



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO MECÁNICO**

TEMA:

**“ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE UN MATERIAL
COMPUESTO A PARTIR DE MATRIZ ELASTOMÉRICA DE LÁTEX
REFORZADO CON GRÁNULO DE CAUCHO RECICLADO PARA
ELABORACIÓN DE PISOS.”**

AUTOR: Franco Giovanni Palacios Pérez

TUTOR: Ing. Mg. Wilson Henry Vaca Ortega

Ambato – Ecuador

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de tutor del trabajo experimental, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema “ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE UN MATERIAL COMPUESTO A PARTIR DE MATRIZ ELASTOMÉRICA DE LÁTEX REFORZADO CON GRÁNULO DE CAUCHO RECICLADO PARA ELABORACIÓN DE PISOS”, elaborado por el señor Franco Giovanny Palacios Pérez, portador de la cédula de ciudadanía: 1720786837, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica.

Certifico:

- El presente trabajo experimental es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

.....
Ing. Mg. Wilson Henry Vaca Ortega

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO

Yo, Franco Giovanni Palacios Pérez con C.I. 1720786837, declaró que el contenido íntegro del trabajo investigativo “ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE UN MATERIAL COMPUESTO A PARTIR DE MATRIZ ELASTOMÉRICA DE LÁTEX REFORZADO CON GRÁNULO DE CAUCHO RECICLADO PARA ELABORACIÓN DE PISOS”, a excepción de las referencias bibliográficas citadas, es producto auténtico de la investigación personal y responsabilidad del autor.

Ambato, agosto del 2017

.....
Franco Giovanni Palacios Pérez

C. I.: 1720786837

Autor

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este trabajo experimental o parte él un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación según las normas de la institución

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi trabajo experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este trabajo experimental, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando ésta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, agosto del 2017

.....
Franco Giovanni Palacios Pérez

C. I.: 1720786837

Autor

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del tribunal de grado aprueban el informe del trabajo experimental realizado por el estudiante Franco Giovanni Palacios Pérez, de la carrera de Ingeniería Mecánica, bajo el tema: “ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE UN MATERIAL COMPUESTO A PARTIR DE MATRIZ ELASTOMÉRICA DE LÁTEX REFORZADO CON GRÁNULO DE CAUCHO RECICLADO PARA ELABORACIÓN DE PISOS”

Ambato, Octubre del 2017

Para constancia firman:

.....
Ing. Mg. Segundo Espín

.....
Ing. Mg. Cristian Pérez

DEDICATORIA

A mis queridos padres Franco y Rosa, que con todo su amor, esfuerzo y dedicación permitieron que culmine mis estudios universitarios, los que nunca permitieron que me rinda en el camino y siempre han estado allí para mí, la vida no me alcanzará para agradecerles todo lo que ustedes me han brindado, son mi mayor admiración y orgullo.

A mi hermano Cesar, quien me ha apoyado en todo momento que lo he necesitado a pesar de la distancia, y con quien he compartido los momentos más importantes de mi vida. A Koki quien nos regaló alegría y acompañó a mis padres en mi ausencia.

Sin su ayuda no pudiera haberlo conseguido, gracias familia.

AGRADECIMIENTO

A mis padres Franco y Rosa, que me han apoyado incondicionalmente y que siempre estuvieron prestos en brindarme su ayuda, así como su consejo, son el mejor regalo que me pudo haber dado Dios.

A la Universidad Técnica de Ambato, por haber formado mi mente en el tiempo que permanecí en sus aulas.

