 Cono de Abrams**

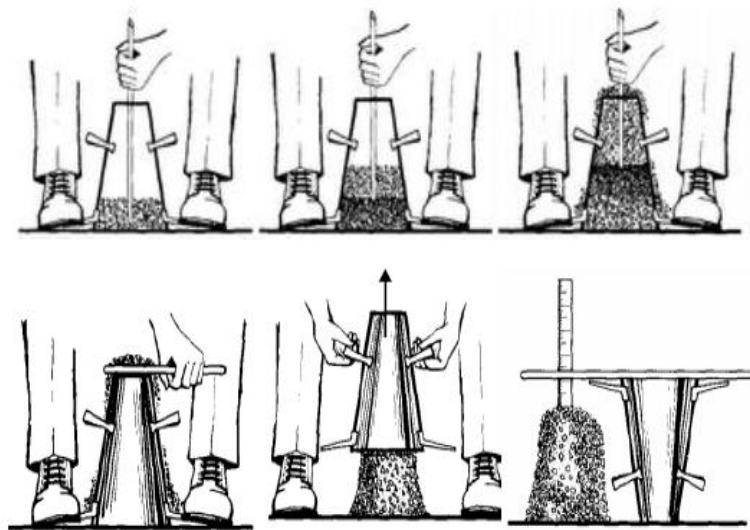
**FUENTE:** NTE INEN 1578 Hormigón de cemento hidráulico – Determinación del asentamiento.

De acuerdo a la norma NTE INEN 1578 para realizar adecuadamente el ensayo de asentamiento mediante el cono de Abrams se debe seguir los siguientes pasos:

- Colocar el cono sobre una bandeja o placa rígida. - Llenar el cono en tres capas, compactando cada una de ellas con una varilla metálica de 16 mm de punta redonda, dando 25 golpes por capa. - Enrasar la superficie retirando el exceso de hormigón. - Sacar el molde con cuidado en dirección vertical. Esta operación debe realizarse en  $5 \pm 2$  segundos sin mover el hormigón en ningún momento. - El asentamiento se mide como indica el gráfico # 16. Si la superficie del cono es irregular, el asentamiento se determina midiendo la diferencia de altura del molde y la del punto medio de la parte superior de la muestra después del ensayo.<sup>19</sup>

<sup>19</sup> FUENTE: NORMA NTE INEN 1578

Pasos para la toma de muestras de consistencia del hormigón.



**GRÁFICO N.- 11 Ensayo Cono de Abrams**

**FUENTE:** [http://www.construmatica.com/construpedia/consistencia\\_Hormigón\\_Fresco](http://www.construmatica.com/construpedia/consistencia_Hormigón_Fresco)

### **c) Homogeneidad**

“El hormigón fresco se considera homogéneo cuando en cualquier parte de su masa la composición es similar. En el caso de hormigones reforzados con fibra, la homogeneidad se puede ver afectada por tres causas fundamentales:

1. Segregación de los componentes: el riesgo de segregación aumenta si se incrementa el tamaño máximo del árido, se adopta una granulometría discontinua o se dispone un volumen insuficiente de pasta de cemento.
2. Formación de bolas o erizos: se produce por una concentración local de fibras entrecruzadas o enmarañadas
3. Exudación: ésta se produce cuando el volumen de agua empleada en el amasado es superior que la cantidad de cemento y los áridos.”<sup>20</sup>

### **d) Densidad del Hormigón Fresco**

La densidad o masa específica del hormigón depende principalmente de la naturaleza de los agregados, su granulometría y la forma de compactación que

<sup>20</sup> FUENTE: Beltran A, Ensayos en el Hormigón

fue empleada. Mientras mayor sea la densidad de los agregados utilizados y mejor compactada esté la mezcla, será mayor la densidad del hormigón.

“La norma NTE INEN 1579 establece el método de ensayo para determinar la densidad del hormigón recién mezclado. El mismo que indica que una vez determinada la masa del hormigón compactada dentro de un recipiente, se relaciona para el volumen del mismo obteniéndose de esta forma la densidad del hormigón, utilizando la siguiente fórmula.”<sup>21</sup>

$$D_{HF} = \frac{M_c - M_m}{V_m}$$

Dónde:

DHF = Densidad del hormigón fresco, (kg/m<sup>3</sup>) Mc = Masa del recipiente de medición lleno con hormigón, (kg)

Mm = Masa del recipiente de medición, (kg)

Vm = Volumen del recipiente de medición, (m<sup>3</sup>)

### **6.6.1.3 Propiedades del Hormigón en Estado Endurecido**

#### **a) Resistencia a la Compresión del Hormigón**

“Este método de ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión a los cilindros moldeados o núcleos de hormigón de cemento hidráulico a una velocidad que se encuentra dentro de un rango definido hasta que ocurra la falla total o parcial del espécimen.”<sup>22</sup>

La resistencia a la compresión de un espécimen se calcula como se indica en la siguiente fórmula:

---

<sup>21</sup> FUENTE: NORMA NTE INEN 1579

<sup>22</sup> FUENTE: Norma NTE INEN 1573. Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros.

$$f'c = \frac{P_{\text{máx}}}{\frac{\pi * D^2}{4}}$$

Dónde:

$f'c$  = Resistencia a la compresión del Hormigón

$P_{\text{máx}}$  = Carga máxima alcanzada durante el ensayo

$D$  = Diámetro de la sección transversal del espécimen

**Procedimiento:**

“Para desarrollar correctamente este ensayo se nivela la base superior de la probeta, que es la que no ha estado encofrada, y por tanto presenta ciertas irregularidades que evitaría la distribución homogénea de cargas, la cual se corrige mediante la utilización de cabezales con neopreno.

A continuación se coloca la probeta en la prensa lo más centrada posible para evitar una excentricidad en la aplicación de la carga la misma que pueda producir variaciones en el ensayo. Se configura la máquina para que, una vez alcanzada la carga máxima de la probeta se detenga el ensayo. Los valores que se obtienen del ensayo son básicamente los de carga máxima

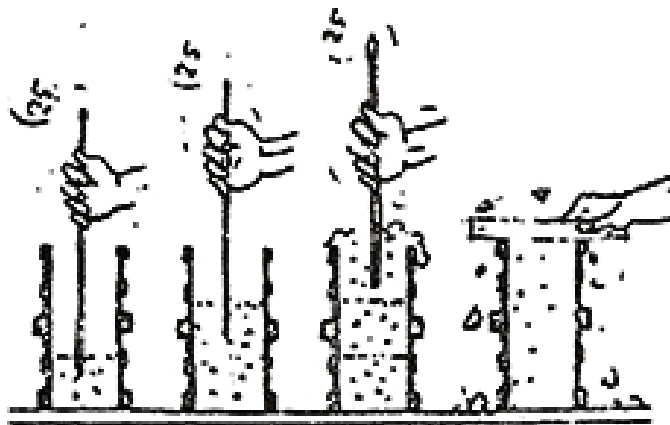
Para la aceptación de la resistencia a compresión los cilindros deben ser de 150 mm x 300 mm ó de 100 mm x 200 mm, en donde la longitud del cilindro debe ser el doble del diámetro y el diámetro debe ser por lo menos 3 veces el tamaño máximo nominal del árido grueso.”



**GRÁFICO N.-12** *Compresión en Cilindros de Hormigón*

**FUENTE:** <http://www.acerosarequipa.com/uploads/concreto>

Las probetas de hormigón para este ensayo se moldean de acuerdo a las normas NTE INEN 1576 - ASTM C 31, y una vez transcurridas las primeras 24 horas se procede a desmoldar e inmediatamente se acondiciona la probeta para su mantenimiento (curado del hormigón norma NTE INEN 252851) hasta el momento de ensayo.<sup>23</sup>



**GRÁFICO N.- 13** *Toma de muestras cilíndricas de hormigón*

**FUENTE:** <http://www.hormaco.com.ar/images/t3.png>

<sup>23</sup> FUENTE: NORMAS NTE INEN 1576 - ASTM C 31  
Pasos para la toma de muestras cilíndricas del hormigón.

### c) Densidad del Hormigón Endurecido

La densidad del hormigón endurecido se define como el peso por unidad de volumen, para realizar este ensayo el cilindro debe estar en condición de saturado superficie seca (sss), y se calcula mediante la siguiente expresión:<sup>24</sup>

$$D_{HE} = \frac{m_c}{v_c}$$

#### Dónde:

DHE = Densidad del hormigón endurecido, (kg/m<sup>3</sup>)

m<sub>c</sub> = Masa del cilindro del hormigón en condición sss, (kg)

V<sub>c</sub> = Volumen del cilindro de hormigón (m<sup>3</sup>)

“Dependiendo de las proporciones de cada uno de sus constituyentes existe una tipología de hormigones. Se considera *hormigón pesado* aquel que posee una densidad de más de 3200 kg/m<sup>3</sup> debido al empleo de agregados densos (empleado protección contra las radiaciones), el *hormigón normal* empleado en estructuras que posee una densidad de 2200 kg/m<sup>3</sup> y el *hormigón liviano* con densidades de 1800kg/m<sup>3</sup> (pero que no sea menor que 800kg/m<sup>3</sup> ni mayor a 2000kg/m<sup>3</sup>)”

---

<sup>24</sup> FUENTE: NTE INEN 1573. Determinación de la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos.



**TABLA N. -22 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN  
BASADA EN LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO.**

<b>RESISTENCIA PROBABLE A LOS 28 DIAS (Mpa)</b>	<b>RELACION AGUA / CEMENTO</b>
45	0,37
42	0,40
40	0,42
35	0,47
32	0,51
30	0,52
28	0,53
25	0,56
24	0,57
21	0,58
18	0,62
15	0,70

**TABLA N.-23 CANTIDAD DE PASTA PARA DISTINTOS  
ASENTAMIENTOS.**

<b>ASENTAMIENTO</b>	<b>CANTIDAD DE PASTA (%)</b>
0 - 3	%OV + 2 % + 3% (OV)
3 - 6	%OV + 2 % + 6% (OV)
6 - 9	%OV + 2 % + 8% (OV)
9 - 12	%OV + 2 % + 11% (OV)
12 - 15	%OV + 2 % + 13% (OV)

**DATOS REQUERIDOS.**

- Resistencia a compresión ( $f_c$ )
- Asentamiento Requerido
- Densidad Real del Cemento ( $\delta_{\text{cimento}}$ )

- Densidad Real del agregado fino. ( $D_{sss\ fino}$ )
- Densidad Real del agregado grueso. ( $D_{sss\ grueso}$ )
- Porcentaje Óptimo del agregado fino. ( $\%op.fino$ )
- Porcentaje Óptimo del agregado grueso. ( $\%opgrueso$ )
- Densidad Óptima de la Mezcla de Agregados. ( $\delta op$ )

**PROCEDIMIENTO:**

**1.- Escogemos de la Tabla N.- 6.6.1 el valor correspondiente a la relación agua / cemento de acuerdo a la resistencia requerida.**

**2.- Calculamos la densidad real de la mezcla por medio de la siguiente formula.**

$$D_{real\ mezcla} = \frac{D_{sss\ fino} * \%op.fino}{100} + \frac{D_{sss\ grueso} * \%opgrueso}{100}$$

**3.- Calculamos el porcentaje óptimo de vacíos.**

$$P.O.V = \frac{D_{real\ mezcla} - \delta op}{D_{real\ mezcla}} * 100$$

**4.- Escogemos la cantidad de pasta cementante para los asentamientos requeridos de la tabla N.- 6.6.2**

**Nota:** La cantidad de pasta calculada, no podrá ser superior al 30% o 300dm<sup>3</sup>

**5.- Calculamos la cantidad de cemento para la dosificación.**

$$C = \frac{Cantidad\ (pasta)}{\frac{a}{c} + \frac{1}{\delta cemento}}$$

**6.- Calculamos la cantidad de agregado fino.**

$$Fino = 1000 - Cantidad\ de\ pasta * \frac{\%op.fino}{100} * D_{sss\ arena}$$

**7.- Calculamos la cantidad de agregado grueso.**

$$\text{Grueso} = 1000 - \text{Cantidad de pasta} * \frac{\%op. \text{grueso}}{100} * D_{sss} \text{ grueso}$$

**8. - Calculamos la cantidad de Agua para la mezcla.**

$$AGUA = C * \frac{a}{c}$$

**9.- Tabla de resultados de dosificación al peso.**

**TABLA N.- 24 RESULTADOS DE LA DOSIFICACION AL PESO**

MATERIAL	PESO (Kg)	DOSIFICACION
AGUA		
CEMENTO		
ARENA		
PIEDRA PÓMEZ		

*FUENTE: Universidad Central del Ecuador Laboratorio de ensayo de materiales Método Dosificación de hormigones por la densidad máxima.*

Al finalizar este proceso determinamos las cantidades necesarias de cada uno de los materiales para la producción de un metro cubico de hormigón de baja densidad y desde luego siguiendo las recomendaciones de las normas y códigos los agregados deben encontrarse en condición sss (saturado superficie seca).

Cabe recalcar que la dosificación adecuada y recomendada se la realiza al peso y no al volumen, de esta manera se calculara la cantidad necesaria de cada componente para la obtención del producto final que es el hormigón de baja densidad.<sup>25</sup>

---

<sup>25</sup> FUENTE: Dosificación de Hormigones por la Universidad Central del Ecuador Método de la Densidad Máxima

## 6.7 METODOLOGIA.

De acuerdo con lo escrito en el código ASTM C-90 que trata sobre las especificaciones y estándares de calidad para los bloques huecos de concreto, también se utilizara la norma NTE INEN 1 763 que describe el muestreo del hormigón, y la norma NTE INEN 1 576 acerca de la elaboración de especímenes para ensayo de hormigón, la misma que describe cuando tomar muestras manuales y vibradas del hormigón en estado fresco.<sup>26</sup>

En este proyecto se realizara el diseño de un hormigón de baja densidad tomando en cuenta las características y parámetros que se describen en los bloques tipo NI y SI que se trata acerca de bloques de concreto para paredes interiores y exteriores con humedad controlada, y los bloques de concreto tipo NII y SII con humedad no controlada respectivamente, a continuación se detallara en la siguiente tabla todas las características necesarias para la elaboración de este tipo de bloques, y la misma que nos servirá para el diseño del hormigón de baja densidad.

**TABLA N.- 25 CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS BLOQUES Y PANELES PRE FABRICADOS DE HORMIGÓN PARA MAMPOSTERIA.**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
EL HORMIGÓN DE BAJA DENSIDAD Y SU APLICACIÓN EN BLOQUES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS		
CARACTERISTICAS GENERALES		
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN $f_c = \text{kg/cm}^2$		
TIPO	PROMEDIO DE TRES UNIDADES	UNIDAD INDIVIDUAL
NI y NII	70,42	56,30
SI y SII	49,30	42,20
CONSISTENCIA		ASENTAMIENTO (cm)
SECA		0 - 3
PLÁSTICA		3 - 6
BLANDA		6 - 9
FLUIDA		9 - 12
LÍQUIDA		12 - 15
CONTENIDOS DE HUMEDAD		
CONDICIONES DE HUMEDAD DEL SITIO DE TRABAJO O LUGAR DE USO		
HUMEDO	INTERMEDIO	SECO
> 75%	> 50% Y < 75%	< 50 %
CLASIFICACION POR SU PESO		
PESO LIGERO	PESO MEDIANO	PESO NORMAL
1362 kg/m <sup>3</sup> a 1682kg/m <sup>3</sup>	1682 kg/m <sup>3</sup> a 2002kg/m <sup>3</sup>	2002kg/m <sup>3</sup> o más
REQUISITOS DE ABSORCION		
La absorción permitida está relacionada con el peso volumétrico de los bloques secados al horno, siendo mayor la absorción permitida en los bloques de menor peso volumétrico seco, y menor en los bloques de mayor peso volumétrico seco		

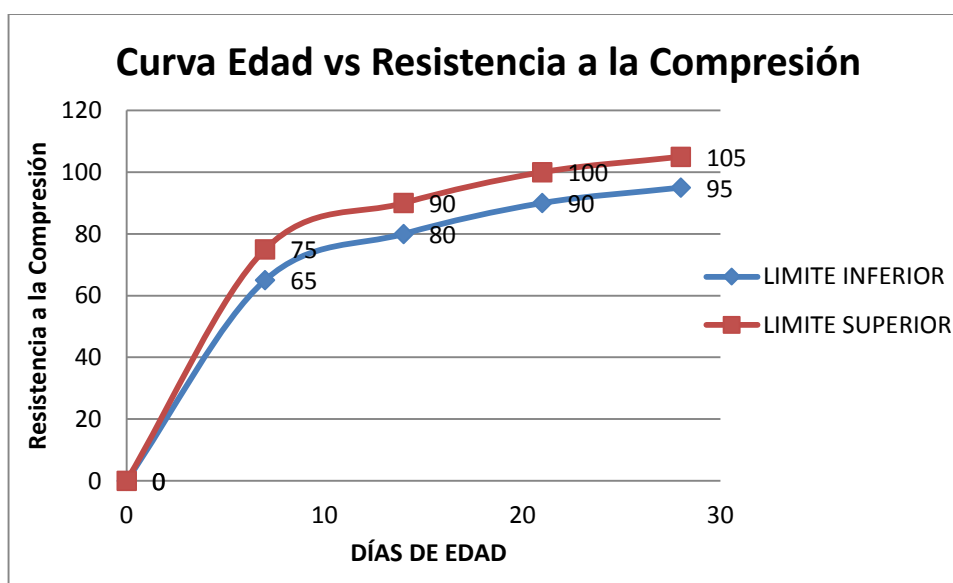
<sup>26</sup> FUENTE: NORMAS INEN 1 753, ASTM C-90

**CÁLCULO DE LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO PARA LA DOSIFICACIÓN DE UN HORMIGÓN DE 60kg/cm<sup>2</sup> Y 45 kg/cm<sup>2</sup>.**

**TABLA N.- 26 VALORES EXTRAPOLADOS DE LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO EN LA TABLA N.- 22**

RESISTENCIA PROBABLE A LOS 28 DIAS (Mpa)	RELACIÓN AGUA / CEMENTO
6	1.66
4,5	1,72

**GRÁFICO N.- 14 CURVA EDAD EN DIAS vs RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN EN MUESTRAS CURADAS ELABORADO CON CEMENTO HIDRÁULICO.**



*FUENTE: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES UTA FICM Limites admisibles en % de la resistencia del hormigón curado vs los días de edad.*

**6.7.1 DOSIFICACIÓN DE UN HORMIGÓN DE BAJA DENSIDAD PARA UNA RESISTENCIA  $f'c=60\text{kg/cm}^2$  Y ASENTAMIENTO RECOMENDADO.**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
EL HORMIGÓN DE BAJA DENSIDAD Y SU APLICACIÓN EN BLOQUES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS					
DOSIFICACIÓN DE HORMIGÓN MÉTODO DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR					
REALIZADO POR:		Egdo: Alex B Fonseca Acosta		FECHA: 16/10/2014	
BLOQUES DE HORMIGON TIPO NI y NII RESISTENCIA ESPECIFICADA = $60\text{ kg/cm}^2$					
DATOS DEL ENSAYO			DATOS DE TABLAS ESTABLECIDAS		
$f'c$	60 $\text{kg/cm}^2$		w/c Tabla N.- 6.6.1Y 6.6.4		
Asentamiento	3 -6 cm		k Tabla N.- 6.6.2		
PEC	2,779 $\text{gr/cm}^3$		CÁLCULOS		
PEA	2,395 $\text{gr/cm}^3$		DRM	1,6481 $\text{gr/cm}^3$	
PEPP	1,037 $\text{gr/cm}^3$		POV	48,486 %	
PUSA	1,51 $\text{gr/cm}^3$		CPC	300,000 $\text{cm}^3$	
PUSPP	1,037 $\text{gr/cm}^3$		CC	148,526 kg	
POA	45 %		CW	246,55 lt	
POPP	55 %		CA	754,43 kg	
PUOM	0,849 $\text{gr/cm}^3$		CPP	399,245 kg	
DOSIFICACION AL PESO (CANTIDADES)					
MATERIAL	CANTIDAD POR $\text{m}^3$ (kg)	DOSIFICACION AL PESO		CANTIDAD POR SACO DE 50kg	
W	246,55	1,66		83	
C	148,526	1,00		50,00	
A	754,43	5,08		253,970	
PP	399,245	13,65		682,681	
<b>TOTAL</b>	<b>1548,750 <math>\text{kg/m}^3</math></b>				
DOSIFICACIÓN AL VOLUMEN					
MATERIAL	PESO UNIRATIO SUELTO ( $\text{gr/cm}^3$ )	VOLUMEN APARENTE POR $\text{m}^3$ ( $\text{dm}^3$ )	VOLUMEN APARENTE POR SACO ( $\text{dm}^3$ )	DOSIS EN OBRA PARA UN SACO DE 50 kg	
W	1,000	246,55	83	83	Its
C	1,125	132,024	44,444	1	saco
A	1,51	499,619	168,192	6,23	parihuelas
PP	1,037	385,000	658,323	24,38	parihuelas
<b>VOLUMEN REAL DEL HORMIGÓN =</b>			<b>953,959</b>	<b><math>\text{dm}^3</math> c/saco</b>	
<b>DIMENSIONES DE LAS PARIHUELAS B=L=H= 30cm</b>			<b>VOLUMEN DE LA PARIHUELA=</b>	<b>27 <math>\text{cm}^3</math></b>	
<b>ADITIVO:</b>	<b>Colocar de 150cc a 270 por cada 50kg de cemento.</b>				
NOMENCLATURA					
PEC	Peso Especifico del cemento		POV	Porcentaje Óptimo de Vacios	
PEA	Peso Especifico de la Arena		CPC	Cantidad de la Pasta Cementante	
PEPP	Peso Especifico de la Piedra Pómez		CC	cantidad de Cemento	
PUSA	Peso Unitario Suelto de la Arena		CW	Cantidad de Agua	
PUSPP	Peso Unitario Suelto de la Piedra Pómez		CA	Cantidad de Arena	
POA	Porcentaje Óptimo de Arena		CPP	Cantidad de Piedra Pómez	
POPP	Porcentaje Óptimo de Piedra Pómez		w/c	Relación agua/cemento	
PUOM	Peso Unitario Óptimo de la Mezcla		k	Coeficiente Cantidad de Pasta	
DRM	Densidad Real de la Mezcla				

**NOTA:** COMO LA CANTIDAD DE PASTA CEMENTANTE SOBRE PASA DEL VALOR ESTABLECIDO ASUMIMOS EL VALOR DE  $300\text{cm}^3$  MISMO QUE ESTABLECE EL METODO UTILIZADO

**6.7.2 DOSIFICACIÓN DE UN HORMIGÓN DE BAJA DENSIDAD PARA UNA RESISTENCIA  $f'c= 45 \text{ kg/cm}^2$  Y ASENTAMIENTO RECOMENDADO.**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
EL HORMIGÓN DE BAJA DENSIDAD Y SU APLICACIÓN EN BLOQUES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS					
DOSIFICACIÓN DE HORMIGÓN MÉTODO DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR					
REALIZADO POR:		Egdo: Alex B Fonseca Acosta		FECHA:	16/10/2014
BLOQUES DE HORMIGÓN TIPO SI y SII RESISTENCIA ESPECIFICADA = $45 \text{ kg/cm}^2$					
DATOS DEL ENSAYO			DATOS DE TABLAS ESTABLECIDAS		
$f'c$	45 $\text{kg/cm}^2$		w/c Tabla N.- 6.6.1 Y 6.6.4		
Asentamiento	3 -6 cm		k Tabla N.- 6.6.2		
PEC	2,779 $\text{gr/cm}^3$		CÁLCULOS		
PEA	2,395 $\text{gr/cm}^3$		DRM	1,6481 $\text{gr/cm}^3$	
PEPP	1,037 $\text{gr/cm}^3$		POV	48,486 %	
PUSA	1,51 $\text{gr/cm}^3$		CPC	225,000 $\text{cm}^3$	
PUSPP	1,037 $\text{gr/cm}^3$		CC	108,181 kg	
POA	45 %		CW	186,07 lt	
POPP	55 %		CA	835,26 kg	
PUOM	0,849 $\text{gr/cm}^3$		CPP	442,021 kg	
DOSIFICACION AL PESO (CANTIDADES)					
MATERIAL	CANTIDAD POR $\text{m}^3$ (kg)		DOSIFICACION AL PESO		CANTIDAD POR SACO DE 50kg
W	186,07		1,72		86
C	108,181		1,00		50,00
A	835,26		7,72		386,045
PP	442,021		31,55		1577,351
TOTAL	1571,531 $\text{kg/m}^3$				
DOSIFICACIÓN AL VOLUMEN					
MATERIAL	PESO UNIRATIO SUELTO ( $\text{gr/cm}^3$ )	VOLUMEN APARENTE POR $\text{m}^3$ ( $\text{dm}^3$ )	VOLUMEN APARENTE POR SACO ( $\text{dm}^3$ )	DOSIS EN OBRA PARA UN SACO DE 50 kg	
W	1,000	186,07	86	86	Its
C	1,125	96,161	44,444	1	saco
A	1,51	553,150	255,659	9,47	parihuelas
PP	1,037	426,250	1521,072	56,34	parihuelas
VOLUMEN REAL DEL HORMIGÓN =			1907,175		$\text{dm}^3 \text{ c/saco}$
DIMENSIONES DE LAS PARIHUELAS B=L=H= 30cm			VOLUMEN DE LA PARIHUELA=		27 $\text{cm}^3$
ADITIVO:	Colocar de 150cc a 270cc por cada 50kg de cemento.				
NOMENCLATURA					
PEC	Peso Especifico del cemento		POV	Porcentaje Óptimo de Vacios	
PEA	Peso Especifico de la Arena		CPC	Cantidad de la Pasta Cementante	
PEPP	Peso Especifico de la Piedra Pómez		CC	cantidad de Cemento	
PUSA	Peso Unitario Suelto de la Arena		CW	Cantidad de Agua	
PUSPP	Peso Unitario Suelto de la Piedra Pómez		CA	Cantidad de Arena	
POA	Porcentaje Óptimo de Arena		CPP	Cantidad de Piedra Pómez	
POPP	Porcentaje Óptimo de Piedra Pómez		w/c	Relación agua/cemento	
PUOM	Peso Unitario Óptimo de la Mezcla		k	Coeficiente Cantidad de Pasta	
DRM	Densidad Real de la Mezcla				

**NOTA:** EL VALOR DE 225 ES CALCULADO MEDIANTE UNA REGLA DE TRES SIMPLE DEBIDO A QUE LA CANTIDAD MÁXIMA DE LA PASTA CEMENTANTE ES  $300\text{cm}^3$  PARA UNA RESISTENCIA DE  $60 \text{ kg/cm}^2$

# **PROPIEDADES DEL HORMIGÓN FRESCO**



### 6.7.3 PROPIEDADES DEL HORMIGÓN EN ESTADO FRESCO

**TABLA N.-27. PROPIEDADES DEL HORMIGÓN FRESCO, TOMA DE MUESTRAS CURADAS EN PROBETAS CILINDRICAS PARA UNA RESISTENCIA  $f'c = 60\text{kg/cm}^2$**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO													
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA													
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL													
EL HORMIGÓN DE BAJA DENSIDAD Y SU APLICACIÓN EN BLOQUES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS													
REALIZADO POR:	Egdo. Alex B Fonseca A							NORMA:	NTE INEN 1578 - NTE INEN 1679				
DIAMETRO DEL CILINDRO:	15 cm							FECHA:	07/01/2015				
ALTURA DEL CILINDRO:	30 cm												
PROPIEDADES DEL HORMIGÓN EN ESTADO FRESCO													
RESISTENCIA CARACTERÍSTICA $f'c = 60\text{kg/cm}^2$													
MUESTRA N.-	CANTIDAD DE ADITIVO (cm <sup>3</sup> )	FECHA DE ELABORACIÓN	DIAMETRO (mm)	MASA DEL RECIPIENTE LLENO (kg)	MASA DEL RECIPIENTE VACIO (kg)	PESO DEL CILINDRO (kg)	VOLUMEN DEL CILINDRO (m <sup>3</sup> )	TRABAJABILIDAD	ASENTAMIENTO (cm)	HOMOGENEIDAD	DENSIDAD	DENSIDAD MEDIA (kg/m <sup>3</sup> )	
1	60	07/01/2015	150,9	19,68	11,40	8,28	0,005	MEDIA	6,5	BUENA	1656	1649,50	
2	60	07/01/2015	151,6	19,70	11,40	8,30	0,005				1660		
3	60	07/01/2015	150,8	19,65	11,40	8,25	0,005				1650		
4	60	07/01/2015	152,5	19,46	11,30	8,16	0,005				1632		
5	60	07/01/2015	151,7	19,67	11,40	8,27	0,005				1654		
6	60	07/01/2015	149,9	19,58	11,40	8,18	0,005				1636		
7	60	07/01/2015	151,4	19,64	11,40	8,24	0,005				1648		
8	60	07/01/2015	151,6	19,69	11,40	8,29	0,005				1658		
9	60	07/01/2015	151,7	19,53	11,30	8,23	0,005				1646		
10	60	07/01/2015	151,9	19,65	11,40	8,25	0,005				1650		
11	60	07/01/2015	152,1	19,66	11,40	8,26	0,005				1652		
12	60	07/01/2015	152,1	19,46	11,20	8,26	0,005				1652		

**TABLA N.-28. PROPIEDADES DEL HORMIGÓN FRESCO, TOMA DE MUESTRAS NO CURADAS EN PROBETAS CILINDRICAS PARA UNA RESISTENCIA  $f'c = 60\text{kg/cm}^2$**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO												
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA												
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL												
EL HORMIGÓN DE BAJA DENSIDAD Y SU APLICACIÓN EN BLOQUES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS												
<b>REALIZADO POR:</b>		Egdo. Alex B Fonseca A							<b>NORMA:</b>		NTE INEN 1578 - NTE INEN 1679	
<b>DIAMETRO DEL CILINDRO:</b>		15 cm							<b>FECHA:</b>		07/01/2015	
<b>ALTURA DEL CILINDRO:</b>		30 cm										
PROPIEDADES DEL HORMIGÓN EN ESTADO FRESCO												
RESISTENCIA CARACTERISTICA $f'c = 60\text{kg/cm}^2$												
MUESTRA N.-	CANTIDAD DE ADITIVO (cm <sup>3</sup> )	FECHA DE ELAVORACIÓN	DIAMETRO (mm)	MASA DEL RECIPIENTE LLENO (kg)	MASA DEL RECIPIENTE VACIO (kg)	PESO DEL CILINDRO (kg)	VOLUMEN DEL CILINDRO (m <sup>3</sup> )	TRABAJABILIDAD	ASENTAMIENTO (cm)	HOMOGENEIDAD	DENSIDAD	DENSIDAD MEDIA (kg/m <sup>3</sup> )
1	60	07/01/2015	152,4	19,68	11,40	8,28	0,005	MEDIA	6	BUENA	1656	1649,50
2	60	07/01/2015	152,3	19,70	11,40	8,30	0,005				1660	
3	60	07/01/2015	152,1	19,65	11,40	8,25	0,005				1650	
4	60	07/01/2015	151,9	19,46	11,30	8,16	0,005				1632	
5	60	07/01/2015	152,7	19,67	11,40	8,27	0,005				1654	
6	60	07/01/2015	152,6	19,58	11,40	8,18	0,005				1636	
7	60	07/01/2015	152,5	19,64	11,40	8,24	0,005				1648	
8	60	07/01/2015	151,8	19,69	11,40	8,29	0,005				1658	
9	60	07/01/2015	151,3	19,53	11,30	8,23	0,005				1646	
10	60	07/01/2015	151,0	19,65	11,40	8,25	0,005				1650	
11	60	07/01/2015	151,1	19,66	11,40	8,26	0,005				1652	
12	60	07/01/2015	151,2	19,46	11,20	8,26	0,005				1652	

**TABLA N.-29. PROPIEDADES DEL HORMIGÓN FRESCO, TOMA DE MUESTRAS CURADAS EN PROBETAS CILINDRICAS PARA UNA RESISTENCIA  $f'c = 45\text{kg/cm}^2$**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO													
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA													
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL													
EL HORMIGÓN DE BAJA DENSIDAD Y SU APLICACIÓN EN BLOQUES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS													
REALIZADO POR:	Egdo. Alex B Fonseca A							NORMA:	NTE INEN 1578 - NTE INEN 1679				
DIAMETRO DEL CILINDRO:	15 cm							FECHA:	14/01/2015				
ALTURA DEL CILINDRO:	30 cm												
PROPIEDADES DEL HORMIGÓN EN ESTADO FRESCO													
RESISTENCIA CARACTERÍSTICA $f'c = 45\text{kg/cm}^2$													
MUESTRA N.-	CANTIDAD DE ADITIVO (cm <sup>3</sup> )	FECHA DE ELABORACIÓN	DIAMETRO (mm)	MASA DEL RECIPIENTE LLENO (kg)	MASA DEL RECIPIENTE VACIO (kg)	PESO DEL CILINDRO (kg)	VOLUMEN DEL CILINDRO (m <sup>3</sup> )	TRABAJABILIDAD	ASENTAMIENTO (cm)	HOMOGENEIDAD	DENSIDAD	DENSIDAD MEDIA (kg/m <sup>3</sup> )	
1	60	15/01/2015	150,3	19,52	11,40	8,12	0,005	MEDIA	7	BUENA	1624	1631,17	
2	60	15/01/2015	151,2	19,56	11,40	8,16	0,005				1632		
3	60	15/01/2015	152,9	19,51	11,40	8,11	0,005				1622		
4	60	15/01/2015	153,1	19,59	11,40	8,19	0,005				1638		
5	60	15/01/2015	152,9	19,6	11,40	8,20	0,005				1640		
6	60	15/01/2015	152,6	19,58	11,40	8,18	0,005				1636		
7	60	15/01/2015	151,0	19,55	11,40	8,15	0,005				1630		
8	60	15/01/2015	152,8	19,54	11,40	8,14	0,005				1628		
9	60	15/01/2015	150,3	19,51	11,40	8,11	0,005				1622		
10	60	15/01/2015	151,7	19,56	11,40	8,16	0,005				1632		
11	60	15/01/2015	152,3	19,61	11,40	8,21	0,005				1642		
12	60	15/01/2015	152,9	19,54	11,40	8,14	0,005				1628		

**TABLA N.-30. PROPIEDADES DEL HORMIGÓN FRESCO, TOMA DE MUESTRAS NO CURADAS EN PROBETAS CILINDRICAS PARA UNA RESISTENCIA  $f'c = 45\text{kg/cm}^2$**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO												
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA												
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL												
EL HORMIGÓN DE BAJA DENSIDAD Y SU APLICACIÓN EN BLOQUES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS												
REALIZADO POR:		Egdo. Alex B Fonseca A						NORMA:		NTE INEN 1578 - NTE INEN 1679		
DIAMETRO DEL CILINDRO:		15 cm						FECHA:		14/01/2015		
ALTURA DEL CILINDRO:		30 cm										
PROPIEDADES DEL HORMIGÓN EN ESTADO FRESCO												
RESISTENCIA CARACTERISTICA $f'c = 45\text{kg/cm}^2$												
MUESTRA N.-	CANTIDAD DE ADITIVO (cm <sup>3</sup> )	FECHA DE ELAVORACIÓN	DIAMETRO (mm)	MASA DEL RECIPIENTE LLENO (kg)	MASA DEL RECIPIENTE VACIO (kg)	PESO DEL CILINDRO (kg)	VOLUMEN DEL CILINDRO (m <sup>3</sup> )	TRABAJABILIDAD	ASENTAMIENTO (cm)	HOMOGENEIDAD	DENSIDAD	DENSIDAD MEDIA (kg/m <sup>3</sup> )
1	60	15/01/2015	151,3	19,52	11,40	8,12	0,005	MEDIA	7,5	BUENA	1624	1631,17
2	60	15/01/2015	150,3	19,56	11,40	8,16	0,005				1632	
3	60	15/01/2015	151,2	19,51	11,40	8,11	0,005				1622	
4	60	15/01/2015	151,9	19,59	11,40	8,19	0,005				1638	
5	60	15/01/2015	152,4	19,6	11,40	8,20	0,005				1640	
6	60	15/01/2015	151,6	19,58	11,40	8,18	0,005				1636	
7	60	15/01/2015	152,3	19,55	11,40	8,15	0,005				1630	
8	60	15/01/2015	152,8	19,54	11,40	8,14	0,005				1628	
9	60	15/01/2015	150,3	19,51	11,40	8,11	0,005				1622	
10	60	15/01/2015	152,7	19,56	11,40	8,16	0,005				1632	
11	60	15/01/2015	152,3	19,61	11,40	8,21	0,005				1642	
12	60	15/01/2015	152,8	19,54	11,40	8,14	0,005				1628	

# **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN**

#### 6.7.4 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN.

**TABLA N.- 31 RESISNTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PROBETAS CILINDRICAS DE HORMIGÓN NO CURADAS PARA UNA RESISTENCIA  $f'c = 60\text{kg/cm}^2$**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO										
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA										
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
EL HORMIGÓN DE BAJA DENSIDAD Y SU APLICACIÓN EN BLOQUES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS										
ENSAYO DE CILINDROS DE HORMIGÓN NORMA ASTM C 39										
REALIZADO POR:	Egdo. Alex Bladymir Fonseca Acosta				PORCENTAJES MÍNIMOS	7 DÍAS 65% - 14 DÍAS 80% - 21 DIAS 90% - 28DÍAS 95%				
ENSAYADO POR:	Egdo. Alex Tituaña - Encargado del laboratorio				ESPECIFICACIÓN	60kg/cm <sup>2</sup>				
FECHA:					OBSERVACIONES	MUESTRAS NO CURADAS				
PROBETA #	SITUACIÓN	FECHAS		EDAD DIAS	CARGA (KN)	DIAMETRO (mm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO DE 3 UNIDADES	% f'c
		ELAVORACIÓN	ROTURA							
1	Hormigón.	07/01/2015	14/01/2015	7	78,4	151,8	180,98	43,30	41,90	69,8
2	Hormigón.	07/01/2015	14/01/2015	7	74,9	152,3	182,18	41,10		
3	Hormigón.	07/01/2015	14/01/2015	7	75,2	150,8	178,60	41,30		
4	Hormigón.	07/01/2015	21/01/2015	14	86,1	150,9	178,84	48,20	49,13	81,9
5	Hormigón.	07/01/2015	21/01/2015	14	90,1	151,7	180,74	49,30		
6	Hormigón.	07/01/2015	21/01/2015	14	91,3	149,9	176,48	49,90		
7	Hormigón.	07/01/2015	28/01/2015	21	101,3	152,5	182,65	55,50	56,13	93,6
8	Hormigón.	07/01/2015	28/01/2015	21	103,2	151,6	180,50	56,50		
9	Hormigón.	07/01/2015	28/01/2015	21	102,9	151,7	180,74	56,40		
10	Hormigón.	07/01/2015	04/02/2015	28	113,2	151,9	181,22	62,50	62,97	104,9
11	Hormigón.	07/01/2015	04/02/2015	28	118,0	151,9	181,22	65,10		
12	Hormigón.	07/01/2015	04/02/2015	28	110,8	151,7	180,74	61,30		

**TABLA N.- 32 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PROBETAS CILINDRICAS DE HORMIGÓN CURADAS PARA UNA RESISTENCIA  $f'c = 60\text{kg/cm}^2$**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO										
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA										
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
EL HORMIGÓN DE BAJA DENSIDAD Y SU APLICACIÓN EN BLOQUES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS										
ENSAYO DE CILINDROS DE HORMIGÓN NORMA ASTM C 39										
REALIZADO POR:	Egdo. Alex Bladymir Fonseca Acosta				PORCENTAJES MÍNIMOS	7 DÍAS 65% - 14 DÍAS 80% - 21 DIAS 90% - 28DÍAS 95%				
ENSAYADO POR:	Egdo. Alex Tituaña - Encargado del laboratorio				ESPECIFICACIÓN	60kg/cm <sup>2</sup>				
FECHA:					OBSERVACIONES	MUESTRAS CURADAS				
PROBETA #	SITUACIÓN	FECHAS		EDAD DIAS	CARGA (KN)	DIAMETRO (mm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO DE 3 UNIDADES	% $f'c$
		ELAVORACIÓN	ROTURA							
1	Hormigón.	07/01/2015	14/01/2015	7	75,6	152,4	182,41	41,50	41,97	69,9
2	Hormigón.	07/01/2015	14/01/2015	7	74,9	152,3	182,18	41,10		
3	Hormigón.	07/01/2015	14/01/2015	7	78,4	152,1	181,70	43,30		
4	Hormigón.	07/01/2015	21/01/2015	14	90,1	151,9	181,22	49,70	50,57	84,3
5	Hormigón.	07/01/2015	21/01/2015	14	87,3	152,7	183,13	47,70		
6	Hormigón.	07/01/2015	21/01/2015	14	99,3	152,6	182,89	54,30		
7	Hormigón.	07/01/2015	28/01/2015	21	118,2	152,5	182,65	64,70	56,67	94,4
8	Hormigón.	07/01/2015	28/01/2015	21	78,4	151,8	180,98	43,30		
9	Hormigón.	07/01/2015	28/01/2015	21	111,5	151,3	179,79	62,00		
10	Hormigón.	07/01/2015	04/02/2015	28	95,4	151,7	180,74	61,30	63,67	106,1
11	Hormigón.	07/01/2015	04/02/2015	28	118,2	152,6	182,89	64,60		
12	Hormigón.	07/01/2015	04/02/2015	28	113,0	151,6	180,50	65,10		

**TABLA N.- 33 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PROBETAS CILINDRICAS DE HORMIGÓN NO CURADAS PARA UNA RESISTENCIA  $f'c = 45\text{kg/cm}^2$**