A mis amigos, a todos los que he conocido durante estos años de vida universitaria ya que fueron una segunda familia y me demostraron su amistad.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	II
AUTORÍA DEL TRABAJO	III
DERECHOS DE AUTOR	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	XIII
ÍNDICE DE FICHAS TÉCNICAS	XV
ÍNDICE DE GRÁFICAS	XIX
RESUMEN EJECUTIVO	XXIII
EXECUTIVE SUMMARY.....	XXIV
CAPÍTULO I.....	2
1. ANTECEDENTES.....	2
1.1 TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL.....	2
1.2 ANTECEDENTES.....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN	4
1.4 OBJETIVOS	5
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	5
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5

CAPÍTULO II	6
2. FUNDAMENTACIÓN	6
2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	6
2.1.1 MATERIALES COMPUESTOS	6
2.1.2 MATERIALES COMPUESTOS Y SU COMPOSICIÓN	7
2.1.3 CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES COMPUESTOS.....	8
2.1.3.1 SEGÚN EL ORIGEN QUE TENGA LA MATRIZ DEL MATERIAL COMPUESTO	8
2.1.3.2 SEGÚN EL TIPO DE FORMA QUE POSEA EL REFUERZO.....	9
2.1.4 MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ ELASTOMÉRICA	11
2.1.5 LÁTEX SINTÉTICO	12
2.1.6 MATERIAL COMPUESTO REFORZADO CON PARTÍCULAS.....	14
2.1.7 GRÁNULO DE CAUCHO RECICLADO	17
2.1.8 REGLA DE LAS MEZCLAS PARA MATERIALES COMPUESTOS CON REFUERZO PARTICULADO.....	18
2.1.9 CARACTERIZACIÓN MECÁNICA POR MEDIO DE ENSAYOS DESTRUCTIVOS.....	19
2.1.9.1 ENSAYO A TRACCIÓN	19
2.1.9.2 ENSAYO A COMPRESIÓN.....	20
2.1.9.3 ENSAYO DE DUREZA	21
2.1.9.4 ENSAYO DE INFLAMABILIDAD.....	22
2.2 HIPÓTESIS.....	23

2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS	23
2.3.1 VARIABLE INDEPENDIENTE	23
2.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE	23
2.3.3 TÉRMINO DE RELACIÓN	23
CAPÍTULO III	24
3. METODOLOGÍA	24
3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	24
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	24
3.2.1 POBLACIÓN.....	24
3.2.2 MUESTRA.....	25
3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	26
3.3.1 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE INDEPENDIENTE	26
3.3.2 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE DEPENDIENTE	27
3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	28
3.5 PLAN PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.....	28
3.5.1 FACTIBILIDAD DE REALIZAR LOS ENSAYOS.....	30
3.5.2 ADQUISICIÓN DEL MATERIAL	32
3.5.3 ELABORACIÓN DE MOLDES	34
3.5.3.1 MATERIAL A UTILIZAR.....	35
3.5.3.2 SELECCIÓN DEL TIPO DE MOLDE.....	35

3.5.3.2.1 SELECCIÓN DEL TIPO DE MOLDE PARA PROBETAS DE ENSAYO A TRACCIÓN	36
3.5.3.2.2 SELECCIÓN DEL TIPO DE MOLDE PARA PROBETAS DE ENSAYO A COMPRESIÓN	36
3.5.3.2.3 SELECCIÓN DEL TIPO DE MOLDE PARA PROBETAS DE ENSAYO DE DUREZA	36
3.5.3.2.4 SELECCIÓN DEL TIPO DE MOLDE PARA PROBETAS DE ENSAYO DE INFLAMABILIDAD.....	37
3.5.3.3 DISEÑO DE LOS MOLDES Y TROQUEL	37
3.5.3.3.1 DISEÑO DE MOLDE Y TROQUEL PARA ENSAYO A TRACCIÓN...	37
3.5.3.3.2 DISEÑO DE MOLDE PARA ENSAYO A COMPRESIÓN.....	39
3.5.3.3.3 DISEÑO DE MOLDE PARA ENSAYO DE DUREZA	40
3.5.3.3.4 DISEÑO DE MOLDE PARA ENSAYO DE INFLAMABILIDAD.....	42
3.5.3.4 MANUFACTURA DE LOS MOLDES	43
3.5.4 DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DEL LÁTEX SINTÉTICO Y DEL GRÁNULO DE CAUCHO RECICLADO	44
3.5.4.1 CÁLCULO DE LA DENSIDAD DEL LÁTEX SINTÉTICO	45
3.5.4.2 CÁLCULO DE LA DENSIDAD DEL GRÁNULO DE CAUCHO	47
3.5.5 COMPOSICIÓN VOLUMÉTRICA DEL LÁTEX SINTÉTICO Y GRÁNULO DE CAUCHO RECICLADO	49
3.5.5.1 COMPOSICIÓN VOLUMÉTRICA PRELIMINAR DE MATRIZ Y REFUERZO	50
3.5.5.2 CÁLCULO DE MASA Y VOLUMEN DE LAS COMPOSICIONES VOLUMÉTRICAS	56