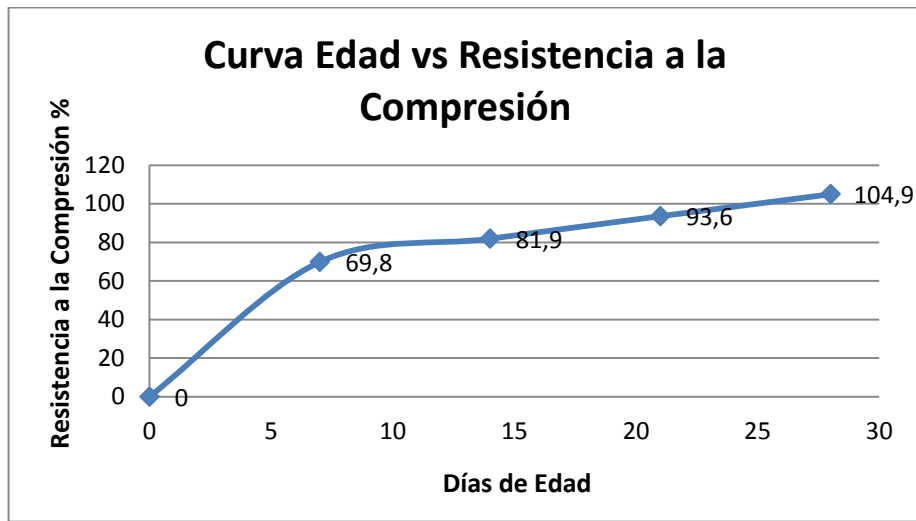
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO										
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA										
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
EL HORMIGÓN DE BAJA DENSIDAD Y SU APLICACIÓN EN BLOQUES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS										
ENSAYO DE CILINDROS DE HORMIGÓN NORMA ASTM C 39										
<b>REALIZADO POR:</b>	Egdo. Alex Bladymir Fonseca Acosta				PORCENTAJES MÍNIMOS	7 DÍAS 65% - 14 DÍAS 80% - 21 DIAS 90% - 28DÍAS 95%				
<b>ENSAYADO POR:</b>	Egdo. Alex Tituaña - Encargado del laboratorio				ESPECIFICACIÓN	45kg/cm <sup>2</sup>				
<b>FECHA:</b>					OBSERVACIONES	MUESTRAS NO CURADAS				
PROBETA #	SITUACIÓN	FECHAS		EDAD DIAS	CARGA (KN)	DIAMETRO (mm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO DE 3 UNIDADES	% $f'c$
		ELAVORACIÓN	ROTURA							
1	Hormigón.	15/01/2015	22/01/2015	7	53,2	151,3	179,79	30,18	29,61	65,8
2	Hormigón.	15/01/2015	22/01/2015	7	51,6	150,3	177,42	29,66		
3	Hormigón.	15/01/2015	22/01/2015	7	51,0	151,2	179,55	28,97		
4	Hormigón.	15/01/2015	29/01/2015	14	65,2	151,9	181,22	36,70	36,35	80,8
5	Hormigón.	15/01/2015	29/01/2015	14	63,9	152,4	182,41	35,73		
6	Hormigón.	15/01/2015	29/01/2015	14	64,8	151,6	180,50	36,62		
7	Hormigón.	15/01/2015	05/01/2015	21	75,3	152,3	182,18	42,16	40,98	91,1
8	Hormigón.	15/01/2015	05/01/2015	21	73,0	152,8	183,37	40,61		
9	Hormigón.	15/01/2015	05/01/2015	21	69,9	150,3	177,42	40,19		
10	Hormigón.	15/01/2015	12/02/2015	28	78,9	152,7	183,13	43,94	45,19	100,4
11	Hormigón.	15/01/2015	12/02/2015	28	80,6	152,3	182,18	45,13		
12	Hormigón.	15/01/2015	12/02/2015	28	83,6	152,8	183,37	46,50		



**TABLA N.- 34 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PROBETAS CILINDRICAS DE HORMIGÓN CURADAS PARA UNA RESISTENCIA  $f'c = 45\text{kg/cm}^2$**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO										
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA										
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
EL HORMIGÓN DE BAJA DENSIDAD Y SU APLICACIÓN EN BLOQUES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS										
ENSAYO DE CILINDROS DE HORMIGÓN NORMA ASTM C 39										
REALIZADO POR:	Egdo. Alex Bladymir Fonseca Acosta				PORCENTAJES MÍNIMOS	7 DÍAS 65% - 14 DÍAS 80% - 21 DIAS 90% - 28DÍAS 95%				
ENSAYADO POR:	Egdo. Alex Tituaña - Encargado del laboratorio				ESPECIFICACIÓN	45kg/cm <sup>2</sup>				
FECHA:					OBSERVACIONES	MUESTRAS CURADAS				
PROBETA #	SITUACIÓN	FECHAS		EDAD DIAS	CARGA (KN)	DIAMETRO (mm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO DE 3 UNIDADES	% $f'c$
		ELAVORACIÓN	ROTURA							
1	Hormigón.	15/01/2015	22/01/2015	7	54,4	150,3	177,42	31,27	30,22	67,1
2	Hormigón.	15/01/2015	22/01/2015	7	52,1	151,2	179,55	29,60		
3	Hormigón.	15/01/2015	22/01/2015	7	53,6	152,9	183,61	29,78		
4	Hormigón.	15/01/2015	29/01/2015	14	68,1	153,1	184,09	37,73	38,15	84,8
5	Hormigón.	15/01/2015	29/01/2015	14	67,6	152,9	183,61	37,55		
6	Hormigón.	15/01/2015	29/01/2015	14	70,2	152,6	182,89	39,15		
7	Hormigón.	15/01/2015	05/01/2015	21	77,8	151,0	179,08	44,31	44,92	99,8
8	Hormigón.	15/01/2015	05/01/2015	21	79,0	152,8	183,37	43,94		
9	Hormigón.	15/01/2015	05/01/2015	21	80,9	150,3	177,42	46,51		
10	Hormigón.	15/01/2015	12/02/2015	28	84,3	151,7	180,74	47,57	47,46	105,5
11	Hormigón.	15/01/2015	12/02/2015	28	83,1	152,3	182,18	46,53		
12	Hormigón.	15/01/2015	12/02/2015	28	86,9	152,9	183,61	48,27		

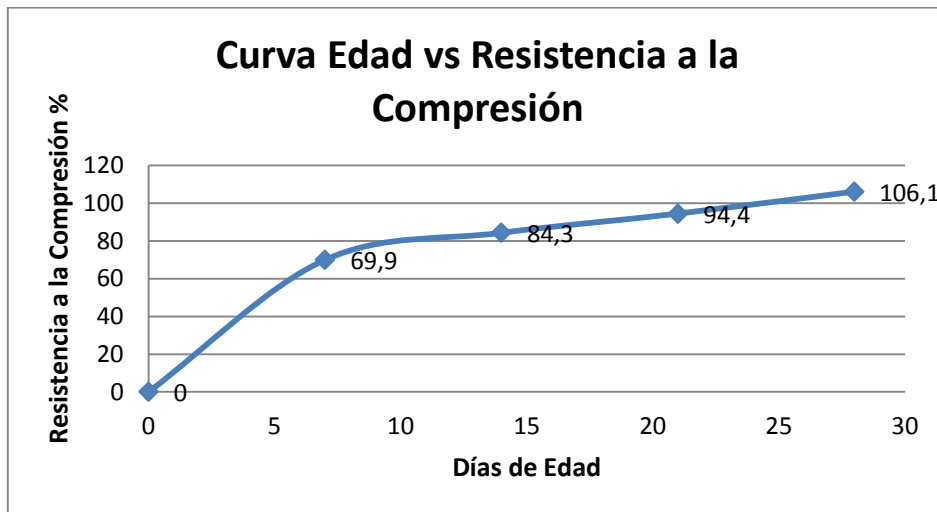
**GRÁFICO N.- 15 Curva Días de Edad vs Resistencia a la Compresión del Hormigón % en muestras no curadas  $f'c = 60\text{kg/cm}^2$**



**Interpretación del gráfico.**

Las muestras no curadas alcanzaron una resistencia a los 28 días de edad del 104,9% un valor menor con relación a las muestras curadas.

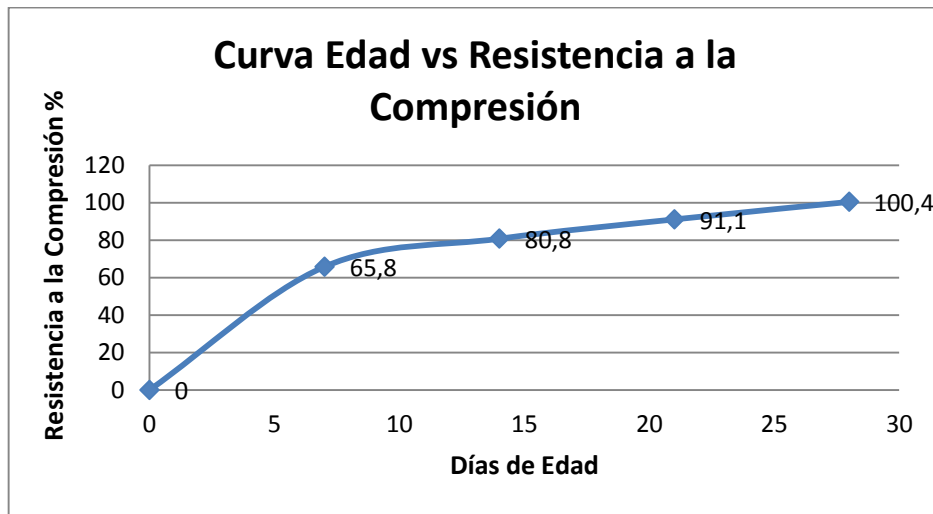
**GRÁFICO N.- 16 Curva Días de Edad vs Resistencia a la Compresión del Hormigón % en muestras curadas  $f'c = 60\text{kg/cm}^2$**



**Interpretación del gráfico.**

Las muestras curadas alcanzaron una resistencia a los 28 días de edad del 106,1% un valor mayor con relación a las muestras no curadas.

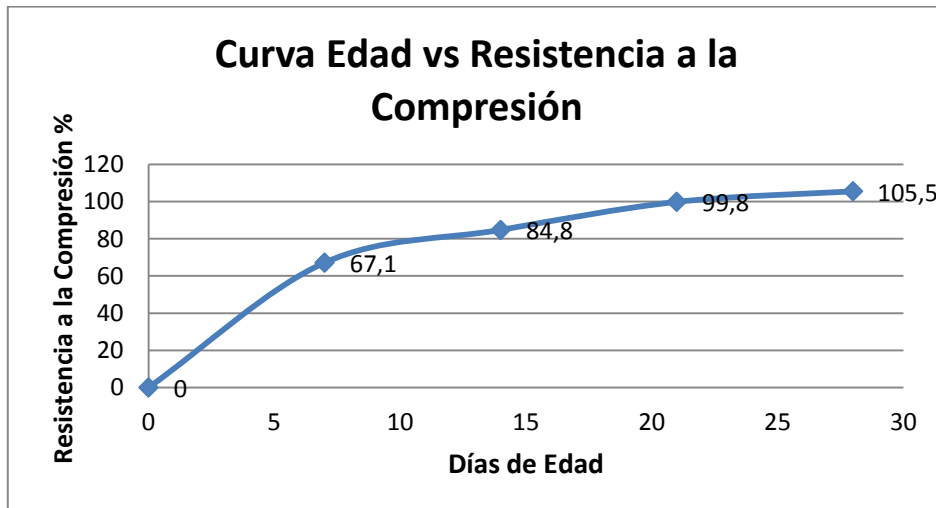
**GRÁFICO N.- 17 Curva Días de Edad vs Resistencia a la Compresión del Hormigón % en muestras no curadas  $f'c = 45\text{kg/cm}^2$**



**Interpretación del gráfico.**

Las muestras no curadas alcanzaron una resistencia a los 28 días de edad del 100,4% un valor menor con relación a las muestras curadas.

**GRÁFICO N.- 18 Curva Días de Edad vs Resistencia a la Compresión del Hormigón % en muestras curadas  $f'c = 45\text{kg/cm}^2$**



**Interpretación del gráfico.**

Las muestras curadas alcanzaron una resistencia a los 28 días de edad del 105,5% un valor mayor con relación a las muestras no curadas.

# **PERMEABILIDAD DEL HORMIGÓN**

**6.7.5. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN (PERMEABILIDAD) DEL HORMIGÓN DE BAJA DENSIDAD.**

**TABLA N.- 35 MUESTRAS CILINDRICAS DE 100mm x 200mm HORMIGÓN DE BAJA DENSIDAD SIN NINGUN TIPO DE ADITIVO.**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
EL HORMIGÓN DE BAJA DENSIDAD Y SU APLICACIÓN EN BLOQUES PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS					
CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL HORMIGÓN DE BAJA DENSIDAD					
ORIGEN:		FECHA:		11/02/2015	
REALIZADO POR :		Egdo: Alex Fonseca.			
NORMA:		INEN 857			
DATO	CORRESPONDENCIA	UNIDAD	VALOR		
CAPACIDAD DE ABSORCION DEL HORMIGÓN DE BAJA DENSIDAD					
MM	MASA DEL CILINDRO	gr.	2209,2	2237,5	2267,6
M1	MASA DEL CILINDRO SATURADO	gr.	2597,3	2598,7	2662,3
M2	MASA DEL CILINDRO SECADO AL HORNO 24H	gr.	2121,2	2129,0	2178,3
$CA = ((M1 - M2) / M2) * 100$	CAPACIDAD DE ABSORCIÓN	%	22,44	22,06	22,22
$P2 = (CA1 + CA2 + CA3) / 3$	CAPACIDAD DE ABSORCIÓN PROMEDIO	%	22,24		

**Interpretación de datos.**

Los cilindros de 100mm x 200mm fueron elaborados en el laboratorio de ensayo de materiales como lo especifican las normas NTE INEN 1 763 sobre el muestreo del hormigón con cemento hidráulico, durante 24 horas fueron secadas al horno 3 unidades y pesadas en la balanza digital para tener un dato real del hormigón en estado seco al 100%, después de este paso las muestras fueron sumergidas en agua durante 24 horas con la finalidad de determinar la capacidad de absorción este hormigón fue elaborado sin ningún tipo de aditivo dándonos así una capacidad de absorción del 22,24% .

**TABLA N.- 36 MUESTRAS CILINDRICAS DE 100mm x 200mm HORMIGÓN DE BAJA DENSIDAD CON ADITIVO IMPERMEABILIZANTE DOSIFICADO CON LA CANTIDAD MÍNIMA ESPECIFICADA POR EL FABRICANTE.**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
EL HORMIGÓN DE BAJA DENSIDAD Y SU APLICACIÓN EN BLOQUES PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS					
CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL HORMIGON DE BAJA DENSIDAD					
ORIGEN:		FECHA:		11/02/2015	
REALIZADO POR :		Egdo: Alex Fonseca.			
NORMA:		INEN 857			
DATO	CORRESPONDENCIA	UNIDAD	VALOR		
CAPACIDAD DE ABSORCION DEL HORMIGON DE BAJA DENSIDAD					
MM	MASA DEL CILINDRO	gr.	2284,3	2298,9	2301,6
M1	MASA DEL CILINDRO SATURADO	gr.	2362,9	2357,3	2329,8
M2	MASA DEL CILINDRO SECADO AL HORNO 24H	gr.	2181,2	2201,3	2196,4
$CA = ((M1 - M2) / M2) * 100$	CAPACIDAD DE ABSORCION	%	8,33	7,09	6,07
$P2 = (CA1 + CA2 + CA3) / 3$	CAPACIDAD DE ABSORCION PROMEDIO	%	7,16		

### Interpretación de datos.

Los cilindros de 100mm x 200mm fueron elaborados en el laboratorio de ensayo de materiales como lo especifican las normas NTE INEN 1 763 sobre el muestreo del hormigón con cemento hidráulico, durante 24 horas fueron secadas al horno 3 unidades y pesadas en la balanza digital para tener un dato real del hormigón en estado seco al 100%, después de este paso las muestras fueron sumergidas en agua durante 24 horas con la finalidad de determinar la capacidad de absorción este hormigón fue elaborado con la cantidad mínima de aditivo impermeabilizante que especifica el fabricante (*150cc por cada 50kg de cemento*), dándonos así una capacidad de absorción del 7,16% .

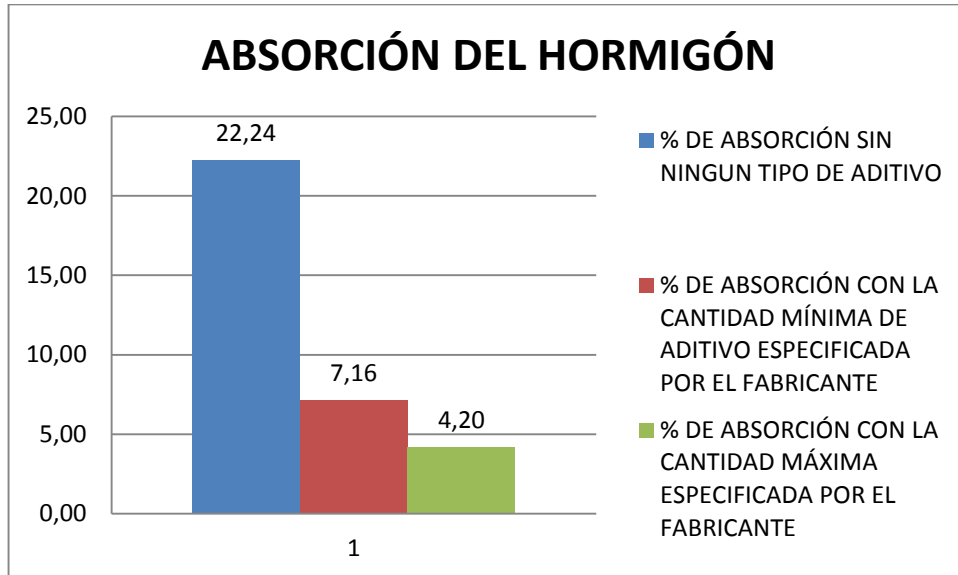
**TABLA N.- 37 MUESTRAS CILINDRICAS DE 100mm x 200mm HORMIGÓN DE BAJA DENSIDAD CON ADITIVO IMPERMEABILIZANTE DOSIFICADO CON LA CANTIDAD MÁXIMA ESPECIFICADA POR EL FABRICANTE.**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
EL HORMIGÓN DE BAJA DENSIDAD Y SU APLICACIÓN EN BLOQUES PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS					
CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL HORMIGON DE BAJA DENSIDAD					
ORIGEN:		FECHA: 11/02/2015			
REALIZADO POR :		Egdo: Alex Fonseca.			
NORMA:		INEN 857			
DATO	CORRESPONDENCIA	UNIDAD	VALOR		
CAPACIDAD DE ABSORCION DEL HORMIGON DE BAJA DENSIDAD					
MM	MASA DEL CILINDRO	gr.	2304,3	2336,9	2329,1
M1	MASA DEL CILINDRO SATURADO	gr.	2282,2	2221,9	2234,5
M2	MASA DEL CILINDRO SECADO AL HORNO 24H	gr.	2145,3	2157,2	2164,6
$CA = ((M1 - M2) / M2) * 100$	CAPACIDAD DE ABSORCION	%	6,38	3,00	3,23
$P2 = (CA1 + CA2 + CA3) / 3$	CAPACIDAD DE ABSORCION PROMEDIO	%	4,20		

### Interpretación de datos.

Los cilindros de 100mm x 200mm con aditivo plastificante impermeabilizante integral con una densidad de 1,06kg/lit fueron elaborados en el laboratorio de ensayo de materiales como lo especifican las normas NTE INEN 1 763 sobre el muestreo del hormigón con cemento hidráulico, y dosificadas con la cantidad de aditivo que recomienda el fabricante de acuerdo al uso que vayan a ser destinadas, fueron secadas y curadas como lo describe la norma NTE INEN 1 573, y durante 24 horas fueron secadas al horno 3 unidades y pesadas en la balanza digital para tener un dato real del hormigón en estado seco al 100%, después de este paso las muestras fueron sumergidas en agua durante 24 horas con la finalidad de determinar la capacidad de absorción, este hormigón fue elaborado con un aditivo impermeabilizante con la cantidad máxima que recomienda el fabricante (270cc por cada 50kg de cemento), dándonos así una capacidad de absorción de 4,20%

**GRÁFICO N.- 19 CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL HORMIGÓN DE BAJA DENSIDAD SIN ADITIVO vs EL HORMIGÓN DE BAJA DENSIDAD CON ADITIVO IMPERMEABILIZANTE.**



**Interpretación del Gráfico.**

Al finalizar el ensayo para comprobar la permeabilidad del hormigón se determinó los siguientes valores: el hormigón de baja densidad sin ningún tipo de aditivo absorbió el 22,24% de agua con relación a su peso mientras que las muestras del hormigón de baja densidad elaboradas con la cantidad mínima aditivo plastificante impermeabilizante absorbió el 7,16% de agua con relación a su peso, y las muestras realizadas con la cantidad máxima que recomienda el fabricante absorbió el 4,20% de agua con relación a su peso, un valor que es bastante bajo con relación a las muestras realizadas sin ningún tipo de aditivo, se puede decir entonces que el hormigón realizado en este proyecto tiene una permeabilidad buena con relación al hormigón que fue elaborado sin ningún aditivo.

Según los fabricantes de aditivos para hormigones ningún aditivo puede solucionar un problema de filtraciones si la mezcla no fue realizada de una manera técnica y tampoco ningún aditivo protege al 100% de la humedad pues existen varias condiciones que limitan el correcto despeño del producto como la



colocación, el transporte, la temperatura, pero el producto siempre tratara de reducir al máximo la permeabilidad del hormigón.<sup>27</sup>

#### **6.7.6 CONCLUSIONES.**

- Mediante los ensayos del laboratorio se pudo observar y determinar las propiedades mecánicas del hormigón como la homogeneidad, densidad, trabajabilidad etc. Ajustándolas y comparándolas a las especificaciones y normas técnicas que se encuentran en los códigos vigentes.
- La resistencia de las muestras curadas y no curadas tienen una pequeña variación esto es debido a que en los dos casos se utilizó un aditivo plastificante para poder llegar a obtener los asentamientos recomendados para elaboración de un hormigón de baja densidad.
- El porcentaje para una resistencia  $f'c = 60\text{kg/cm}^2$  para las muestras cilíndricas no curadas alcanzó el 104,9% de la resistencia especificada a los 28 días de edad, la cual se encuentra dentro de los límites permitidos y de esta manera se puede determinar que la dosificación realizada en los laboratorios es la adecuada y que las muestras curadas alcanzan mayor resistencia que las muestras no curadas.
- El porcentaje para una resistencia  $f'c = 60\text{kg/cm}^2$  para las muestras cilíndricas curadas alcanzó el 106,1% de la resistencia especificada a los 28 días de edad, la cual se encuentra dentro de los límites admisibles, se pudo determinar en los ensayos realizados que las muestras no curadas tienen una resistencia final menor que las muestras curadas.
- El porcentaje para una resistencia  $f'c = 45\text{kg/cm}^2$  para las muestras cilíndricas no curadas alcanzó el 100,4% de la resistencia especificada a los 28 días de edad, la cual se encuentra dentro de los límites permitidos, y de esta manera se puede determinar que la dosificación realizada en los

---

<sup>27</sup> Ing Carlos Ortiz SPC Impermeabilizantes integrales para el Hormigón.

laboratorios es la adecuada para la elaboración de un hormigón de baja densidad.

- El porcentaje para una resistencia  $f'c = 45\text{kg/cm}^2$  de las muestras cilíndricas curadas alcanzó el 105,5% de la resistencia especificada a los 28 días de edad, la cual se encuentra dentro de los límites permitidos, y de esta manera se puede determinar que la dosificación realizada en los laboratorios es la adecuada para la elaboración de un hormigón de baja densidad y que las muestras curadas tienen una resistencia mayor que las muestras no curadas. <sup>28</sup>
- El hormigón realizado en los laboratorios de ensayo de materiales para una resistencia  $f'c = 60\text{kg/cm}^2$  tiene una densidad promedio de  $1649,50\text{ kg/m}^3$  la cual se encuentra dentro de los límites y se lo denomina como un hormigón liviano.
- El hormigón realizado en los laboratorios de ensayo de materiales para una resistencia  $f'c = 45\text{kg/cm}^2$  tiene una densidad promedio de  $1631,17\text{ kg/m}^3$  la cual se encuentra dentro de los límites y se lo denomina como un hormigón liviano.
- Se comprobó por medio de los ensayos a compresión que las cantidades calculadas en la dosificación del hormigón fueron las adecuadas para la elaboración de un hormigón de baja densidad.
- Se comprobó que la resistencia en las muestras no curadas disminuyen una mínima cantidad, pues es necesario el curado debido a que el agua en esta etapa le ayudara a alcanzar las resistencias del hormigón especificadas.
- El hormigón de baja densidad con la cantidad máxima de aditivo impermeabilizante absorbió el 4,20% de agua con relación a su peso

---

<sup>28</sup> ASTM C 39 Método de Ensayo Normalizado para Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto, NTE INEN 1 573, NTE INEN 1 763

después de estar sumergido 24 horas en el agua un valor bastante aceptable con relación al hormigón que fue elaborado sin ningún aditivo.

- El hormigón de baja densidad elaborado con la cantidad mínima de aditivo impermeabilizante aditivo absorbió el 7.16% de agua con relación a su peso después de 24 horas de estar sumergido en la piscina de curado.
- El hormigón de baja densidad elaborado sin ningún tipo de aditivo absorbió el 22,24% de agua con relación a su peso después de 24 horas de estar sumergido en la piscina de curado un valor relativamente alto con relación al hormigón que fue dosificado con la cantidad mínima y máxima especificada por el fabricante.

#### **6.7.7 RECOMENDACIONES.**

- Se recomienda tener mucho cuidado con la relación w/c al momento de dosificar el hormigón, pues al aumentar la cantidad de agua baja notablemente la resistencia final del hormigón.
- Es recomendable usar la cantidad adecuada de aditivo pues al excederse en la dosificación tardara mucho el tiempo de fraguado y disminuirá la resistencia del hormigón.
- Tener en cuenta que es necesario curar el hormigón mínimo de tres a siete días para que este pueda llegar a tener las resistencias deseadas.
- No ensayar las muestras a compresión cuando estas sean sacadas de la piscina de curado, se recomienda dejar que se sequen por lo menos un par de horas pues el hormigón cuando se encuentra saturado por completo no alcanza la resistencia deseada.

- Tener en cuenta que no todos los aditivos se dosifican de la misma manera todos los aditivos varían de acuerdo a su composición, fabricantes, y usos a los cuales vayan a ser destinados en la construcción.
- Nivelar correctamente las muestras cilíndricas al momento de elaborar el hormigón ya que esto puede incidir a que los cabezales con las placas de neopreno de la máquina de compresión no distribuya correctamente la carga y de esta manera afecten a los resultados finales.
- Siempre realizar la mezcla del hormigón en una maquina mezcladora o mixer, no se la debe realizar manualmente pues las partículas de los agregados no se distribuyen uniformemente y esto puede afectar a la resistencia final del hormigón

## **6.8 ADMINISTRACIÓN.**

El desarrollo de este proyecto “El hormigón de baja densidad y su aplicación en bloques para la construcción de viviendas”, queda a cargo y disposición de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, de la Universidad Técnica de Ambato quién será portadora del estudio y sabrá dar a conocer esta investigación para futuros proyectos de la ciudad, provincia y del País.

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

Esta investigación servirá como una guía práctica y teórica para la correcta utilización del hormigón de baja densidad en la elaboración de mampostería, paneles y elementos prefabricados los cuales son utilizados en las diferentes obras de ingeniería civil del País y del mundo, dando acceso a profesionales y personal de la construcción dejando como resultado un elemento de buena calidad y elaborado bajo normas técnicas que justifican su procedimiento, de igual manera es un ahorro económico pues al ser un hormigón de baja densidad impermeable se evitaban daños y desde luego reparaciones que a la final encarecerían el producto final o la construcción.

## **MATERIALES DE REFERENCIA.**

### **1.- BIBLIOGRAFÍA.**

<http://es.wikipedia.org/wiki/Hormig%C3%B3n>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Hormig%C3%B3n#Durabilidad>

[www.easycrrete.us](http://www.easycrrete.us)

<http://www.easycrrete.net/> Guía práctica para el constructor 2013

[http://es.wikipedia.org/wiki/Ensayo\\_de\\_materiales](http://es.wikipedia.org/wiki/Ensayo_de_materiales)

[www.basfcc.com.ec/.../](http://www.basfcc.com.ec/.../) Sistemas de Aditivos

Hormigón armado de Jiménez Montoya 14 Edición

NORMA ASTM C33 *Granulometría de los agregados*

NORMA ASTM C29 *Peso volumétrico de los agregados*

NORMA INEN 872 *Requisitos que deben cumplir los áridos utilizados para hormigón*

NORMA INEN 855 *Áridos sometidos al ensayo para estimar las impurezas orgánicas*

NORMA INEN 866 *Ensayos de impurezas*

JIMENEZ MONTOYA, Pedro. *“Hormigón Armado, 14 Edición Editorial, Gustavo Gili*

CHAN, José *Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto (2003)*

NORMA ASTM C-90 *Especificaciones estándares de calidad, para los bloques huecos de concreto para mampostería reforzada.*

NORMA ASTM C-62 *Capítulo 3 especificaciones para ladrillos y bloques de mampostería.*

Juan Francisco Sánchez Hurtado, *PANELES DE HORMIGON PREFABRICADO EN FACHADAS*

MEDINA, Santiago *“Ensayo de Materiales II” MODELOS DE FORMATOS Y PASOS PARA LOS ENSAYOS*

TESPECON. *Tecnología especializada para la construcción (RESPALDO TÉCNICO EDICIÓN 2012-2013) Aditivos y especialidades para el hormigón.*

NORMA ASTM C-995 *Trabajabilidad del Hormigón*

MONTOYA P., *“Hormigón Armado”, Décima edición, pp 76, Barcelona (2000)*

NTE INEN 1578 *Hormigón de cemento hidráulico - Determinación del asentamiento*

NORMA NTE INEN 1578 *Pasos para la toma de muestras de consistencia del hormigón.*

Beltran A, *Ensayos en el Hormigón*

NORMA NTE INEN 1579

NORMA NTE INEN 1573. *Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros*

NORMAS NTE INEN 1576 - ASTM C 31 *Pasos para la toma de muestras cilíndricas del hormigón.*

NORMA NTE INEN 1573. *Determinación de la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos.*

*Dosificación de Hormigones por la Universidad Central del Ecuador Método de la Densidad Máxima*

NORMAS INEN 1 753, ASTM C-90

NORMA NTE INEN 1 763 *Muestreo del hormigón con cemento hidráulico*

NORMA NTE INEN 1 576 *Elaboración de especímenes para ensayo de hormigón, muestras manuales y vibradas del hormigón en estado fresco*

## 2.- ANEXOS

### FOTOGRAFÍAS DEL DESARROLLO DEL PROYECTO.

#### DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD REAL DE LA ARENA.



#### DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD REAL DE LA PIEDRA POMEZ





## DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD REAL DEL CEMENTO



## DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO SUELTO DE LA ARENA



## DETERMINACION DEL PESO UNITARIO COMPACTADO DE LA ARENA



### DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO SUELTO DE LA PIEDRA POMEZ



### DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO COMPACTADO DE LA PIEDRA POMEZ



### DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO DE LA MEZCLA DE LOS AGREGADOS





## DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA DE LA PIEDRA POMEZ



## DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA DE LA ARENA



## DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA DE LA ARENA



## DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN



## ELABORACIÓN DE MUESTRAS CILINDRICAS DE HORMIGÓN





## COLOCACIÓN DEL ADITIVO EN LA MEZCLA DEL HORMIGÓN



## PRUEBA DE ASENTAMIENTO EN EL CONO DE ABRAMS





### ELAVORACIÓN DE MUESTRAS CILINDRICAS DE HORMIGÓN



### MUESTRAS DE HORMIGÓN CURADAS





## MUESTRAS DE HORMIGÓN NO CURADAS



## ENSAYO A COMPRESIÓN DE LAS MUESTRAS CILINDRICAS





**DISTRIBUCIÓN DE LAS PARTICULAS EN CILINDROS ENSAYADOS A COMPRESIÓN**

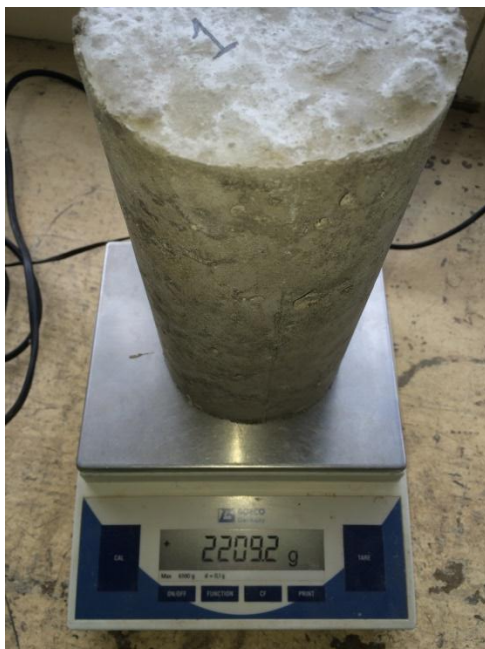




## ELAVORACIÓN DE MUESTRAS CILINDRICAS DE 100mm X 200mm



## PRUEBA DE ABSORCIÓN EN EL HORMIGÓN





## Standard Specification for HOLLOW LOAD-BEARING CONCRETE MASONRY UNITS<sup>1</sup>

This Standard is issued under the fixed designation C 90; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval.

<sup>ε</sup> NOTE—Editorial changes were made in Sections 3 and 9 in June 1971.

### 1. Scope

1.1 This specification covers hollow load-bearing concrete masonry units made from portland cement, water, and mineral aggregates with or without the inclusion of other materials. There are three weight classifications for concrete masonry units: (1) normal weight, (2) medium weight, and (3) lightweight.

NOTE 1—Concrete masonry units covered by this specification are made from lightweight or normal weight aggregates, or both.

NOTE 2—When particular features are desired, such as weight classification, higher compressive strength, surface textures, finish, color, fire resistance, insulation, acoustical properties, or other special features, such properties should be specified separately by the purchaser. However, local suppliers should be consulted as to the availability of units having the desired features.

NOTE 3—The values stated in U.S. customary units are to be regarded as the standard. The metric equivalents of U.S. customary units may be approximate.

### 2. Classification

2.1 *Grades*—Concrete masonry units manufactured in accordance with this specification shall conform to two grades as follows:

2.1.1 *Grade N*—For general use such as in exterior walls below and above grade that may or may not be exposed to moisture penetration or the weather and for interior walls and back-up.

2.1.2 *Grade S*—Limited to use above grade in exterior walls with weather-protective coatings and in walls not exposed to the weather.

2.2 *Types*—Two types of concrete masonry units in each of two grades are covered as follows:

2.2.1 *Type I, Moisture-Controlled Units*—

Units designated as Type I (Grades N-I and S-I) shall conform to all requirements of this specification including the moisture content requirements of Table 1.

2.2.2 *Type II, Nonmoisture-Controlled Units*—Units designated as Type II (Grades N-II and S-II) shall conform to all requirements of this specification except the moisture-content requirements of Table 1.

### 3. Materials

3.1 *Cementitious Materials*—Materials shall conform to the following applicable specifications:

3.1.1 *Portland Cement*—ASTM Specification C 150, for Portland Cement.<sup>2</sup>

3.1.2 *Blended Cements*—ASTM Specification C 595, for Blended Hydraulic Cements.<sup>2</sup>

3.1.3 *Hydrated Lime, Type S*—ASTM Specification C 207, for Hydrated Lime for Masonry Purposes.<sup>2</sup>

3.1.4 *Pozzolans*—ASTM Specification C 618, for Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolans for Use in Portland Cement Concrete.<sup>3</sup>

3.2 *Aggregates*—Aggregates shall conform to the following specifications, except that grading requirements shall not necessarily apply:

3.2.1 *Normal Weight Aggregates*—ASTM Specification C 33, for Concrete Aggregates.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee C-15 on Manufactured Masonry Units and is the direct responsibility of Subcommittee C15.03 on Concrete and Sand Lime Units.

Current edition effective May 8, 1970. Originally issued 1931. Replaces C 90 - 66 T.

<sup>2</sup> 1973 Annual Book of ASTM Standards, Part 9.

<sup>3</sup> 1973 Annual Book of ASTM Standards, Part 10.





3.2.2 *Lightweight Aggregates*—ASTM Specification C 331, for Lightweight Aggregates for Concrete Masonry Units.<sup>4</sup>

3.3 *Other Constituents*—Air-entraining agents, coloring pigments, integral water repellents, finely ground silica, etc., shall be previously established as suitable for use in concrete and either shall conform to ASTM standards where applicable, or shall be shown by test or experience to be not detrimental to the durability of the concrete.

#### 4. Physical Requirements

4.1 At the time of delivery to the work site the units shall conform to the physical requirements prescribed in Table 2.

4.2 The moisture content of Type I concrete masonry units at time of delivery shall conform to the requirements prescribed in Table 1.

#### 5. Minimum Face-Shell and Web Thicknesses

5.1 Face-shell (*FST*) and web (*WT*) thicknesses shall conform to the requirements listed in Table 3.

NOTE 4—Special unit designs involving corrosion-resistant metal ties between face shells may be approved provided tests show such ties are structurally equivalent to the minimum specified concrete webs in stiffness, strength, and anchorage to the face shells.

#### 6. Permissible Variations in Dimensions

6.1 No over-all dimension (width, height, and length) shall differ by more than  $\frac{1}{8}$  in. (3.18 mm) from the specified standard dimensions.

NOTE 5—Standard dimensions of units are the manufacturer's designated dimensions. Nominal dimensions of modular size units are equal to the standard dimensions plus  $\frac{3}{8}$  in. (9.53 mm), the thickness of one standard mortar joint. Nominal dimensions of nonmodular size units usually exceed the standard dimensions by  $\frac{1}{8}$  to  $\frac{1}{4}$  in. (3.18 to 6.35 mm).

#### 7. Visual Inspection

7.1 All units shall be sound and free of cracks or other defects that would interfere with the proper placing of the unit or impair the strength or permanence of the construction. Minor cracks incidental to the usual

method of manufacture, or minor chipping resulting from customary methods of handling in shipment and delivery, shall not be deemed grounds for rejection.

7.1.2 Units that are intended to serve as a base for plaster or stucco shall have a sufficiently rough surface to afford a good bond.

7.1.3 Where units are to be used in exposed wall construction, the face or faces that are to be exposed shall be free of chips, cracks, or other imperfections, except that if not more than 5 percent of a shipment contains slight cracks or small chips not larger than 1 in. (25.4 mm), this shall not be deemed grounds for rejection.

#### 8. Sampling and Testing

8.1 The purchaser or his authorized representative shall be accorded proper facilities to inspect and sample the units at the place of manufacture from the lots ready for delivery. At least 10 days should be allowed for completion of the tests.

8.2 Sample and test units in accordance with ASTM Methods C 140, Sampling and Testing Concrete Masonry Units,<sup>4</sup> except that three units shall be tested and averaged.

8.3 When Type I, moisture-controlled units are specified, moisture-content requirements (Table 1) shall be based upon ASTM Method C 426, Test for Drying Shrinkage of Concrete Block,<sup>4</sup> conducted not more than 12 months prior to delivery of units.

#### 9. Rejection

9.1 If the shipment fails to conform to the specified requirements, new specimens shall be selected by the purchaser from the retained lot and tested at the expense of the manufacturer. If the second set of specimens fails to conform to the test requirements, the entire lot shall be rejected.

#### 10. Expense of Tests

10.1 Except as specified in Section 9, and unless otherwise agreed, the expense of inspection and testing shall be borne by the purchaser.

<sup>4</sup> 1974 Annual Book of ASTM Standards, Part 16.

**TABLE 1 Moisture-Content Requirements for Type I Units**

Linear Shrinkage, Percent	Moisture Content, max, percent of Total Absorption (Average of 3 Units)		
	Humidity Conditions at Job Site or Point of Use		
	Humid <sup>a</sup>	Inter-mediate <sup>b</sup>	Arid <sup>c</sup>
0.03 or less	45	40	35
From 0.03 to 0.045	40	35	30
0.045 to 0.065, max	35	30	25

<sup>a</sup> Average annual relative humidity above 75 percent.  
<sup>b</sup> Average annual relative humidity 50 to 75 percent.  
<sup>c</sup> Average annual relative humidity less than 50 percent.

**TABLE 2 Strength and Absorption Requirements**

NOTE—To prevent water penetration protective coating should be applied on the exterior face of basement walls and when required on the face of exterior walls above grade.

Grade	Compressive Strength min, psi (MPa)		Water Absorption, max, lb/ft <sup>3</sup> (kg/cm <sup>3</sup> ) (Average of 3 Units) with Oven-Dry Weight of Concrete, lb/ft <sup>3</sup> (kg/cm <sup>3</sup> )			
	Average Gross Area		Weight Classification			
	Average of 3 Units	Individual Unit	Light weight		Medium weight Less than 125 to 105 (2002 to 1682)	Normal Weight 125 (2002) or More
			Less than 85 (1362)	Less than 105 (1682)		
N-I	1000 (6.9)	800 (5.5)	.....	18 (29)	15 (24)	13 (21)
N-II						
S-I <sup>a</sup>	700 (4.8)	600 (4.1)	20 (32)	.....	.....	.....
S-II <sup>a</sup>						

<sup>a</sup> Limited to use above grade in exterior walls with weather-protective coatings and in walls not exposed to the weather.

**TABLE 3 Minimum Thickness of Face-Shell and Webs**

Nominal Width (W) of Units, in. (mm)	Face-Shell Thickness (FST) min, in. (mm) <sup>a</sup>	Web Thickness (WT)	
		Webs, <sup>a</sup> min, in. (mm)	Equivalent Web Thickness, min, in./lineal ft <sup>b</sup> (mm/lineal m) <sup>b</sup>
3 (76.2) and 4 (102)	3/4 (19)	3/4 (19)	1 1/2 (136)
6 (152)	1 (25)	1 (25)	2 1/4 (188)
8 (203)	1 1/4 (32)	1 (25)	2 1/4 (188)
10 (254)	1 3/8 (35)	1 1/8 (29)	2 1/2 (209)
12 (305)	1 1/4 (32) <sup>c</sup>		
	1 1/2 (38)	1 1/8 (29)	2 1/2 (209)
	1 1/4 (32) <sup>c</sup>		

<sup>a</sup> Average of measurements on 3 units taken at the thinnest point, when measured as described in Methods C 140, Sections 15 and 17 (b).

<sup>b</sup> Sum of the measured thickness of all webs in the unit, multiplied by 12, and divided by the length of the unit.

<sup>c</sup> This face-shell thickness (FST) is applicable where allowable design load is reduced in proportion to the reduction in thickness from basic face-shell thicknesses shown.

By publication of this standard no position is taken with respect to the validity of any patent rights in connection therewith, and the American Society for Testing and Materials does not undertake to insure anyone utilizing the standard against liability for infringement of any Letters Patent nor assume any such liability.



# INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

---

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 1 576:2011**

---

---

## **HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. ELABORACIÓN Y CURADO EN OBRA DE ESPECÍMENES PARA ENSAYO.**

**Primera Edición**

STANDARD PRACTICE FOR MAKING AND CURING CONCRETE TEST SPECIMENS IN THE FIELD.

First Edition

---

DESCRIPTORES: Hormigón, cemento hidráulico, ensayos.  
CO 02.10-328  
CDU: 669.97  
CIU: 3699  
ICS: 91.100.30

<b>Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria</b>	<b>HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. ELABORACIÓN Y CURADO EN OBRA DE ESPECÍMENES PARA ENSAYO.</b>	<b>NTE INEN 1 576:2011 2011-01</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 los procedimientos para elaborar y curar cilindros y vigas, tomados de muestras representativas de hormigón fresco, utilizado en la construcción de una obra.

### 2. ALCANCE

2.1 Esta norma proporciona requisitos normalizados para la elaboración, curado, protección y transporte de especímenes de hormigón, bajo condiciones de obra

2.2 Este procedimiento no es adecuado para elaborar especímenes de hormigón cuyo asentamiento no se pueda medir con el cono de Abrams o se requiera de tamaños o formas de especímenes diferentes a los indicados en esta norma.