3.5.5.2.1 CÁLCULO DEL VOLUMEN UTILIZADO POR LA MATRIZ Y EL REFUERZO PARA CADA COMPOSICIÓN VOLUMÉTRICA	57
3.5.5.2.1 CÁLCULO DE LA MASA A UTILIZADA POR LA MATRIZ Y EL REFUERZO PARA CADA CONFIGURACIÓN VOLUMÉTRICA.....	62
3.5.6 ELABORACIÓN DE LAS PROBETAS.....	75
3.5.7 EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS DEL MATERIAL COMPUESTO	80
3.5.7.1 ENSAYO A TRACCIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO.....	80
3.5.7.2 ENSAYO A COMPRESIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO	82
3.5.7.3 ENSAYO DE DUREZA DEL MATERIAL COMPUESTO	85
3.5.7.3 ENSAYO DE INFLAMABILIDAD DE LA MEJOR CONFIGURACIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO	87
CAPÍTULO IV.....	90
4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	90
4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS	90
4.1.1 RECOLECCIÓN DE DATOS DE RESULTADOS DE ENSAYO A TRACCIÓN	91
4.1.2 RECOLECCIÓN DE DATOS DE RESULTADOS DE ENSAYOS A COMPRESIÓN.....	103
4.1.3 RECOLECCIÓN DE DATOS DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE DUREZA	115
4.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	127
4.2.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS POR ENSAYOS.....	127
4.2.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN CADA TIPO DE GRANULOMETRÍA DE CAUCHO RECICLADO.....	130

4.2.3 ANÁLISIS GENERAL DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS	133
4.2.4 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	135
4.3 ENSAYO DE INFLAMABILIDAD.....	137
4.4 POSIBLE APLICACIÓN INDUSTRIAL	139
4.5 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS	140
CAPÍTULO V	148
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	148
5.1 CONCLUSIONES	148
5.2 RECOMENDACIONES	149
BIBLIOGRAFÍA	151
ANEXOS	155

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Configuraciones del material compuesto.....	25
Tabla 2. Muestras consideradas para el estudio	25
Tabla 3. Operacionalización de variable independiente	26
Tabla 4. Operacionalización de variable dependiente.....	27
Tabla 5. Información de laboratorio donde es factible realizar ensayo a tracción.....	31
Tabla 6. Información de empresa donde es factible realizar ensayo a compresión ...	31
Tabla 7. Información de laboratorio donde es factible realizar ensayo de inflamabilidad	32

Tabla 8. Información general de factibilidad de ensayos.....	32
Tabla 9. Información de los proveedores de la materia prima.....	34
Tabla 10. Beneficios de utilizar aluminio como material	35
Tabla 11. Beneficios de utilizar moldes de aluminio	35
Tabla 12. Dimensiones del troquel de la probetas tipo halterío, tipo 1.....	38
Tabla 13. Dimensiones generales de los moldes para el proceso de mecanizado.....	44
Tabla 14. Datos del promedio del pesaje de la probeta de látex	46
Tabla 15. Datos del promedio del volumen de la probeta de látex	46
Tabla 16. Pesaje del gránulo de caucho reciclado.....	47
Tabla 17. Datos de promedios de los volúmenes de los tipos de gránulo de caucho	48
Tabla 18. Densidad calculada de los tres tipos de gránulos de caucho.....	49
Tabla 19. Características de los tipos de gránulos de caucho	51
Tabla 20. Mezcla preliminar de 70% gránulo y 30% látex.....	53
Tabla 21. Mezcla preliminar de 60% gránulo y 40% látex.....	54
Tabla 22. Mezcla preliminar de 55% gránulo y 45% látex.....	55
Tabla 23. Composiciones porcentuales de matriz-refuerzo que se utilizarán en el estudio	55
Tabla 24. Datos generales de configuración y número de probetas y láminas elaboradas para el estudio	56
Tabla 25. Volumen calculado de gránulo y látex.....	62
Tabla 26. Datos generales de masa y volumen requerido para elaborar probetas de tracción, compresión, dureza e inflamabilidad	74