2.3 Si los especímenes son elaborados y tienen un curado normalizado, como lo establece esta norma, los resultados de los ensayos de resistencia se utilizarán para cualquiera de los siguientes propósitos:

2.3.1 Aceptar los ensayos para la verificación de la resistencia especificada,

2.3.2 Verificar si la dosificación de una mezcla es la adecuada para cumplir con la resistencia, y

2.3.3 Control de calidad.

2.4 Si los especímenes son elaborados y tienen un curado de obra, como lo establece esta norma, los resultados de los ensayos de resistencia se utilizarán para cualquiera de los siguientes propósitos:

2.4.1 Determinar si la estructura está apta para ser puesta en servicio,

2.4.2 Comparar los resultados de ensayo de los especímenes con curado normalizado o con otros resultados de ensayos de diversos métodos de ensayo en campo,

2.4.3 Verificar el adecuado curado y protección del hormigón de la estructura, o

2.4.4 Determinar el tiempo requerido para la remoción de los puntales y encofrados.

### 3. DEFINICIONES

3.1 Para efectos de esta norma se adoptan las definiciones de la NTE INEN 694.

### 4. DISPOSICIONES GENERALES

4.1 El hormigón utilizado para moldear los especímenes debe ser muestreado después de que se hayan realizado en la obra, todos los ajustes a la dosificación de la mezcla, incluyendo la adición de agua de mezcla y los aditivos.

4.2 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.

(Continúa)

DESCRIPTORES: Hormigón, cemento hidráulico, ensayos.

**4.3 Advertencia.** Las mezclas frescas de cemento hidráulico son cáusticas y pueden causar quemaduras químicas a la piel y tejidos bajo exposición prolongada.

**4.4** El texto de esta norma hace referencia a notas en pie de página, las cuales proveen material explicativo. Estas notas no deben ser consideradas como requisitos de esta norma.

## 5. MÉTODO DE ENSAYO

**5.1 Resumen.** Al hormigón fresco, una vez realizados los ajustes necesarios, se lo muestrea y se determinan sus características físicas, siguiendo procedimientos normalizados. Seguidamente se toman muestras de hormigón en los moldes especificados para el proyecto, los que pueden ser cilindros o vigas, de acuerdo a los procedimientos que se indican en esta norma; la compactación puede ser ejecutada por varillado o por vibración según lo indicado en las especificaciones. A los especímenes se les proporciona el curado inicial y final normalizado o curado de obra, dependiendo del propósito de los resultados del ensayo de los especímenes.

### 5.2 Equipos

**5.2.1 Moldes, generalidades.** Los moldes para elaborar especímenes, así como las bisagras y seguros que estén en contacto con el hormigón, deben ser elaborados de: acero, hierro fundido u otro material no absorbente, no reactivo con el hormigón de cemento portland o cualquier otro cemento hidráulico. Los moldes deben mantener sus dimensiones y forma, bajo cualquier condición de uso; deben ser impermeables durante su uso, comprobándose por su capacidad para mantener el agua vertida en su interior. Las condiciones para los ensayos de estanqueidad están dadas en los métodos de ensayo de elongación, absorción y estanqueidad de la norma ASTM C 470. Se puede utilizar un sellante adecuado como grasa pesada, arcilla moldeable o cera microcristalina, cuando sea necesario prevenir la fuga de agua a través de las juntas. Se deben proveer los seguros necesarios para sujetar firmemente las bases a los moldes. Los moldes reutilizables deben ser cubiertos ligeramente en su interior, con aceite mineral o con un material desmoldante no reactivo, antes de su uso.

**5.2.2 Moldes para cilindros.** Los moldes para la elaboración de especímenes para ensayo de hormigón deben cumplir con los requisitos de la norma ASTM C 470.

**5.2.3 Moldes para vigas.** Los moldes para la elaboración de vigas deben tener la forma y dimensiones requeridas para producir los especímenes estipulados en el numeral 5.3.2. Las superficies interiores de los moldes deben ser lisas; los lados, el fondo y los bordes deben ser perpendiculares entre sí, ser rectos y no presentar deformaciones. La variación máxima de la sección transversal nominal no debe exceder de 3 mm, para moldes con profundidad o ancho de 150 mm o más. Los moldes no deben producir especímenes con una longitud menor en 2 mm de la requerida en el numeral 5.3.2.

**5.2.4 Varilla de compactación.** Varilla de acero, recta, lisa y de sección circular, con un diámetro que cumpla los requisitos de la tabla 1. La longitud de la varilla de compactación debe ser de por lo menos 100 mm mayor que la profundidad del molde en el cual se está realizando la compactación, pero no mayor de 600 mm de longitud total (ver nota 1). La tolerancia en la longitud de la varilla de compactación es de 4 mm. La varilla debe tener el borde de compactación o ambos extremos redondeados, con una punta semiesférica del mismo diámetro de la varilla.

**TABLA 1. Requisitos para el diámetro de la varilla de compactación**

Diámetro del cilindro o ancho de la viga (mm)	Diámetro de la varilla (mm)
< 150	10 ± 2
≥ 150	16 ± 2

NOTA 1. Una varilla con longitud de 400 mm a 600 mm, cumple con los requisitos de esta y las siguientes normas: NTE INEN 1 578, ASTM C 138, ASTM C 173 y ASTM C 231.

(Continúa)



**5.2.5 Vibradores.** Se pueden utilizar vibradores internos, con una frecuencia de por lo menos 9 000 vibraciones por minuto (150 Hz) mientras el vibrador está operando en el hormigón. El diámetro de un vibrador redondo no debe ser mayor que un cuarto del diámetro del molde cilíndrico o un cuarto del ancho del molde de la viga. Vibradores de otras formas deben tener el perímetro equivalente a la circunferencia de un vibrador redondo apropiado. La longitud total del mango del vibrador y el elemento vibrante debe exceder la profundidad de la sección que se está vibrando en al menos 75 mm. La frecuencia del vibrador debe ser verificada periódicamente con un tacómetro con caña vibratoria u otro dispositivo adecuado (ver nota 2).

**5.2.6 Mazo.** Se debe utilizar un mazo con cabeza de caucho o cuero no tratado, con una masa de  $0,6 \text{ kg} \pm 0,2 \text{ kg}$ .

**5.2.7 Herramientas de colocación.** Deben ser de un tamaño suficientemente grande para que cada cantidad de hormigón obtenida del recipiente en el que se tomó la muestra, sea representativa y lo suficientemente pequeña para que el hormigón no se derrame durante la colocación en el molde. Para la colocación del hormigón en el molde para cilindros la herramienta aceptable es un cucharón. Para la colocación del hormigón en el molde para vigas, se permite el uso de una pala o de un cucharón.

**5.2.8 Herramientas para el terminado.** Deben ser una llana o una paleta.

**5.2.9 Equipo para medir asentamiento.** Debe cumplir con los requisitos de la NTE INEN 1 578.

**5.2.10 Recipiente para toma de muestras.** El recipiente debe ser una bandeja de metal de lámina gruesa, una carretilla o un tablero plano, limpio y no absorbente, de capacidad suficiente para permitir una fácil remezcla de toda la muestra con una pala o una paleta.

**5.2.11 Equipo para medir el contenido de aire.** Debe cumplir con los requisitos de las normas ASTM C 173 o ASTM C 231.

**5.2.12 Equipo para la medición de la temperatura.** Debe cumplir con los requisitos de la norma ASTM C 1 064.

### **5.3 Requisitos para el ensayo**

**5.3.1 Cilindros.** Los especímenes para resistencia a compresión o a tracción diametral deben ser cilindros y el hormigón debe fraguar en posición vertical. El número y tamaño de los cilindros moldeados deben ser los indicados en las especificaciones de la obra o en la NTE INEN 1855-1 o NTE INEN 1855-2. Adicionalmente, la longitud debe ser el doble del diámetro y el diámetro del cilindro debe ser por lo menos 3 veces el tamaño máximo nominal del árido grueso. Cuando el tamaño máximo nominal del árido grueso supera los 50 mm, la muestra de hormigón debe ser tratada por tamizado húmedo a través del tamiz de 50 mm, como se describe en la NTE INEN 1 763. Para ensayos de aceptación de la resistencia a compresión especificada, los cilindros deben ser de 150 mm x 300 mm o de 100 mm x 200 mm.

**5.3.2 Vigas.** Los especímenes para resistencia a flexión deben ser vigas y el hormigón debe ser moldeado y fraguar en posición horizontal. El número de vigas moldeadas debe ser el indicado en las especificaciones de la obra o en la NTE INEN 1855-1 o NTE INEN 1855-2. La longitud debe ser por lo menos 50 mm mayor que tres veces la altura, respecto de cómo va a ser ensayada. La relación entre ancho y altura, respecto de cómo se moldea, no debe exceder de 1,5. La viga normalizada debe tener una sección transversal de 150 mm x 150 mm y debe ser utilizada para hormigón con árido grueso de hasta 50 mm de tamaño máximo nominal. Cuando el tamaño máximo nominal del árido grueso excede de 50 mm, la dimensión más pequeña de la sección transversal de la viga debe ser al menos tres veces el tamaño máximo nominal del árido grueso. A menos que las especificaciones del proyecto lo requieran, las vigas elaboradas en campo no deben tener el ancho o la altura menor que 150 mm.

NOTA 2. Para información del tamaño y la frecuencia de varios vibradores y el método de verificación periódica de la frecuencia, ver el ACI 309R.

(Continúa)

**5.3.3** *Técnicos de campo.* Los ensayos de hormigón requeridos para determinar el cumplimiento de esta norma deben ser realizados por un Técnico en Ensayos de Campo del Hormigón, ACI - Grado I o con título certificado por una institución superior o equivalente. Los programas para certificación de personal para técnicos con certificación equivalente a la del ACI, deben incluir tanto exámenes escritos como prácticos, como se indica en el ACI CP-1.

#### **5.4 Muestreo del hormigón**

**5.4.1** Las muestras utilizadas para elaborar especímenes de ensayo bajo esta norma, deben ser obtenidas de acuerdo con la NTE INEN 1 763, a menos que haya sido aprobado o especificado un procedimiento alternativo.

**5.4.2** Registrar la identificación de la muestra con respecto a la ubicación en la que se coloca el hormigón que representa, la fecha y hora de moldeo.

#### **5.5 Asentamiento, contenido de aire y temperatura (ver nota 3)**

**5.5.1** *Asentamiento.* Medir y registrar el asentamiento de cada amasada de hormigón, del cual se elaboran los especímenes, inmediatamente después de remezclar en el recipiente de muestreo, de acuerdo con la NTE INEN 1 578.

**5.5.2** *Contenido de aire.* Determinar y registrar el contenido de aire de acuerdo con la norma ASTM C 173 o la norma ASTM C 231. El hormigón utilizado para determinar el contenido de aire no debe ser empleado para elaborar los especímenes de ensayo.

**5.5.3** *Temperatura.* Determinar y registrar la temperatura de acuerdo con la norma ASTM C 1 064.

#### **5.6 Procedimiento para el moldeo de especímenes**

**5.6.1** *Lugar para el muestreo.* Moldear los especímenes lo más rápido posible, sobre una superficie rígida y nivelada, libre de vibraciones y otras perturbaciones, en un lugar tan cercano como sea posible al lugar donde van a ser almacenados.

**5.6.2** *Moldeo de cilindros.* Seleccionar la varilla de compactación adecuada según el numeral 5.2.4 y la tabla 1 o el vibrador apropiado según el numeral 5.2.5. De la tabla 2 determinar el método de compactación, a menos que otro método esté especificado. Si el método de compactación es por varillado, de la tabla 3 determinar los requisitos para el moldeo. Si el método de compactación es por vibración, de la tabla 4, determinar los requisitos para el moldeo. Seleccionar un cucharón del tamaño descrito en el numeral 5.2.7. Mientras se coloca el hormigón en el molde, mover el cucharón alrededor del perímetro de la abertura del molde para asegurar una distribución del hormigón con la mínima segregación. Cada capa de hormigón debe ser compactada según se requiera. Al colocar la última capa, adicionar una cantidad de hormigón para asegurar que, después de la compactación, el molde quede lleno.

**5.6.3** *Moldeo de vigas.* Seleccionar la varilla de compactación adecuada según el numeral 5.2.4 y la tabla 1 o el vibrador apropiado según el numeral 5.2.5. De la tabla 2 determinar el método de compactación, a menos que otro método esté especificado. Si el método de compactación es por varillado, de la tabla 3 determinar los requisitos para el moldeo. Si el método de compactación es por vibración, de la tabla 4, determinar los requisitos para el moldeo. Determinar el número de golpes con la varilla por cada capa, uno por cada 14 cm<sup>2</sup> del área superficial de la viga. Seleccionar la herramienta de colocación según lo descrito en el numeral 5.2.7. Cuando se utilice el cucharón o la pala, colocar el hormigón en el molde hasta la altura requerida para cada capa, colocar el hormigón de tal forma que esté uniformemente distribuido en cada capa con la mínima segregación. Cada capa debe ser compactada según se requiera. Al colocar la última capa, adicionar una cantidad de hormigón para asegurar que, después de la compactación, el molde quede lleno.

NOTA 3. Algunas especificaciones pueden requerir la determinación de la masa unitaria del hormigón. En algunos proyectos se puede requerir el volumen de hormigón producido por cada amasada. También puede ser deseable información adicional sobre la medición del contenido de aire. Para la medición de la masa unitaria, rendimiento y contenido de aire por el método gravimétrico del hormigón fresco, se utilizan los procedimientos descritos en la norma ASTM C 138.

(Continúa)

**TABLA 2. Requisitos para determinar el método de compactación**

Asentamiento (mm)	Método de compactación
≥ 25	Varillado o vibración
< 25	Vibración

**TABLA 3. Requisitos para el moldeo mediante varillado**

Tipo de espécimen y tamaño	Número de capas de aproximadamente igual altura	Número de golpes con la varilla por capa
Cilindros: Diámetro (mm)		
100	2	25
150	3	25
225	4	50
Vigas: Ancho (mm) De 150 a 200 > 200	2 3 o más capas de igual altura, cada una no debe exceder de 150 mm	Ver numeral 5.6.3 Ver numeral 5.6.3

**TABLA 4. Requisitos para el moldeo mediante vibración**

Tipo de espécimen y tamaño	Número de capas	Número de inserciones del vibrador por capa	Altura aproximada por capa (mm)
Cilindros: Diámetro (mm)			
100	2	1	La mitad de la altura del espécimen
150	2	2	
225	2	4	
Vigas: Ancho (mm) De 150 a 200 > 200	1 2 o más	Ver numeral 5.6.4.2 Ver numeral 5.6.4.2	La altura del espécimen 200, lo más aproximado posible

**5.6.4 Compactación.** Los métodos de compactación especificados en esta norma son varillado o vibración interna.

**5.6.4.1 Varillado.** Colocar el hormigón en el molde, en el número de capas requeridas de aproximadamente igual volumen. Compactar cada capa uniformemente sobre la sección transversal con la punta redondeada de la varilla, con el número de golpes requerido. Compactar la capa del fondo, penetrando la varilla en toda su profundidad, en la compactación de esta capa tener cuidado de no dañar el fondo del molde. Para cada capa superior, permitir que la varilla penetre toda la capa que está siendo compactada e ingrese a la capa inferior aproximadamente 25 mm. Luego de que cada capa ha sido compactada, golpear en el exterior del molde de 10 a 15 veces con el mazo.

(Continúa)

Estos golpes tienen como único propósito cerrar cualquier agujero dejado por la varilla y eliminar cualquier burbuja grande de aire que hubiere sido atrapada. Para los moldes cilíndricos que sean susceptibles de daño si se golpean con el mazo, utilizar la mano abierta para golpear ligeramente. Después de golpear, igualar cada capa de hormigón a lo largo de los lados y bordes del molde de viga con una paleta u otra herramienta adecuada. Los moldes que no se han llenado, deben ser completados con hormigón representativo durante la compactación de la capa superior. En los moldes que tengan exceso de hormigón, este debe ser retirado.

**5.6.4.2 Vibración.** Mantener un tiempo de vibración uniforme para cada clase particular de hormigón, vibrador y tipo de molde involucrado. El tiempo de vibración requerido, depende de la trabajabilidad del hormigón y de la efectividad del vibrador, generalmente la vibración aplicada es suficiente cuando la superficie del hormigón se vuelve relativamente lisa y las burbujas grandes de aire dejan de aflorar en la superficie. Continuar vibrando solamente el tiempo suficiente para lograr una compactación adecuada del hormigón (ver nota 4). Llenar los moldes y vibrar en el número de capas requeridas de aproximadamente igual volumen. Colocar todo el hormigón para cada capa en el molde antes de empezar la vibración de esta capa. En la compactación del espécimen, insertar el vibrador lentamente y no permitir que este se apoye en el fondo o en los lados del molde, retirar el vibrador lentamente para evitar que grandes burbujas de aire queden dentro del espécimen. Al colocar la última capa, evitar el sobrellenado en más de 6 mm.

a) *Cilindros.* El número de inserciones del vibrador por capa está indicado en la tabla 4. Cuando se requiere más de una inserción por capa, distribuir de manera uniforme las inserciones dentro de cada capa. Permitir que el vibrador penetre a través de la capa a ser vibrada y en la capa inferior aproximadamente 25 mm. Después de que cada capa ha sido vibrada, golpear el exterior del molde por lo menos 10 veces con el mazo, para cerrar cualquier agujero remanente y liberar el aire atrapado. Utilizar la mano abierta para golpear moldes de cartón o metálicos de un solo uso, que son susceptibles de daño si se golpean con el mazo.

b) *Vigas.* Insertar el vibrador a intervalos que no excedan de 150 mm a lo largo de la línea central de la dimensión longitudinal del espécimen. Para especímenes más anchos que 150 mm, alternar las inserciones a lo largo de dos líneas. Permitir que el eje del vibrador penetre en la capa inferior, aproximadamente 25 mm. Después de que cada capa ha sido vibrada, golpear el exterior del molde por lo menos 10 veces con el mazo. Estos golpes tienen como único propósito cerrar cualquier agujero dejado por el vibrado y eliminar las burbujas de aire atrapado.

**5.6.5 Terminado.** Realizar todo el terminado con la mínima manipulación necesaria para producir una superficie plana, que esté nivelada con el borde superior del molde y que no tenga depresiones o proyecciones mayores de 3,3 mm.

**5.6.5.1 Cilindros.** Luego de la compactación, igualar y terminar la superficie superior con la varilla compactadora cuando la consistencia del hormigón lo permita o con una llana o paleta. Si se desea, colocar sobre la superficie del hormigón fresco una capa delgada de una pasta rígida de cemento hidráulico, permitiéndole que fragüe y cure con el espécimen, ver la sección de materiales para refrentado de la norma ASTM C 617.

**5.6.5.2 Vigas.** Luego de la compactación del hormigón, utilizar una llana o paleta para igualar la superficie superior con la tolerancia necesaria para producir una superficie plana y uniforme.

**5.6.6 Identificación.** Marcar los especímenes para su identificación y del hormigón que representan. Utilizar un método que no altere la superficie del hormigón, no se debe marcar en los elementos removibles del molde. Luego de retirar el molde, marcar los especímenes de ensayo para mantener su identificación.

## 5.7 Curado

**5.7.1 Curado normalizado.** Es el método de curado utilizado cuando los especímenes son elaborados y curados para los propósitos indicados en el numeral 2.2.

NOTA 4. Para un asentamiento mayor a 75 mm, generalmente no debe requerirse más de 5 segundos de vibración en cada inserción para una adecuada compactación del hormigón. Puede requerirse tiempos más largos para un asentamiento menor, pero el tiempo de vibración raramente excede de 10 segundos por inserción.

(Continúa)

**5.7.1.1 Almacenamiento.** Si los especímenes no pueden ser moldeados en el lugar donde recibirán el curado inicial, inmediatamente luego del terminado, mover los especímenes al lugar del curado inicial para su almacenamiento. La superficie sobre la que se almacenarán los especímenes debe estar nivelada dentro de 20 mm por metro. Si se mueven los cilindros elaborados en moldes de un solo uso, levantar y sostener los cilindros de la parte baja del molde con una paleta grande o un dispositivo similar. Si se daña la superficie durante el movimiento hacia el almacenamiento inicial, inmediatamente se debe dar un nuevo terminado.

**5.7.1.2 Curado inicial.** Inmediatamente después del moldeo y terminado, el espécimen debe ser almacenado por un período de hasta 48 horas a una temperatura entre 16 °C y 27 °C, en un ambiente que prevenga la pérdida de humedad de los especímenes. Para mezclas de hormigón con una resistencia especificada de 40 MPa o mayor, la temperatura de curado inicial debe estar entre 20 °C y 26 °C. Se permite utilizar varios procedimientos a paces de mantener las condiciones de humedad y temperatura especificadas durante el periodo de curado inicial, se debe utilizar un procedimiento apropiado o una combinación de procedimientos (ver nota 5). Proteger todos los especímenes de los rayos directos del sol y de cualquier radiación calórica, si se utiliza. La temperatura de almacenamiento debe ser controlada utilizando dispositivos de calefacción y enfriamiento, según sea necesario. Registrar la temperatura utilizando un termómetro de máximas y mínimas. Si se utilizan moldes de cartón, proteger las superficies exteriores de los moldes de su contacto con paños húmedos o cualquier fuente de agua.