Tabla 27. Detalle de ensayo de dureza a tapete de buses y comparación de resultados	139
Tabla 28. Detalle de las configuraciones del material – ensayo a tracción.....	142
Tabla 29. Detalle de los esfuerzos de los dos materiales - ensayo a tracción	142
Tabla 30. Detalle de las configuraciones del material - ensayo a compresión	143
Tabla 31. Detalle de compresión residual de los dos materiales – ensayo a compresión	144
Tabla 32. Detalle de las configuraciones del material – ensayo de dureza.....	145
Tabla 33. Detalle de dureza de los dos materiales – ensayo de dureza.....	145
Tabla 34. Detalle de la verificación de la hipótesis en relación a los ensayos.....	147

ÍNDICE DE FICHAS TÉCNICAS

Ficha Técnica 1. Resultados de ensayo a tracción de la configuración A1: 45%Látex - 55%Gránulo.....	91
Ficha Técnica 2. Resultados de ensayo a tracción de la configuración A2: 50%Látex - 50%Gránulo.....	92
Ficha Técnica 3. Resultados de ensayo a tracción de la configuración A3: 60%Látex - 40%Gránulo.....	93
Ficha Técnica 4. Resultados de ensayo a tracción de la configuración A4: 70%Látex - 30%Gránulo.....	94
Ficha Técnica 5. Resultados de ensayo a tracción de la configuración B1: 45%Látex - 55%Gránulo.....	95
Ficha Técnica 6. Resultados de ensayo a tracción de la configuración B2: 50%Látex - 50%Gránulo.....	96

Ficha Técnica 7.	Resultados de ensayo a tracción de la configuración B3: 60%Látex - 40%Gránulo.....	97
Ficha Técnica 8.	Resultados de ensayo a tracción de la configuración B4: 70%Látex - 30%Gránulo.....	98
Ficha Técnica 9.	Resultados de ensayo a tracción de la configuración C1: 45%Látex - 55%Gránulo.....	99
Ficha Técnica 10.	Resultados de ensayo a tracción de la configuración C2: 50%Látex - 50%Gránulo.....	100
Ficha Técnica 11.	Resultados de ensayo a tracción de la configuración C3: 60%Látex - 40%Gránulo.....	101
Ficha Técnica 12.	Resultados de ensayo a tracción de la configuración C4: 70%Látex - 30%Gránulo.....	102
Ficha Técnica 13.	Resultados de ensayo a compresión de la configuración A1:45%Látex-55%Gránulo	103
Ficha Técnica 14.	Resultados de ensayo a compresión de la configuración A2:50%Látex-50%Gránulo	104
Ficha Técnica 15.	Resultados de ensayo a compresión de la configuración A3:60%Látex-40%Gránulo	105
Ficha Técnica 16.	Resultados de ensayo a compresión de la configuración A4:70%Látex-30%Gránulo	106
Ficha Técnica 17.	Resultados de ensayo a compresión de la configuración B1: 45%Látex-55%Gránulo.....	107
Ficha Técnica 18.	Resultados de ensayo a compresión de la configuración B2: 50%Látex-50%Gránulo.....	108
Ficha Técnica 19.	Resultados de ensayo a compresión de la configuración B3: 60%Látex-40%Gránulo.....	109

Ficha Técnica 20.	Resultados de ensayo a compresión de la configuración B4: 70%Látex-30%Gránulo.....	110
Ficha Técnica 21.	Resultados de ensayo a compresión de la configuración C1: 45%Látex-55%Gránulo.....	111
Ficha Técnica 22.	Resultados de ensayo a compresión de la configuración C2: 50%Látex-50%Gránulo.....	112
Ficha Técnica 23.	Resultados de ensayo a compresión de la configuración C3: 60%Látex-40%Gránulo.....	113
Ficha Técnica 24.	Resultados de ensayo a compresión de la configuración C4: 70%Látex-30%Gránulo.....	114
Ficha Técnica 25.	Resultados de ensayo de dureza de la configuración A1: 45%Látex - 55%Gránulo.....	115
Ficha Técnica 26.	Resultados de ensayo de dureza de la configuración A2: 50%Látex - 50%Gránulo.....	116
Ficha Técnica 27.	Resultados de ensayo de dureza de la configuración A3: 60%Látex - 40%Gránulo.....	117
Ficha Técnica 28.	Resultados de ensayo de dureza de la configuración A4: 70%Látex - 30%Gránulo.....	118
Ficha Técnica 29.	Resultados de ensayo de dureza de la configuración B1: 45%Látex - 55%Gránulo.....	119
Ficha Técnica 30.	Resultados de ensayo de dureza de la configuración B2: 50%Látex - 50%Gránulo.....	120
Ficha Técnica 31.	Resultados de ensayo de dureza de la configuración B3: 60%Látex - 40%Gránulo.....	121
Ficha Técnica 32.	Resultados de ensayo de dureza de la configuración B4: 70%Látex - 30%Gránulo.....	122

Ficha Técnica 33.	Resultados de ensayo de dureza de la configuración C1: 45%Látex - 55%Gránulo.....	123
Ficha Técnica 34.	Resultados de ensayo de dureza de la configuración C2: 50%Látex - 50%Gránulo.....	124
Ficha Técnica 35.	Resultados de ensayo de dureza de la configuración C3: 60%Látex - 40%Gránulo.....	125
Ficha Técnica 36.	Resultados de ensayo de dureza de la configuración C4: 70%Látex - 30%Gránulo.....	126
Ficha Técnica 37.	Resultados de esfuerzos del ensayo a tracción de cada configuración.....	127
Ficha Técnica 38.	Resultados de compresión residual del ensayo a compresión de cada configuración	128
Ficha Técnica 39.	Resultados de dureza shore del ensayo de dureza de cada configuración	129
Ficha Técnica 40.	Resultados de los ensayos del gránulo del caucho Tipo A: 0-0,841mm o Tamiz #20	130
Ficha Técnica 41.	Resultados de los ensayos del gránulo Tipo B: 0,841-2mm o Tamiz #20-#10	131
Ficha Técnica 42.	Resultados de los ensayos del gránulo de caucho Tipo C: 2-2,5mm o Tamiz #10-#8	132
Ficha Técnica 43.	Resultados de todos los ensayos en las diferentes configuraciones	133
Ficha Técnica 44.	Resultados de los ensayos generados en una gráfica comparativa.....	134
Ficha Técnica 45.	Ponderación de resultados de los ensayos a tracción, compresión y dureza	135

Ficha Técnica 46. Resultados de ensayo de inflamabilidad mejor configuración de material compuesto A3: 60%Látex - 40%Gránulo	138
---	-----

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Fig. 1. Refuerzo particulado.....	9
Fig. 2. Refuerzo en forma de fibras.....	10
Fig. 3. Resistencia a la tensión en relación a la orientación de la fibra	10
Fig. 4. Refuerzo estructural laminar.....	11
Fig. 5. Refuerzo tipo sánduche.....	11
Fig. 6. Encadenamiento transversal suelto.....	12
Fig. 7. Neumático-Producto látex	13
Fig. 8. Látex sintético.....	13
Fig. 9. Partículas distribuidas en la matriz	14
Fig. 10. Partículas consolidadas por dispersión	15
Fig. 11. Partículas grandes	16
Fig. 12. Molienda del caucho.....	17
Fig. 13. Gránulo de caucho reciclado.....	18
Fig. 14. Máquina universal para ensayo de tracción.....	20
Fig. 15. Aparato de compresión	21
Fig. 16. Durómetro.....	21
Fig. 17. Equipos para ensayos de inflamabilidad.....	22