**5.7.1.3 Curado final:**

a) *Cilindros.* Una vez concluido el curado inicial y dentro de 30 minutos después de remover los especímenes de los moldes, curarlos a una temperatura de 23 °C ± 2 °C, manteniendo todo el tiempo sus superficies con agua libre, utilizando tanques de almacenamiento o cámaras de curado, que cumplan con los requisitos de la NTE INEN 2 528, excepto cuando se los refrenta con mortero de azufre inmediatamente antes del ensayo. Cuando se refrenta con mortero de azufre, se deben secar las superficies superior e inferior del cilindro para prevenir la formación de paquetes de vapor o espuma mayores de 6 mm, debajo o dentro del refrentado, como se describe en la norma ASTM C 617. Para un periodo que no exceda de 3 horas inmediatamente antes del ensayo, no se requieren temperaturas de curado normalizado, a condición de que se mantenga en los cilindros la humedad libre y la temperatura ambiente esté entre 20 °C y 30 °C.

b) *Vigas.* Deben ser curadas de la misma forma que los cilindros (ver el literal a, del numeral 5.7.1.3) excepto que deben ser almacenadas en agua saturada con cal, a una temperatura de 23 °C ± 2 °C, por lo menos 20 horas antes de su ensayo. Debe prevenirse el secado de las superficies de la viga, desde la remoción del almacenamiento en agua, hasta el ensayo (ver nota 6).

**5.7.2 Curado de campo.** Es el método de curado utilizado para los especímenes elaborados y curados para los propósitos indicados en el numeral 2.4.

NOTA 5. Se puede crear un ambiente con humedad satisfactoria durante el periodo de curado inicial de los especímenes, mediante uno o más de los siguientes procedimientos: 1) sumergir inmediatamente los especímenes provistos con una tapa plástica, en agua saturada con cal, 2) almacenarlos en cajas de madera o estructuras apropiadamente construidas, 3) colocarlos en pozos de arena húmeda, 4) cubrirlos con tapas plásticas removibles, 5) colocarlos dentro de fundas plásticas o 6) cubrirlos con planchas plásticas o placas no absorbentes si se toman las precauciones para evitar el secado cuando se utiliza yute húmedo dentro del confinamiento, pero evitar que el yute esté en contacto con las superficies de hormigón. Se puede controlar una temperatura ambiente satisfactoria durante el curado inicial de los especímenes, mediante uno o más de los siguientes procedimientos: 1) utilizar ventilación, 2) utilizar hielo, 3) utilizar dispositivos de control de calentamiento o enfriamiento controlados por un termostato o 4) utilización de métodos de calefacción como estufas o bombillas. Se puede utilizar otros métodos adecuados, con tal que cumplan con los requisitos que limitan la temperatura de almacenamiento de los especímenes y la pérdida de humedad. Para mezclas de hormigón con resistencia especificada de 40 MPa o mayor, el calor generado en edades tempranas puede elevar la temperatura sobre los límites de almacenamiento requeridos. Un método fácil para mantener la temperatura requerida durante el almacenamiento puede ser la inmersión en agua saturada con cal con control de temperatura. Cuando los especímenes van a ser sumergidos en agua saturada con cal, no se deben utilizar especímenes en moldes de cartón u otros moldes que se expanden cuando se sumergen en agua. Los resultados de ensayos de resistencia a edades tempranas pueden ser menores cuando son almacenados a 16 °C y más altos cuando se los almacena a 27 °C. Para edades mayores, los resultados de los ensayos pueden ser menores para especímenes almacenados en temperaturas iniciales altas.

NOTA 6. Cantidades relativamente pequeñas de secado superficial, en los especímenes para ensayos a flexión, pueden inducir esfuerzos de tensión en las fibras extremas, que pueden producir una reducción importante de la resistencia a flexión.

(Continúa)

**5.7.2.1 Cilindros.** Almacenar los cilindros en o sobre la estructura, tan cerca como sea posible del sitio en que se colocó el hormigón al que representan. Proteger todas las superficies de los cilindros, de la forma más parecida posible a la manera como está protegida la estructura. Mantener a los cilindros con la misma temperatura y humedad ambiente de la estructura de la obra. Ensayar los especímenes en las condiciones de humedad resultantes del tratamiento de curado especificado. Para cumplir estas condiciones, los especímenes elaborados para determinar el tiempo en el que una estructura puede ser puesta en servicio deben retirarse del molde al mismo tiempo que se retiren los encofrados en la obra.

**5.7.2.2 Vigas.** Curar las vigas de la misma manera que el hormigón de la estructura, tanto como sea posible. Luego de  $48 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$  después del moldeo, trasladar los especímenes al lugar de almacenamiento y retirarlos de los moldes. Almacenar los especímenes representativos de los pavimentos o losas sobre el suelo, colocándolos en el suelo en la misma posición como fueron moldeados, con la cara superior hacia arriba. Cubrir los lados y bordes laterales del espécimen con tierra o arena que debe permanecer húmeda, dejando las superficies superiores expuestas al tratamiento de curado especificado. Almacenar los especímenes que representan la estructura de hormigón lo más cercano posible al sitio de la estructura, cuyo hormigón representan y mantener las mismas condiciones de temperatura y humedad ambiente que en la estructura. Al final del período de curado, dejar los especímenes en el lugar expuestos a la intemperie de la misma manera que la estructura. Retirar todos los especímenes del almacenamiento en campo y almacenarlos en agua saturada con cal a  $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  por  $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$  inmediatamente antes del ensayo, para asegurar condiciones uniformes de humedad entre especímenes. Observar las precauciones indicadas en el literal a, del numeral 5.7.1.3 para protegerlos contra el secado entre el tiempo de remoción del curado y el ensayo.

**5.7.2.3 Curado de hormigón estructural liviano.** Curar los cilindros de hormigón estructural liviano de acuerdo con la norma ASTM C 330.

**5.8 Transporte de los especímenes al laboratorio.** Antes del transporte, curar y proteger los especímenes como se indica en el numeral 5.7. Los especímenes no deben ser transportados dentro de las primeras 8 horas después del fraguado final (ver nota 7). Durante el transporte, proteger los especímenes con un material de amortiguación adecuado para prevenir daños por golpes. Durante el clima frío, proteger los especímenes de la congelación con un material aislante adecuado. Prevenir la pérdida de humedad durante el transporte, envolviéndolos en plástico, mantas húmedas, rodeándolos de arena húmeda o en moldes impermeables con tapas herméticas. El tiempo de transporte no debe exceder de 4 horas.

**5.9 Informe.** Remitir la siguiente información al laboratorio que va a ensayar los especímenes:

- a) Identificación o código de identificación de cada espécimen,
- b) Localización del hormigón representado por las muestras,
- c) Fecha, hora y nombre del laboratorista que elaboró los especímenes e Identificación del responsable de los procesos de, curado y transporte de los especímenes al laboratorio
- d) Asentamiento, contenido de aire y temperatura del hormigón, resultados de otros ensayos realizados en el hormigón fresco y cualquier desviación de los métodos de ensayo normalizados, y
- e) Método de curado. Para el método de curado normalizado reportar: el método de curado inicial con la temperatura máxima y mínima y el método de curado final. Para el método de curado de campo reportar: la ubicación de almacenamiento de los especímenes, la forma de protección de los elementos, la temperatura y humedad ambiente y el tiempo en que fueron removidos de los moldes.

NOTA 7. El tiempo de fraguado puede ser medido de acuerdo con la norma ASTM C 403.

## APÉNDICE Z

### Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 694	<i>Hormigón y áridos para elaborar hormigón. Terminología.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 578	<i>Hormigón de cemento hidráulico. Determinación del asentamiento.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 763	<i>Hormigón de cemento hidráulico. Muestreo.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 528	<i>Cámaras de curado, gabinetes húmedos, tanques para almacenamiento en agua y cuartos para elaborar mezclas, utilizados en ensayos de cemento hidráulico y hormigón. Requisitos.</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 173	<i>Método de ensayo para determinar el contenido de aire en el hormigón mezclado fresco, por el método volumétrico.</i>
Norma ASTM C 231	<i>Método de ensayo para determinar el contenido de aire en el hormigón mezclado fresco, por el método de presión.</i>
Norma ASTM C 330	<i>Especificaciones para áridos livianos para hormigón estructural.</i>
Norma ASTM C 403	<i>Método de ensayo para determinar el tiempo de fraguado de mezclas de hormigón mediante resistencia a la penetración.</i>
Norma ASTM C 470	<i>Especificaciones para los moldes para la fabricación de cilindros para ensayo de hormigón verticales.</i>
Norma ASTM C 617	<i>Práctica para refrentar especímenes cilíndricos de hormigón.</i>
Norma ASTM C 1 064	<i>Método de ensayo para determinar la temperatura de mezclas frescas de hormigón de cemento hidráulico.</i>
ACI CP-1	<i>Técnico para ensayos de hormigón en campo. Grado I</i>
ACI 309R	<i>Guía para la compactación del hormigón.</i>

### Z.2 BASE DE ESTUDIO

ASTM C 31 – 09. *Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the field.* American Society for Testing and Materials. Philadelphia, 2009.

## INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

**Documento:** TÍTULO: HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. Código:  
NTE INEN 1 576 ELABORACIÓN Y CURADO EN OBRA DE ESPECÍMENES CO 02.10-328  
PARA ENSAYO

<b>ORIGINAL:</b> Fecha de iniciación del estudio: 2010-05-03	<b>REVISIÓN:</b> Fecha de aprobación anterior del Consejo Directivo Oficialización con el Carácter de por Acuerdo Ministerial No. publicado en el Registro Oficial No.  Fecha de iniciación del estudio:
--	--

Fechas de consulta pública: de a

Subcomité Técnico: HORMIGONES, ÁRIDOS Y MORTEROS  
Fecha de iniciación: 2010-05-12 Fecha de aprobación: 2010-06-03  
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 CIA. LTDA.
Dr. Juan José Recalde	CAMINOSCA CIA. LTDA.
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 HORMIGÓN. INECYC.

Otros trámites:

El Directorio del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 2010-11-26

Oficializada como: Voluntaria  
Registro Oficial No. 367 de 2011-01-20

Por Resolución No. 144-2010 de 2010-12-23





# INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

---

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 1 763:2010**  
**Primera revisión**

---

---

## **HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. MUESTREO.**

**Primera Edición**

STANDARD PRACTICE FOR SAMPLING FRESHLY MIXED CONCRETE.

First Edition

---

DESCRIPTORES: Materiales de construcción y edificación, hormigón, muestreo.  
CO 02.10-201  
CDU: 691.3:620.113  
CIU: 3699  
ICS: 91.100.30

<b>Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria</b>	<b>HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. MUESTREO.</b>	<b>NTE INEN 1 763:2010 Primera revisión 2010-06</b>
---	--	---

## 1. OBJETO

**1.1** Esta norma establece los procedimientos para la obtención de muestras representativas de hormigón fresco, como el que se entrega en el lugar del proyecto, sobre el cual se van a realizar ensayos para determinar el cumplimiento con los requisitos de calidad establecidos en las normas bajo las cuales se despacha el hormigón, (ver nota 1).

## 2. ALCANCE

**2.1** Esta norma incluye el muestreo en: mezcladores estacionarios, pavimentadoras, camiones mezcladores y en equipos con agitación y sin agitación, utilizados para el transporte de hormigón mezclado en una central.

**2.2** Esta norma proporciona los requisitos y procedimientos normalizados para la toma de muestras de hormigón fresco de diferentes contenedores utilizados en la producción o transporte del hormigón. Los requisitos detallados para: materiales, mezclas, contenido de aire, temperatura, número de especímenes, precisión y desviación, asentamiento e interpretación de los resultados, se encuentran en los métodos de ensayo específicos.

**2.3** Esta norma contiene además, los procedimientos que se utilizan en la preparación de una muestra de hormigón para otros ensayos cuando es conveniente o necesario la remoción de los áridos de mayor tamaño que el especificado. Esta remoción de las partículas de áridos de mayor tamaño es preferentemente realizada por tamizado húmedo.

## 3. DEFINICIONES

**3.1** Para los efectos de esta norma, se adoptan las siguientes definiciones:

**3.1.1** *Tamizado húmedo del hormigón.* Es el proceso de remoción de las partículas de árido más grande que el tamaño especificado para el hormigón fresco, tamizándolo sobre un tamiz del tamaño especificado.

**3.1.2** *Muestra compuesta.* Combinación de dos o más porciones individuales integradas y remezcladas.

## 4. DISPOSICIONES GENERALES

**4.1** El texto de esta norma hace referencia a notas en pie de página, las cuales proveen material explicativo y no deben ser consideradas como requisitos de esta norma.

**4.2** 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.

**4.3 Advertencia.** Las mezclas frescas de cemento hidráulico son cáusticas y pueden causar quemaduras químicas a la piel y tejidos bajo exposición prolongada

NOTA 1. Para la aplicación de esta norma se requiere de muestras compuestas, a menos que estén expresamente exceptuadas en los procedimientos que rigen los ensayos que se realizan tales como ensayos para determinar la uniformidad de la consistencia y eficiencia del mezclador. En esta norma no se describen los procedimientos utilizados para seleccionar las amasadas específicas para ensayo, pero se recomienda un muestreo aleatorio que se utiliza para determinar el cumplimiento de la norma en general.

(Continúa)

DESCRIPTORES: Materiales de construcción y edificación, hormigón, muestreo.

## 5. MUESTREO

**5.1** El tiempo transcurrido entre la obtención de la primera y la última porción de la muestra compuesta no debe exceder de 15 minutos.

**5.1.1** Transportar las muestras individuales al lugar en donde se efectuarán los ensayos al hormigón fresco o en donde los especímenes de ensayo van a ser moldeados. Estas deben ser combinadas y remezcladas con una pala, en la cantidad mínima necesaria para garantizar la uniformidad y el cumplimiento de los límites de tiempo máximos estipulados en el numeral 5.1.2.

**5.1.2** Iniciar los ensayos de asentamiento, temperatura y contenido de aire dentro de los 5 minutos posteriores a la obtención de la última porción de la muestra compuesta. Completar estos ensayos rápidamente. Iniciar el moldeo de especímenes para ensayos de resistencia dentro de los 15 minutos siguientes a la obtención de la muestra compuesta. Obtener y utilizar rápidamente la muestra protegiéndola del sol, del viento, de otras causas de evaporación rápida y de la contaminación.

## 6. PROCEDIMIENTO

**6.1 Tamaño de la muestra.** El volumen mínimo de las muestras que se van a utilizar para los ensayos de resistencia debe ser de 28 litros. Se pueden utilizar muestras de volúmenes más pequeños para ensayos de rutina de contenido de aire, temperatura y asentamiento. El tamaño de las muestras debe estar definido por el tamaño máximo del árido.

**6.2** Con el propósito de que las muestras obtenidas sean verdaderamente representativas de la naturaleza y condición del hormigón, los procedimientos utilizados en el muestreo, deben incluir el uso de todas las precauciones siguientes, (ver nota 2).

**6.2.1 Muestreo en mezcladores estacionarios, excepto mezcladores para pavimentadoras.** Muestrear el hormigón mediante la recolección de dos o más porciones tomadas en intervalos espaciados regularmente durante la descarga de la porción media de la amasada. Obtener estas porciones dentro del tiempo límite especificado en el numeral 5. Combinar en una muestra compuesta para propósitos de ensayo. No se debe obtener porciones para la muestra compuesta de la parte inicial o final de la descarga de la amasada, (ver nota 3). Realizar el muestreo mediante el paso completo de un recipiente a través del flujo de descarga o por el desvío completo del flujo de la descarga hacia un contenedor de muestras. Si la descarga del hormigón es demasiado rápida para desviar el flujo completo de ésta, descargar el hormigón en un contenedor o unidad de transporte suficientemente grande para dar cabida a toda la amasada y a continuación, realizar el muestreo de la misma manera mencionada anteriormente. Tener cuidado de no restringir el flujo del hormigón del mezclador, contenedor o unidad de transporte, para no causar segregación. Estos requisitos se aplican tanto a los mezcladores inclinados como a los no inclinados.

**6.2.2 Muestreo en mezcladores para pavimentadoras.** Muestrear el hormigón después de que el contenido del mezclador ha sido descargado. Obtener muestras de al menos cinco partes diferentes de la pila, a continuación combinar en una sola muestra compuesta para propósitos de ensayo. Evitar contaminación con el material de subrasante o el contacto prolongado con la subrasante absorbente. Para evitar la contaminación o la absorción por la subrasante, muestrear el hormigón colocando tres contenedores poco profundos sobre la subrasante y descargar el hormigón en todo el contenedor. Luego combinar las muestras obtenidas en una muestra compuesta para propósitos de ensayo. Los contenedores deben ser de un tamaño suficiente para proporcionar un tamaño de muestra compuesta que esté de acuerdo con el tamaño máximo del árido, (ver nota 4).

NOTA 2. Normalmente el muestreo debería ser llevado a cabo a medida que el hormigón pasa de la mezcladora al vehículo que es usado para llevar el hormigón al encofrado, sin embargo, las especificaciones pueden señalar otros puntos de muestreo, tales como la descarga de una bomba de hormigón.

NOTA 3. Ninguna muestra debe ser tomada antes del 10% o luego del 90% de que la amasada haya sido descargada. Debido a la dificultad de determinar la cantidad real de hormigón descargado, la intención es proporcionar muestras que sean representativas de porciones ampliamente separadas, pero no del principio ni del final de la carga.

NOTA 4. En algunos casos, los contenedores deben estar sujetos a la subrasante para evitar desplazamientos durante la descarga.

(Continúa)

**6.2.3 Muestreo en camiones mezcladores con tambor mezclador o agitador.** Muestrear el hormigón de la porción media de la amasada, mediante la recolección de dos o más porciones tomadas a intervalos espaciados regularmente durante la descarga. Tomar las muestras obtenidas dentro del tiempo límite especificado en el numeral 5 y combinarlas en una muestra compuesta para propósitos de ensayo. En cualquier caso, no se debe tomar muestras hasta después de que toda el agua y algún aditivo se haya añadido al mezclador, además no se debe tomar muestras de la parte inicial o final de la descarga de la amasada, (ver nota 3). Muestrear mediante varias pasadas de un recipiente a través de todo el flujo de descarga o por el desvío completo del flujo de descarga a un contenedor de muestras. Regular la tasa de descarga de la amasada únicamente con el control de velocidad de revolución del tambor.

**6.2.4 Muestreo desde la abertura superior de los camiones mezcladores, equipos agitadores y no agitadores u otros tipos de contenedores con abertura superior.** Tomar muestras mediante cualquiera de los procedimientos descritos en los numerales 6.2.1, 6.2.2 o 6.2.3, el que sea más aplicable en las condiciones dadas.

## **7. PROCEDIMIENTO ADICIONAL PARA HORMIGÓN CON ÁRIDO DE TAMAÑO MÁXIMO MUY GRANDE**

**7.1** Cuando el hormigón contiene árido de mayor tamaño que el apropiado para el tamaño de los moldes o equipos a utilizarse, tamizar en húmedo la muestra como se describe en el numeral 7.3.1, (ver nota 5), excepto para realizar el ensayo de densidad (peso unitario) para uso en cálculos de rendimiento de la mezcla completa.

### **7.2 Equipos**

**7.2.1 Tamices.** Con tamaño de acuerdo a la especificación, y que cumplan con la NTE INEN 154.

**7.2.2 Recipiente.** Un contenedor de tamaño apropiado que tenga una superficie no absorbente.

**7.2.3 Equipamiento para tamizado húmedo.** El equipo para tamizado húmedo del hormigón debe ser un tamiz como el citado en el numeral 7.2.1, de tamaño adecuado y convenientemente dispuesto y sujetado de modo que se pueda agitar rápidamente, ya sea con la mano o por medios mecánicos. En general, es preferible un movimiento horizontal hacia atrás y adelante. El equipo debe ser capaz de eliminar con rapidez y eficacia, el árido del tamaño especificado.

**7.2.4 Herramientas de mano.** Palas, cucharones manuales, espátulas y guantes de caucho cuando sea necesario.

### **7.3 Procedimiento**

**7.3.1 Tamizado húmedo.** Después de muestreado el hormigón y antes del remezclado, pasarlo sobre el tamiz del tamaño determinado, retirar y desechar el árido retenido. Agitar o vibrar el tamiz con la mano o con medios mecánicos hasta que ya no quede material de menor tamaño en el tamiz. No se debe limpiar el mortero adherido al árido retenido en el tamiz, antes que este sea desechado. Colocar solamente el hormigón necesario sobre el tamiz, luego de cada tamizado de tal forma que el espesor de la capa de áridos retenidos, no sea mayor que el espesor de una partícula del árido que se está retirando. El hormigón que pasa el tamiz debe caer en una bandeja de tamaño adecuado, que debe ser humedecida antes de su uso o en otra superficie limpia, húmeda, no absorbente. Raspar el mortero adherido a las paredes del equipo de tamizado e incorporarlo a la amasada. Después de retirar las partículas de árido más grandes mediante tamizado húmedo, remezclar la amasada con una pala, la cantidad mínima necesaria para garantizar la uniformidad y proceder inmediatamente a los ensayos.

NOTA 5. Puede ser necesario considerar el efecto del tamizado húmedo sobre los resultados de los ensayos. Por ejemplo, el tamizado húmedo del hormigón causa la pérdida de una pequeña cantidad de aire debido a la manipulación adicional. El contenido de aire de la fracción de hormigón tamizado húmedo es mayor que del total de hormigón debido a que el árido de mayor tamaño que se separa no contiene aire. La resistencia aparente del hormigón tamizado húmedo en especímenes de menor tamaño, suele ser mayor que la del total de hormigón moldeado en especímenes de tamaño adecuado. El efecto de estas diferencias pueden necesitar ser consideradas o determinadas con ensayos complementarios para propósitos de control de calidad o evaluación de los resultados de ensayo.