Fig. 18. Diagrama del proceso a seguir para realizar la investigación.....	30
Fig. 19. Látex sintético adquirido	33
Fig. 20. Gránulo de caucho adquirido en 3 tamaños diferentes	33
Fig. 21. Diagrama de lineamientos para elaboración de los moldes	34
Fig. 22. Área de moldeo - tracción.....	37
Fig. 23. Perspectiva isométrica de molde - tracción	38
Fig. 24. Dimensionamiento del troquel.....	39
Fig. 25. Área de moldeo - compresión.....	39
Fig. 26. Perspectiva isométrica molde - compresión	40
Fig. 27. Área de moldeo - dureza.....	41
Fig. 28. Perspectiva isométrica molde - dureza	41
Fig. 29. Área de moldeo - inflamabilidad	42
Fig. 30. Perspectiva isométrica molde - inflamabilidad.....	43
Fig. 31. Torno CNC	43
Fig. 32. Mecanizado en torno CNC	43
Fig. 33. Moldes para ensayos de tracción, compresión, dureza e inflamabilidad.....	44
Fig. 34 Diagrama de proceso para determinar la densidad del látex y gránulo de caucho	45
Fig. 35. Diagrama de proceso para seleccionar las composiciones volumétricas a analizar del material compuesto.....	50
Fig. 36. Gránulo de caucho tipo B y molde para ensayo a tracción.....	51
Fig. 37. Diagrama de lineamientos a seguir para la elaboración de las probetas.....	76

Fig. 38. Pesaje de látex y gránulo de caucho	76
Fig. 39. Mezcla de látex y gránulo de caucho.....	77
Fig. 40. Aplicación del material compuesto en los moldes	77
Fig. 41. Vulcanización del material compuesto	78
Fig. 42. Control de calidad de probetas y láminas	78
Fig. 43. Probetas para ensayos de compresión y dureza	78
Fig. 44. Corte de probetas para ensayos de tracción con troquel.....	79
Fig. 45. Corte de probetas para ensayos de inflamabilidad.....	79
Fig. 46. Máquina de ensayos universales.....	80
Fig. 47. Probeta en proceso de ensayo a tracción	81
Fig. 48. Dispositivo de compresión.....	83
Fig. 49. Reloj comparador micrométrico	83
Fig. 50. Ajuste de los tornillos del aparato de compresión	84
Fig. 51. Medición de las probetas de compresión luego del ensayo	84
Fig. 52. Medidor de dureza (Durómetro).....	85
Fig. 53. Dispositivo mecánico que controla profundidad y fuerza	86
Fig. 54, Mechero Bunsen	87
Fig. 55. Marcado de probetas para ensayo de inflamabilidad.....	88
Fig. 56. Mechero acercándose a la muestra	88
Fig. 57. Medición de velocidad de quemado	89
Fig. 58. Distribución T-Student	141

Fig. 60. Campana de distribución para verificación de hipótesis de ensayo a compresión	144
Fig. 61. Campana de distribución para verificación de hipótesis de ensayo de dureza	146

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE UN MATERIAL COMPUESTO A PARTIR DE MATRIZ ELASTOMÉRICA DE LÁTEX REFORZADO CON GRÁNULO DE CAUCHO RECICLADO PARA ELABORACIÓN DE PISOS.

Autor: Franco Giovanni Palacios Pérez

Tutor: Ing. Mg. Wilson Henry Vaca Ortega

RESUMEN EJECUTIVO

Este trabajo de investigación se trata sobre analizar las características mecánicas de diferentes configuraciones de un material compuesto de matriz elastomérica de látex reforzado con gránulo de caucho reciclado, con el propósito de obtener un material con características mecánicas óptimas para elaborar pisos. Para realizarlo generamos diferentes configuraciones de material compuesto, variando el tamaño del refuerzo y la composición volumétrica de matriz y refuerzo.

Elaboramos las probetas normalizadas, mezclando el material según las configuraciones y colocándolo en moldes de aluminio que sirven para el proceso de vulcanización de las probetas. Realizamos los ensayos requeridos para la caracterización mecánica, estos son: tracción (NTE INEN 1165), compresión (NTE INEN 889) y dureza (NTE INEN 887). Los resultados obtenidos por los ensayos, son tabulados, promediados, graficados y comparados. Con los análisis correspondientes se determinó que el material con características mecánicas óptimas para elaboración de pisos es el Tipo A3, que posee un tamaño de gránulo de 0-0,841mm o Tamiz #20 y composición volumétrica 60% matriz (látex) y 40% refuerzo (gránulo de caucho reciclado). A este material se le realizará un ensayo de inflamabilidad (ASTM D635 - 14) para conocer sus características frente al fuego.

TECHNICAL UNIVERSITY OF AMBATO

FACULTY OF CIVIL AND MECHANICAL ENGINEERING

CARRER OF MECHANICAL ENGINEERING

ANALYSIS OF THE MECHANIC CHARACTERISTICS OF A COMPOSITE MATERIAL PARTING FROM THE ELASTOMERIC MATRIX OF LATEX REINFORCED WITH GRANULE OF RECYCLED RUBBER FOR THE ELABORATION OF FLOORS

Author: Franco Giovanni Palacios Pérez

Tutor: Ing. Mg. Wilson Henry Vaca Ortega

EXECUTIVE SUMMARY

This investigation work is about analyzing the mechanic characteristics of different configurations of a compound material of elastomeric matrix of reinforced latex with granule of recycled rubber, with the purpose of obtaining a material with optimum mechanic characteristics to elaborate floors. It was generated different configurations of compound material, varying the size of the reinforcement and the volumetric composition of matrix and reinforcement.

It was elaborated the standard samples, mixing the material according to the configurations and placing it in aluminum molds which help up to the vulcanization process of the samples. It was conducted the required tests for the mechanic characterization, which are: traction (NTE INEN 1165), compression (NTE INEN 889) and hardness (NTE INEN 887). The results because of the tests are tabulated, averaged, charted and compared. With the corresponding analysis it was determined that the material with the optimum mechanic characteristics for the elaboration of floors is the A3 type which owns a granule size of 0-0,841mm o Tamiz #20 and a volumetric composition of 60% matrix (latex) and 40% reinforcement (recycled granule of rubber). To this material will carry out a test of flammability (ASTM D635 -14) to know its characteristics in case of fire.

CAPÍTULO I

1. ANTECEDENTES

1.1 TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

“ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE UN MATERIAL COMPUESTO A PARTIR DE MATRIZ ELASTOMÉRICA DE LÁTEX REFORZADO CON GRÁNULO DE CAUCHO RECICLADO PARA ELABORACIÓN DE PISOS.”

1.2 ANTECEDENTES

Para realizar este proyecto de investigación, se analizó investigaciones previas, las cuales se desarrollaron en países del extranjero así como en el Ecuador, todas estas en relación a materiales compuestos elastoméricos de matriz a base de caucho o látex.

En el 2012, se realizó la investigación de “Formulación y caracterización de materiales compuestos integrados por una matriz de caucho estireno-butadieno (SBR) reforzada con nanoarcilla”, en la Universidad de La Coruña, en el departamento de Física, por Rosa María Bellas García, donde se busca mejorar las propiedades mecánicas y térmicas del material.

Incorporando nanoarcilla a la matriz de caucho estireno-butadieno (SBR), este material, tuvo una mejora en su comportamiento mecánico, cumplió con su objetivo de disminuir la deformación a la rotura y de proporcionar estabilidad térmica [1].

En el 2014, en la Universidad de Chile, en la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, se realizó la investigación “Preparación y estudio de propiedades en nanocompuestos de caucho natural con refuerzo híbrido de montmorillonita y nanotubos de carbono de pared múltiple”, por Carla Andrea Castillo Durán, donde

mejoran las características del material agregándole refuerzos, las propiedades mejoradas del material, dependen directamente del nivel de dispersión del refuerzo, interacción entre matriz y refuerzo, tipo de refuerzo y proceso para preparar el material compuesto.