(Continúa)

## 8. ACTA DE MUESTREO

**8.1** En cualquier procedimiento de muestreo utilizado se debe levantar un acta en donde conste al menos la siguiente información:

- a) Lugar, fecha y hora del muestreo.
- b) Nombre del proyecto u obra.
- c) Nombre del proveedor del hormigón.
- d) Número de guía de remisión (premezclado) o número de la parada (hormigón elaborado en obra).
- e) Punto de la toma de la muestra, (ver la nota 6).
- f) Procedimiento utilizado en el muestreo. (ver numeral 6.2).
- g) Número de identificación de la muestra.
- h) Elemento fundido.
- i) Condiciones climáticas durante el muestreo.
- j) Nombre y firma del técnico calificado que tomó la muestra.
- k) Observaciones.

**8.2** En el Apéndice Y se muestra un ejemplo del formato que se puede utilizar para elaborar esta acta.

---

NOTA 6. Indicar si la muestra se la obtuvo de la descarga del camión o luego de su transporte

**APÉNDICE Y****(Información opcional)****EJEMPLO DE FORMATO PARA ELABORAR EL ACTA DE MUESTREO**

<b>ACTA DE MUESTREO</b>		Número:
Lugar, fecha y hora del muestreo		
Nombre del proyecto		
Hormigón premezclado		
Nombre del proveedor	Número de guía de remisión	
Hormigón elaborado en obra		
Número de parada		
Condiciones climáticas durante el muestreo		
Elemento fundido		
Procedimiento utilizado en el muestreo		
Punto de la toma de muestra		
Número de identificación de la muestra		
Observaciones		
_____		
_____		
_____		
Técnico calificado responsable de la toma de muestras	Firma	

*(Continúa)*

## APÉNDICE Z

### Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 154 *Tamices de ensayo. Dimensiones nominales de las aberturas.*

### Z.2 BASE DE ESTUDIO

ASTM C 172 – 08. *Standard Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete.* American Society for Testing and Materials. Philadelphia P.A, 2008.

## INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

**Documento:** NTE INEN 1 763 Primera revisión  
**TÍTULO:** HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. MUESTREO  
**Código:** CO 02.10-201

<b>ORIGINAL:</b> Fecha de iniciación del estudio:	<b>REVISIÓN:</b> Fecha de aprobación anterior del Consejo Directivo 1990-06-26 Oficialización con el Carácter de Obligatoria y Emergente por Acuerdo Ministerial No. 411 de 1990-08-20 publicado en el Registro Oficial No. 524 de 1990-09-18  Fecha de iniciación del estudio: 2009-08-03
--	--

Fechas de consulta pública: de \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_

Subcomité Técnico: **Hormigones, áridos y morteros**

Fecha de iniciación: 2009-08-12

Fecha de aprobación: 2009-08-20

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  
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

Ing. Jacques Martinod

INTACO ECUADOR S.A.

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

Ing. Diana Sánchez

FACULTAD DE INGENIERÍA. PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR.

Ing. Stalin Serrano

HORMIGONES EQUINOCCIAL.

Ing. Guillermo Loayza

ACI ECUADOR

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 (Pro Secretario Técnico)

INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y DEL  
CONCRETO. INECYC.

Otros trámites: ♦<sup>4</sup> La NTE INEN 1 763:1990 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 1 763:2010 (Primera Revisión), reemplaza a la NTE INEN 1 763:1990.

El Directorio del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 2010-02-25

Oficializada como: **Voluntaria**  
Registro Oficial No. 205 de 2010-06-02

Por Resolución No. 016-2010 de 2010-03-24





# INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

---

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 2 566:2010**

---

---

## **ÁRIDOS. REDUCCIÓN DE MUESTRAS A TAMAÑO DE ENSAYO.**

**Primera Edición**

STANDARD PRACTICE FOR REDUCING SAMPLES OF AGGREGATE TO TESTING SIZE.

First Edition

---

DESCRIPTORES: Áridos, Reducción de muestras, Ensayos  
CO 02.03-329  
CDU: 691.322  
CIU: 2901  
ICS: 91.100.15

**Norma Técnica  
Ecuatoriana  
Voluntaria**

**ÁRIDOS.  
REDUCCIÓN DE MUESTRAS A TAMAÑO DE ENSAYO**

**NTE INEN  
2 566:2010  
2010-12**

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 tres métodos para la reducción de muestras grandes de áridos, al tamaño adecuado para el ensayo, utilizando técnicas destinadas a minimizar las variaciones entre las características medidas en las muestras reducidas y las de la muestra grande (ver nota 1)

**2. ALCANCE**

**2.1** Esta norma proporciona los procedimientos para la reducción de muestras grandes, obtenidas in situ o producidas en el laboratorio, a un tamaño conveniente para la realización de la serie de ensayos para describir el material y determinar su calidad, de tal manera que la muestra de ensayo pequeña sea lo más representativa de la muestra grande y por tanto del suministro total (ver nota 2)

**2.2** 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 efectos de esta norma se adoptan las definiciones de la NTE INEN 694.

**4. DISPOSICIONES GENERALES**

**4.1 Selección del método**

**4.1.1 Árido fino.** Para muestras de árido fino, cuyas partículas están más secas que la condición saturada superficialmente seca (ver nota 3), reducir el tamaño de las muestras utilizando un separador mecánico de acuerdo con el método A. Para muestras que tengan humedad libre en las superficies de las partículas, reducir el tamaño de las muestras mediante cuarteo de acuerdo con el método B o mediante el tratamiento como si fuera una pila en miniatura, como se describe en el método C.

NOTA 1. Las muestras de mayor tamaño tienden a ser más representativas del suministro total.

NOTA 2. Bajo ciertas circunstancias, no es recomendable la reducción del tamaño de la muestra grande antes del ensayo. A veces no se pueden evitar diferencias sustanciales entre las muestras de ensayo seleccionadas, como por ejemplo, en el caso de un árido que contenga relativamente pocas partículas de tamaño grande en la muestra. Las leyes de la probabilidad establecen que estas pocas partículas pueden ser desigualmente distribuidas entre las muestras de ensayo de tamaño reducido. Del mismo modo, si la muestra está siendo examinada para la determinación de ciertos contaminantes que se producen, como algunos fragmentos discretos en tan solo un pequeño porcentaje, se debe tener precaución al interpretar los resultados de la muestra de ensayo de tamaño reducido. La posibilidad de inclusión o exclusión de solo una o dos partículas en la muestra seleccionada, puede tener una gran influencia en la interpretación de las características de la muestra original. En estos casos, debe hacerse el ensayo en el total de la muestra original.

NOTA 3. El método para determinar la condición saturada superficialmente seca se describe en la NTE INEN 856. Como una aproximación rápida, si el árido fino mantiene su forma cuando es moldeado en la mano, se puede considerar que está más húmedo que la condición saturada superficialmente seca.

(Continúa)

DESCRIPTORES: Áridos, Reducción de muestras, Ensayos

**4.1.1.1** Si se desea utilizar el método B o el método C y la muestra no tiene humedad libre en las superficies de las partículas, humedecer la muestra hasta obtener humedad libre, mezclar bien y luego reducir el tamaño de la muestra.

**4.1.1.2** Si se desea utilizar el método A y la muestra tiene humedad libre en las superficies de las partículas, secar toda la muestra por lo menos, hasta la condición saturada superficialmente seca, utilizando temperaturas que no excedan de las especificadas para alguno de los ensayos previstos y a continuación reducir el tamaño de la muestra. Alternativamente, si la muestra húmeda es muy grande, realizar una separación preliminar con un separador mecánico que tenga aberturas de los conductos de 38 mm o más de ancho, para reducir la muestra a no menos de 5 000 g. Secar la porción así obtenida y reducirla a tamaño de muestra de ensayo mediante el método A.

**4.1.2** *Árido grueso y mezcla de áridos, fino y grueso.* Reducir la muestra utilizando un separador mecánico, preferentemente de acuerdo con el método A o mediante cuarteo, de acuerdo con el método B. Para los áridos gruesos o mezclas de áridos, fino y grueso, no se permite la pila en miniatura del método C.

**4.2 Muestreo.** Obtener muestras de áridos in situ, de acuerdo con la NTE INEN 695 o como lo requieran los métodos de ensayo individuales. Cuando solamente se requieren ensayos para el análisis granulométrico, el tamaño de la muestra in situ que figura en la NTE INEN 695 es generalmente suficiente. Cuando se van a realizar ensayos adicionales, el usuario debe asegurarse de que el tamaño inicial de la muestra in situ, es adecuado para llevar a cabo todos los ensayos previstos. Utilizar procedimientos similares para el árido producido en el laboratorio.

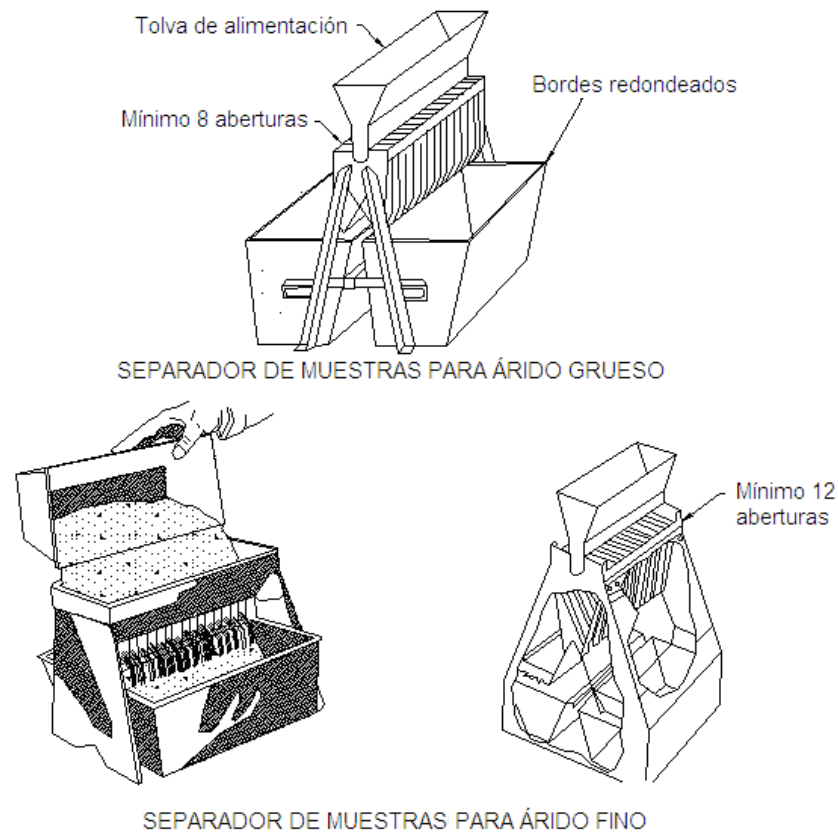
## 5. MÉTODO A. SEPARADOR MECÁNICO

### 5.1 Equipos

**5.1.1 Separador de muestra.** El equipo debe tener un número par de conductos de igual ancho, no inferior a un total de ocho para el árido grueso o a doce para el árido fino, los cuales descargan alternativamente a cada lado del separador. Para áridos grueso y mezcla de áridos, el ancho mínimo de cada conducto debe ser aproximadamente 50% mayor que las partículas más grandes de la muestra que se divide (ver nota 4). Para el árido fino y seco en el que toda la muestra pasa por el tamiz de 9,5 mm, debe utilizarse un separador que tenga conductos de 12,5 mm a 20 mm de ancho. El separador debe estar equipado con dos recipientes para recolectar las mitades de la muestra después de la separación. También debe estar equipado con una tolva o una bandeja de filo recto, que tenga un ancho igual o ligeramente menor que el ancho total del ensamble de conductos, mediante la cual se puede alimentar la muestra a una velocidad controlada hacia los conductos. El separador y los equipos auxiliares deben estar diseñados de manera que la muestra fluya suavemente, sin restricción o pérdida de material (ver la figura 1).

NOTA 4. Los separadores mecánicos generalmente están disponibles en tamaños adecuados para el árido grueso que tenga las partículas más grandes no mayores de 37,5 mm.

(Continúa)

**FIGURA 1. Separadores de muestras**

El separador de muestras para árido fino, puede ser construido ya sea como tipo abierto o tipo cerrado. Es preferible el tipo cerrado.

**5.2 Procedimiento.** Colocar la muestra original en la tolva o bandeja y distribuirla uniformemente de borde a borde, de tal manera que cuando se introduce en los conductos, fluyan cantidades aproximadamente iguales a través de cada conducto. Introducir la muestra a una velocidad tal que se permita que fluya libremente a través de los conductos hacia los recipientes de abajo. Reintroducir la porción de muestra de uno de los recipientes en el separador tantas veces como sea necesario para reducir la muestra al tamaño especificado para el ensayo previsto. Reservar la porción de material recolectado en el otro recipiente para la reducción de tamaño para otros ensayos, cuando sea necesario.

## 6. MÉTODO B. CUARTEO

**6.1 Equipos.** Los equipos están compuestos por: una pala, cuchara o paleta de borde recto; un cepillo o brocha y una manta de lona de aproximadamente 2 m por 2,5 m.

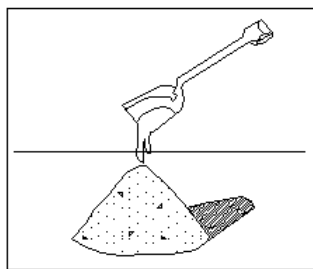
### 6.2 Procedimiento.

**6.2.1** Utilizar el procedimiento descrito en el numeral 6.2.1.1 o 6.2.1.2 o una combinación de ambos.

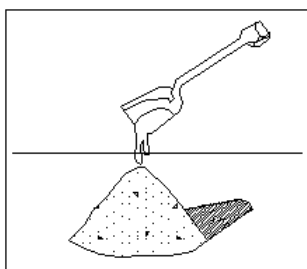
(Continúa)

**6.2.1.1** Colocar la muestra original en una superficie firme, limpia y nivelada, donde no exista ni pérdida de material ni adición accidental de material extraño. Mezclar el material completamente volteando toda la muestra más de tres veces. Luego de la última vuelta, conformar con toda la muestra una pila cónica, depositando cada palada sobre la parte superior de la anterior. Con cuidado, aplanar la pila cónica hasta un espesor y un diámetro uniformes, presionando la punta con la pala para que cada cuarto resultante de la pila contenga la composición original del material. El diámetro puede ser aproximadamente cuatro a ocho veces el espesor. Dividir la masa aplanada en cuatro cuartos iguales con una pala o una paleta y retirar dos cuartos diagonalmente opuestos, incluyendo todo el material fino y limpiar los espacios vacíos. Mezclar sucesivamente y cuartear el material restante hasta reducir la muestra al tamaño deseado (ver figura 2).

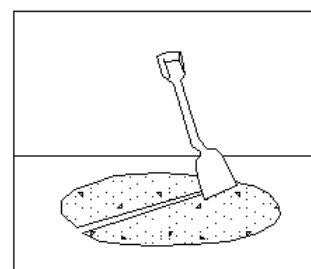
**FIGURA 2. Cuarteo sobre una superficie firme, limpia y nivelada**



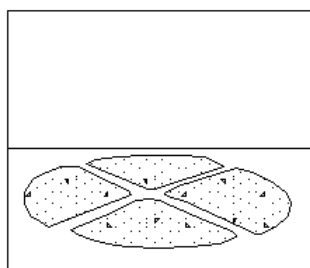
MUESTRA EN FORMA DE CONO SOBRE UNA SUPERFICIE LIMPIA Y SECA



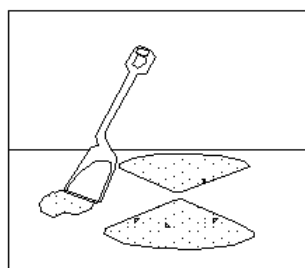
MEZCLADO PARA FORMAR UN NUEVO CONO



CUARTEO DESPUÉS DEL APLANAMIENTO DEL CONO



MUESTRA DIVIDIDA EN CUATRO PARTES



MANTENER CUARTOS OPUESTOS, RETIRAR LOS OTROS DOS CUARTOS

**6.2.1.2** Como una alternativa al procedimiento descrito en el numeral 6.2.1.1, cuando la superficie del piso está desnivelada, colocar la muestra de campo sobre la manta de lona y mezclar con la pala como se describe el numeral 6.2.1.1, o alternativamente, levantando cada esquina de la manta y volteándola sobre la muestra hacia la esquina diagonalmente opuesta, causando que el material ruede. Aplanar la pila como se describió en el numeral 6.2.1.1. Dividir la muestra como se describió en el numeral 6.2.1.1 o si la superficie bajo de la manta es desigual, insertar una vara o un tubo por debajo de la manta y bajo el centro de la pila y luego levantar los dos extremos de la vara, dividiendo la muestra en dos partes iguales. Retirar la vara dejando un pliegue de la manta entre las partes divididas. Insertar la vara bajo el centro de la pila, formando ángulo recto con la primera división y nuevamente levantar los dos extremos de la vara, dividiendo la muestra en cuatro partes iguales. Retirar los dos cuartos diagonalmente opuestos, teniendo cuidado de limpiar los finos de la manta. Mezclar sucesivamente y cuartear el material restante hasta reducir la muestra al tamaño deseado (ver figura 3).

(Continúa)

**FIGURA 3. Cuarteo sobre una manta de lona**

### 7. MÉTODO C. MUESTREO DE UNA PILA EN MINIATURA (SOLAMENTE PARA ÁRIDO FINO HÚMEDO)

**7.1 Equipos.** Los equipos están compuestos por: una pala, cuchara o paleta de borde recto para mezclar los áridos y una de las siguientes herramientas: un muestreador pequeño, una cuchara pequeña o una cuchara para muestreo.

**7.2 Procedimiento.** Colocar la muestra original de árido fino húmedo sobre una superficie firme, limpia y nivelada, donde no exista ni pérdida de material ni adición accidental de material extraño. Mezclar el material completamente, girando toda la muestra más de tres veces. Luego de la última vuelta, conformar con toda la muestra una pila cónica, depositando cada palada sobre la parte superior de la anterior. Si lo desea, aplanar la pila cónica hasta un espesor y un diámetro uniformes, presionando la punta con la pala para que cada cuarto resultante de la pila contenga la composición original del material. Obtener una muestra para cada ensayo, seleccionando por lo menos cinco porciones de material, en lugares escogidos al azar, localizados en la pila en miniatura, utilizando cualquiera de los dispositivos de muestreo descritos en el numeral 7.1.

(Continúa)

**Norma Técnica  
Ecuatoriana**

**TAMICES DE ENSAYO.  
DIMENSIONES NOMINALES DE LAS ABERTURAS**

**INEN 154**  
Primera Revisión  
1986-12

**1. OBJETO**

**1.1** Esta norma establece las dimensiones nominales de las aberturas de las mallas de alambre y de las placas perforadas que se usan en los tamices de ensayo.

**2. DISPOSICIONES GENERALES**

**2.1 Medios de tamizado**

**2.1.1** Las mallas de alambre para tamices de ensayo estarán constituidas por alambres tejidos para formar aberturas nominales cuadradas.

**2.1.2** Las placas perforadas para tamices de ensayo serán placas metálicas con agujeros cuadrados o circulares dispuestos en manera regular.

**2.2 Designación**

**2.2.1** Las mallas de alambre que se usen en los tamices de ensayo se designarán con la dimensión nominal de su abertura cuadrada.

**2.2.2** Las placas perforadas que se usen en los tamices de ensayo se designarán con la dimensión nominal de su abertura cuadrada o con el diámetro nominal de su abertura redonda. Además, deberá especificarse el tipo de abertura, redonda o cuadrada.

**2.2.3** Las dimensiones de aberturas menores a 1 mm se expresarán en micrómetros ( $\mu\text{m}$ ) y las dimensiones de aberturas iguales o mayores a 1 mm se expresarán en milímetros (mm).

**3. DIMENSIONES NOMINALES DE LA ABERTURAS**

**3.1** En la tabla 1 se indican las dimensiones nominales principales y las dimensiones nominales suplementarias de las aberturas; tales dimensiones corresponden a las series R 20/3 y R 40/3 respectivamente, de números preferidos.

**3.2** Las dimensiones nominales indicadas en la Tabla 1 tendrán las siguientes aplicaciones:

- a) Tamices de ensayo de malla de alambre: aberturas desde 125 mm a 20  $\mu\text{m}$ .
- b) Tamices de ensayo de placas perforadas:
  - Agujeros redondos desde 125 mm a 1 mm
  - Agujeros cuadrados desde 125 mm a 4 mm

(Continúa)

Tabla 1. Dimensiones nominales de abertura

Dimensiones Principales * (R 20/3)	Dimensiones Suplementarias (R 40/3)	Dimensiones Principales* (R 20/3)	Dimensiones Suplementarias (R 40/3)
DIMENSIONES EN MILIMETROS		DIMENSIONES EN MICROMETROS	
125	125	710	850
	106		710
90,0	90,0		600
	75,0	500	500
63,0	63,0		425
	53,0	355	355
45,0	45,0		300
	37,5	250	250
31,5	31,5		212
	26,5	180	180
22,4	22,4		150
	19,0	125	125
16,0	16,0		106
	13,2	90	90
11,2	11,2		75
	9,50	63	63
8,00	8,00		53
	6,70	45	45
5,60	5,60		38
	4,75		
4,00	4,00		
	3,35		
2,80	2,80		
	2,36		
2,00	2,00		
	1,70		
1,40	1,40		
	1,18		
1,00	1,00		

\* **NOTA 1.** Las dimensiones nominales de abertura correspondientes a la serie R 20/3 de números preferidos han sido recomendadas por la ISO como dimensiones normalizadas internacionales

(Continua)

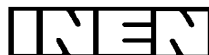


### APENDICE Y

**Y.1** En este apéndice se presentan las equivalencias aceptadas entre los tamaños nominales de las aberturas dadas en esta norma y las de la serie ASTM para las mallas de alambre.

INEN	ASTM
Abertura indicada	Designación
125 mm	5 pulg
106 mm	4,24 pulg
90 mm	3 ½ pulg
75 mm	3 pulg
63 mm	2 ½ pulg
53 mm	2,12 pulg
45 mm	1 ¾ pulg
37,5 mm	
31,5 mm	1 ¼ pulg
26,5 mm	1,06 pulg
22,4 mm	7/8 pulg
19,0 mm	¾ pulg
16,0 mm	5/8 pulg
13,2 mm	0,53 pulg
11,2 mm	7/16 pulg
9,5 mm	3/8 pulg
8,0 mm	5/16 pulg
6,7 mm	0,265 pulg
5,6 mm	No. 3 ½
4,75 mm	No. 4
4,00 mm	No. 5
3,35 mm	No. 6
2,80 mm	No. 7
2,36 mm	No. 8
2,00 mm	No. 10
1,70 mm	No. 12
1,40 mm	No. 14
1,18 mm	No. 16
1,00 mm	No. 18
850 μm	No. 20
710 μm	No. 25
600 μm	No. 30
500 μm	No. 35
425 μm	No. 40
355 μm	No. 45
300 μm	No. 50
250 μm	No. 60
212 μm	No. 70
180 μm	No. 80
150 μm	No. 100
125 μm	No. 120
106 μm	No. 140
90 μm	No. 170
75 μm	No. 200
63 μm	No. 230
53 μm	No. 270
45 μm	No. 325
38 μm	No.400

(Continúa)



# INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

**FE DE ERRATAS  
(2009-07-01)**

---

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 156:2009  
Segunda revisión**

---

---

## **CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD.**

### **Primera Edición**

HYDRAULIC CEMENT. DETERMINATION OF DENSITY.

First Edition

#### **En la página 3. Numeral 4.6.2**

Reemplazar “(ver nota 5)” por “ (ver nota 6)”

#### **En la página 3. Numeral 4.7.1**

Reemplazar “(ver nota 6)” por “ (ver nota 7)”

#### **En la página 3. Numeral 4.7.2**

Reemplazar “(ver nota 6)” por “ (ver nota 7)”

#### **En la página 3. Notas**

Reemplazar “NOTA 5” por “NOTA 6”.

Reemplazar “NOTA 6” por “NOTA 7”.

---

DESCRIPTORES: Materiales de construcción, cemento hidráulico, ensayos.  
CO 02.02-305  
CDU: 666.94 :620.1  
CIIU: 3692  
ICS: 91.100.10



# INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

---

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 156:2009**  
**Segunda revisión**

---

---

**CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD.**

**Primera Edición**

HYDRAULIC CEMENT. DETERMINATION OF DENSITY.

First Edition

---

DESCRIPTORES: Materiales de construcción, cemento hidráulico, ensayos.  
CO 02.02-305  
CDU: 666.94:620.1  
CIU: 3692  
ICS: 91.100.10

<b>Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria</b>	<b>CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD.</b>	<b>NTE INEN 156:2009 Segunda revisión 2009-06</b>
---	--	---

## 1. OBJETO

1.1 Esta norma establece el método de ensayo para determinar la densidad del cemento hidráulico, mediante el método del frasco volumétrico de Le Chatelier.

## 2. ALCANCE

2.1 Este método se relaciona con el diseño y control de mezclas de hormigón.

2.2 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 contempladas en la NTE INEN 151 y la que a continuación se detalla:

3.1.1 *Densidad del cemento hidráulico  $\rho$* . La densidad del cemento hidráulico está definida como la masa de un volumen unitario de los sólidos.

## 4. MÉTODO DE ENSAYO

4.1 **Resumen.** La determinación de la densidad de cemento hidráulico consiste en establecer la relación entre una masa de cemento y el volumen del líquido no reactivo que esta masa desplaza en el frasco de Le Chatelier.

### 4.2 Equipos

4.2.1 *Balanza*, con una precisión de 0,05 g

4.2.2 *Termómetro*, graduado con divisiones de 0,1°C

4.2.3 *Recipiente para baño de agua*, capaz de mantener una temperatura constante, con una variación máxima de 0,2°C.

4.2.4 *Frasco Le Chatelier*. Un frasco normalizado que tiene la sección transversal circular con forma y dimensiones esencialmente coincidentes con la Fig. 1, (ver nota 1). Los requerimientos de tolerancia considerados, acerca de inscripción y longitud, espaciamiento y uniformidad de graduación, deben ser rígidamente observados. La separación entre la marca de mayor graduación y el punto mas bajo del esmerilado del tapón de cristal, debe ser de por lo menos de 10 mm.

NOTA 1. El diseño tiene por objeto garantizar el drenaje completo del frasco cuando se vacíe y la estabilidad cuando está de pie sobre una superficie nivelada, así como la exactitud y la precisión de la lectura.

(Continúa)

DESCRIPTORES: Materiales de construcción, cemento hidráulico, ensayos.

**4.2.4.1** Debe ser fabricado con un cristal de excelente calidad, transparente y libre de arrugas o estrías. El cristal debe ser químicamente resistente y debe tener una pequeña histéresis térmica. Los frascos deben ser templados completamente antes de ser graduados. Deben tener un espesor suficiente para asegurar una resistencia razonable a la rotura.

**4.2.4.2** El cuello debe ser graduado desde 0 a 1 cm<sup>3</sup> y desde 18 cm<sup>3</sup> a 24 cm<sup>3</sup>, en graduaciones de 0,1 cm<sup>3</sup>. El error de cualquier capacidad indicada no deberá ser mayor que 0,05 cm<sup>3</sup>.

**4.2.4.3** Cada frasco debe llevar un número de identificación permanente y el tapón debe mantener el mismo número, a no ser que estos sean intercambiables. Las partes de cristal intercambiables deben ser marcadas en ambas secciones con un símbolo ahusado, seguido por la designación del tamaño. La temperatura normalizada debe ser indicada y la unidad de capacidad mostrada con las letras "mL" (ver nota 2) colocadas sobre la marca de graduación mas alta.

**4.2.5** Se permite el uso de equipo o métodos alternativos para determinar la densidad, a condición de que el mismo operador pueda obtener resultados dentro de  $\pm 0,03 \text{ g/cm}^3$  o  $\text{Mg/m}^3$  (ver nota 3) de los resultados obtenidos utilizando el método del frasco.

**4.3 Reactivos y materiales.** En la determinación de la densidad se debe utilizar querosén libre de agua, o nafta, que tenga una densidad mayor que  $0,73 \text{ g/cm}^3$  a  $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ .

#### **4.4 Preparación de la muestra**

**4.4.1** Realizar el ensayo para determinar la densidad del cemento en el material tal como se recibe, a menos que se especifique de otro modo. Si se requiere la determinación de la densidad en una muestra libre de pérdidas, primero se debe calcinar la muestra como se describe en la sección 16.1 de la norma ASTM C 114.

**4.4.2** Para cemento portland, pesar alrededor de 64 g con una aproximación de 0,05 g.

#### **4.5 Procedimiento**

**4.5.1** Llenar el frasco con cualquiera de los líquidos especificados en 4.3 hasta un punto en la parte baja del cuello entre las marcas 0 cm<sup>3</sup> y 1 cm<sup>3</sup>, (ver nota 4). Si es necesario, se debe secar el interior del frasco sobre el nivel del líquido después de llenarlo. Registrar la primera lectura después de sumergir el frasco en un baño de agua (ver nota 5) de acuerdo con 4.5.3.

**4.5.2** El cemento, previamente pesado se introduce en pequeños incrementos a la misma temperatura que el líquido, evitando salpicaduras (ver nota 4), observar que el cemento no se adhiera al interior del frasco sobre el líquido. Un aparato vibrador puede ser utilizado para acelerar la introducción del cemento dentro del frasco y para prevenir que el cemento se atasque en el cuello. Después de que todo el cemento ha sido introducido, colocar el tapón en el frasco, roarlo en posición inclinada (ver nota 4), o suavemente girarlo en círculos horizontales, de manera de liberar el aire hasta que ya no suban burbujas a la superficie del líquido. Si ha sido añadida una cantidad adecuada de cemento, el nivel del líquido estará en su posición final en algún punto de las graduaciones en la parte superior del cuello. Registrar la lectura final después de que el frasco ha sido sumergido en el baño de agua de acuerdo con 4.5.3.

**4.5.3** Sumergir el frasco en un baño de agua a temperatura constante por períodos de tiempo suficientes, con el fin de evitar variaciones de temperatura en el frasco mayores a  $0,2^\circ\text{C}$  entre las lecturas inicial y final.

NOTA 2. Los frascos comercializados internacionalmente llevan generalmente la marca "mL" como medida de volumen, que equivale a centímetros cúbicos en el SI.

NOTA 3. La densidad en megagramos por metro cúbico ( $\text{Mg/m}^3$ ) es numéricamente igual a gramos por centímetro cúbico ( $\text{g/cm}^3$ ).

NOTA 4. Es aconsejable utilizar un cojín de caucho sobre la superficie de la mesa al llenar o hacer rodar el frasco.

NOTA 5. Antes de añadir el cemento al frasco, se puede colocar como masa un anillo de plomo que calce holgadamente alrededor del cuello del frasco, que es útil para mantener el frasco en posición vertical en el baño de agua o se puede sostener el frasco en el baño de agua con una pinza de buretas.

(Continúa)

## 4.6 Cálculos

**4.6.1** La diferencia entre las lecturas inicial y final representa el volumen del líquido desplazado por la masa del cemento utilizado en el ensayo.

Calcular la densidad del cemento,  $\rho$ , de la siguiente manera.

$$\rho \text{ (g / cm}^3\text{)} = \text{(Mg / m}^3\text{)} = \frac{\text{masa del cemento , g}}{\text{volumen desplazado , cm}^3}$$

**4.6.2** Para la dosificación y control de mezclas de hormigón, la densidad puede ser más útil expresada como gravedad específica que es un número adimensional. Calcular la gravedad específica de la siguiente manera (ver nota 5):

$$\text{Gr. esp} = \frac{\text{densidad del cemento}}{\text{densidad del agua a 4}^\circ\text{C}}$$

## 4.7 Precisión y desviación

**4.7.1** Se ha encontrado que la desviación estándar para un solo operador para cemento portland es de 0,012; por lo tanto, el resultado de dos ensayos adecuadamente realizados por el mismo operador en el mismo material no debe diferir en más de 0,03 (ver nota 6).

**4.7.2** Se ha encontrado que la desviación estándar multilaboratorios para cemento portland es 0,037; por lo tanto el resultado de dos ensayos adecuadamente realizados por dos laboratorios diferentes en muestras del mismo cemento no deben diferir en más de 0,10, (ver nota 6).

**4.7.3** Ya que no hay material de referencia aceptado que sea adecuado para determinar alguna desviación, que pueda ser asociada con este método de ensayo, no se hace ninguna declaración sobre desviación.

## 4.8 Informe de resultados

**4.8.1** Se debe elaborar un informe que contenga por lo menos los siguientes datos:

- a) marca y tipo de cemento,
- b) fechas de fabricación, muestreo y ensayo,
- c) variación de temperatura en el frasco,
- d) nombre del laboratorista que efectuó el ensayo,
- e) densidad del cemento,  $\rho$ , en g/cm<sup>3</sup> o Mg/m<sup>3</sup>,
- f) cualquier otro detalle necesario para la completa identificación de la muestra ensayada.

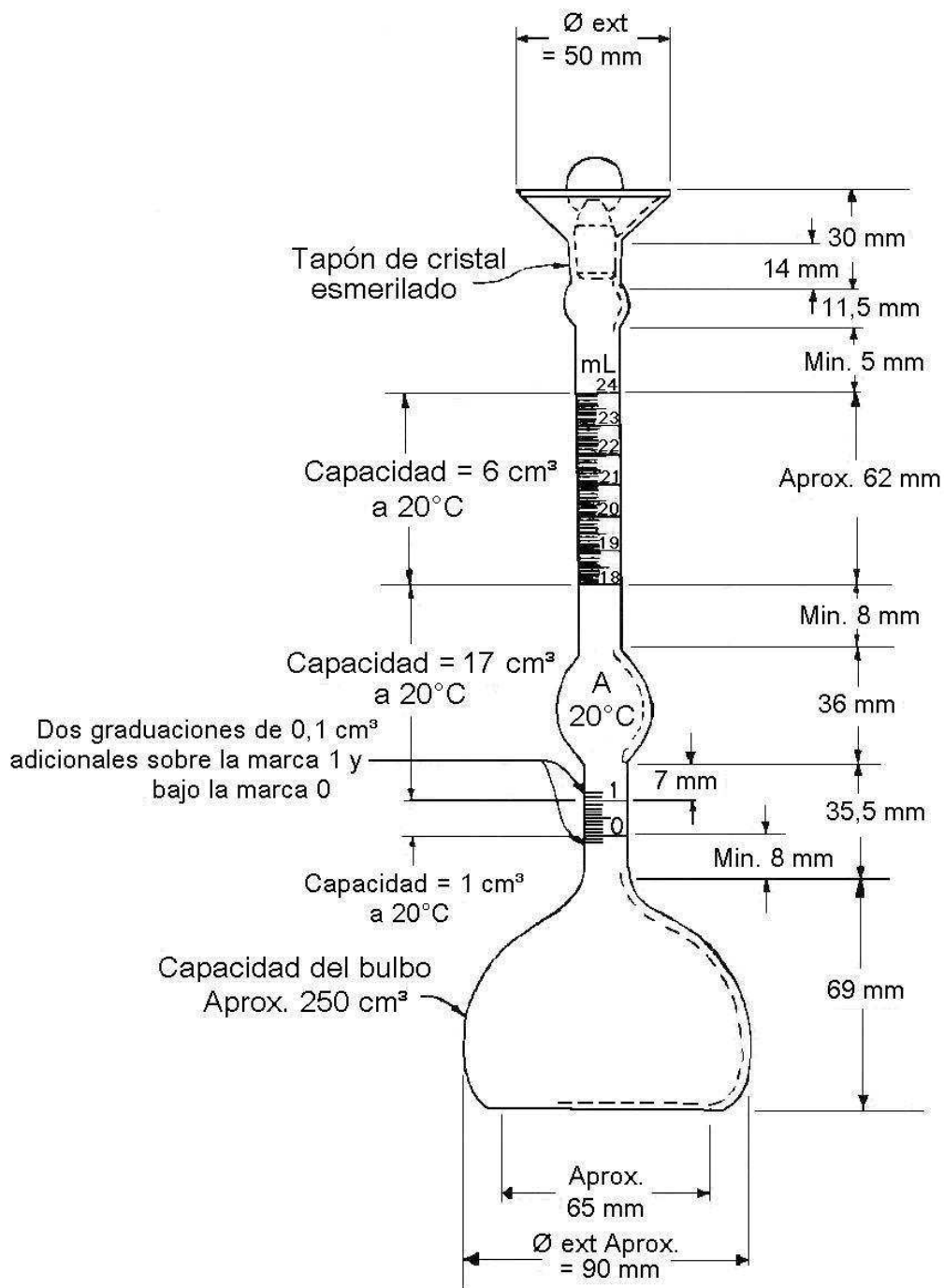
NOTA 5. La densidad del agua a 4 °C es de 1 Mg/m<sup>3</sup> (1 g/cm<sup>3</sup>).

NOTA 6. Estos números representan los límites 1s y 2s descritos en la norma ASTM C 670.

(Continúa)

## ANEXO A

FIGURA 1. Frasco de Le Chatelier para el ensayo de densidad.



## NOTAS:

- El volumen desplazado en mililitros (ml) es numéricamente igual al volumen desplazado en centímetros cúbicos ( $1 \text{ ml} = 1 \text{ cm}^3$ ).
- Deben esperarse variaciones de unos pocos milímetros en dimensiones tales como la altura total del frasco, diámetro de la base, etc., y no deben ser consideradas causa suficiente para rechazo. Las dimensiones del frasco mostrado en la Fig. 1 se aplican solo a frascos nuevos y no para frascos en uso que cumplen con los otros requerimientos de esta norma

(Continúa)

<b>Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria</b>	<b>BLOQUES HUECOS DE HORMIGON. DEFINICIONES, CLASIFICACION Y CONDICIONES GENERALES</b>	<b>INEN 638 Primera revisión 1993-09</b>
--	--	--

Insitituto 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 las definiciones, la clasificación y las condiciones generales de uso de los bloques huecos de hormigón de cemento.

### 2. ALCANCE

2.1 Esta norma comprende los bloques huecos de hormigón de cemento que se emplean en la construcción de paredes, paredes soportantes, paredes divisorias no soportantes y losas alivianadas de hormigón armado.

2.2 Esta norma no comprende los paneles o bloques de hormigón espumoso, fabricados con materiales especiales destinados a obtener una densidad muy reducida.

### 3. DEFINICIONES

3.1 **Bloque hueco de hormigón.** Es un elemento simple hecho de hormigón, en forma de paralelepípedo, con uno o más huecos transversales en su interior, de modo que el volumen del material sólido sea del 50% al 75% del volumen total del elemento.

3.2 **Medidas principales.** Se entiende por medidas principales: el largo, el ancho y el alto del bloque.

3.3 **Superficie bruta de contacto.** Es la superficie normal al eje del o de los huecos, sin descontar la superficie de estos, es decir: el producto del largo por el ancho del bloque.

3.4 **Superficie neta de contacto.** Es la superficie bruta de la cual se ha descontado la superficie de los huecos normal a su eje.

3.5 **Volumen total.** Es el volumen del bloque, calculado con sus medidas principales.

### 4. CLASIFICACION

4.1 Los bloques huecos de hormigón se clasificarán, de acuerdo a su uso, en cinco tipos, como se indica en la tabla 1.

*(Continúa)*

DESCRIPTORES: Cemento, hormigón, bloques, bloques huecos, definiciones, clasificación.



**TABLA 1. Tipos de bloques huecos de hormigón y sus usos**

<b>TIPO</b>	<b>USO</b>
A	Paredes exteriores de carga, sin revestimiento.
B	Paredes exteriores de carga, con revestimiento. Paredes interiores de carga, con o sin revestimiento.
C	Paredes divisorias exteriores, sin revestimiento.
D	Paredes divisorias exteriores, con revestimiento. Paredes divisorias interiores, con o sin revestimiento.
E	Losas alivianadas de hormigón armado.

## 5. CONDICIONES GENERALES

### 5.1 Materiales

**5.1.1** Los bloques deben elaborarse con cemento Portland o Portland especial, áridos finos y gruesos, tales como: arena, grava, piedra partida, granulados volcánicos, piedra pómez, escorias y otros materiales inorgánicos inertes adecuados.

**5.1.2** El cemento que se utilice en la elaboración de los bloques debe cumplir con los requisitos de la Norma INEN 152 y la Norma INEN 1 548.

**5.1.3** Los áridos que se utilicen en la elaboración de los bloques deben cumplir con los requisitos de la Norma INEN 872 y, además, pasar por un tamiz de abertura nominal de 10 mm

**5.1.4** El agua que se utilice en la elaboración de los bloques debe ser dulce, limpia, de preferencia potable y libre de cantidades apreciables de materiales nocivos como ácidos, álcalis, sales y materias orgánicas.

### 5.2 Dimensiones.

**5.2.1** Espesor de las paredes de los bloques. El espesor de las paredes de los bloques no debe ser menor de 25 mm, en los bloques tipo A y B, y de 20 mm, en los bloques tipo C, D y E.

**5.2.2** La dimensión real de un bloque debe ser tal que, sumada al espesor de una junta, dé una medida modular.

**5.2.3** Los bloques deben tener las dimensiones indicadas en la tabla 2.

**TABLA 2. Dimensiones de los bloques.**

DIMENSIONES NOMINALES				DIMENSIONES REALES		
TIPO	largo	ancho	alto	largo	ancho	alto
A, B	40	20,15,10	20	39	19,14,09	19
C, D	40	10,15,20	20	39	09,14,19	19
E	40	10,15,20,25	20	39	09,14,19,24	20

**5.2.4** Por convenio entre el fabricante y el comprador, podrán fabricarse bloques de dimensiones diferentes de las indicadas en la tabla 2.

**5.2.5** Los bloques de un mismo tipo deben tener dimensiones uniformes. No se permite en ellas una variación mayor de 5 mm.

## APENDICE Z

### Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

INEN 152 *Cemento Portland. Requisitos.*

INEN 872 *Áridos para hormigón. Requisitos.*

INEN 1 548 *Cemento Portland especial. Requisitos.*

### Z.2 BASES DE ESTUDIO

Proyecto de Norma Centroamericana ICAITI 41054. *Bloques huecos de hormigón para paredes o muros y tabiques.* Instituto Centroamericano de Investigación y tecnología Industrial. Guatemala, 1977.

Norma India IS: 2185-1967. *Specification for hollow cement concrete block.* Indian Standards Institution. Nueva Delhi, 1975.

Norma Sudafricana SABS 527-1972. *Standard specification for concrete building blocks.* South African Bureau of Standards. Pretoria, 1972.



# 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

CIIU: 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  $\mu\text{m}$  (No. 200). Para el tamizado del material más fino que el tamiz de 75  $\mu\text{m}$  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  $\mu\text{m}$  (No. 200) determinado por ese método de ensayo, a la masa que pasa por el tamiz de 75  $\mu\text{m}$  (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  $\mu\text{m}$  (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), % <sup>A</sup>	Rango aceptable de dos resultados (d2s), % <sup>A</sup>	
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	
<sup>A</sup> Estos números representan los límites (1s) y (d2s) respectivamente, descritos en la norma ASTM C 670. <sup>B</sup> La precisión estimada basada en áridos con un tamaño máximo nominal de 19,0 mm .				

(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)*



# 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 style="text-align: center;"><b>ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL ÁRIDO FINO</b></p>	<p style="text-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 <math>\mu</math>M (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.