El nuevo material aumento un 46% su resistencia a la tracción y un 540% su módulo de tensión con respecto al 100% del caucho natural, además aumento su estabilidad térmica y su rigidez [2].

En cuanto a investigación dentro del país, en el 2011, se realizó una en la Escuela Politécnica Nacional, en la Facultad de Ingeniería Química y Agroindustrias, la investigación “Obtención de un material compuesto de matriz elastomérica y fibra de coco”, fue realizada por Sylvia Jeanneth Gallegos Idrobo.

Requerían elaborar un material de bajo costo, combinando látex y fibra de coco, el cual brinde características especiales, para esto analizaron el comportamiento mecánico de los materiales independientemente y posteriormente del material compuesto, realizando diferentes tipos de conformado y composiciones porcentuales de matriz y refuerzo. Luego de los ensayos, los resultados demostraron que el material compuesto entrega mejores características mecánicas cuando la fibra de coco corresponde al 80% y se le da un proceso de mercerizado además de un lavado a la fibra con NaOH al 20% por 5 minutos. Los ensayos también demostraron que el material compuesto es más resistente que la matriz de látex y la fibra de coco independientemente [3].

En el 2011, en la Escuela Politécnica del Ejército, en la Facultad de Ingeniería Civil, se realizó la investigación “Análisis de los elementos elastómeros utilizados en aisladores y neoprenos”, por Edwin Hernán Correa Manosalvas, donde se realiza la caracterización mecánica de los elastómeros usados en aisladores y neoprenos, realizando ensayos de tracción, dureza, elongación, compresión y corte utilizando normativa INEN y ASTM. Los resultados obtenidos en los ensayos les permitieron saber el posible comportamiento de los elastómeros en un sismo [4].

En el 2013, en la Universidad Central del Ecuador, en la Facultad de Ingeniería Química, se realizó la investigación “Fabricación de láminas impermeables a partir de

caucho reciclado utilizando espuma de poliuretano”, por Diana Carolina Santamaría Garzón, donde se crea un material compuesto de matriz de poliuretano y refuerzo de caucho reciclado, al cual se le realiza diferentes ensayos para analizar sus características mecánicas, se reacciona gránulos de caucho a diferentes proporciones y tamaños, con poliol e isocianato, con una agitación de 900 rpm por 5 minutos, para luego ir a un proceso de prensado de 15 a 30 minutos para obtener una lámina impermeable de 6 mm al cual se le realiza los ensayos.

Los resultados de los ensayos indicaron que la mejor composición y proceso es el siguiente, 70% y 75% de caucho con una granulometría de 0,275 – 0,360 mm y 70% de caucho con una granulometría de 0,360 – 0,7225 mm, a un tiempo de prensado de 30 minutos [5].

1.3 JUSTIFICACIÓN

Actualmente la creación de materiales compuestos es fundamental para el desarrollo de la industria, debido a que estos mejoran las propiedades de los materiales que los constituyen, logrando utilizarse en sectores industriales específicos, por nombrar algunos están, la industria aeroespacial, construcción, automotriz, química, medicina, deporte, etc. La tecnología está directamente relacionada con la creación de estos nuevos materiales, debido a que permite predecir qué tipo de comportamiento va a tener el nuevo material a nivel micro y macro, al momento de su aplicación en la industria.

Generar materiales compuestos consiste en combinar más de dos materiales, a estos se los denomina matriz y refuerzo. En esta investigación se ha seleccionado como matriz al látex natural, el cual es un material elastómero que se obtiene de la savia de algunos árboles y como refuerzo se va a usar gránulo de caucho reciclado, este obtenido luego de un proceso mecánico.

Utilizar gránulos de caucho reciclado como refuerzo en este material compuesto colabora con el cuidado del medio ambiente, debido a que actualmente en el mundo existen problemas de contaminación ocasionada por los desechos de caucho, estos desechos son innumerables debido a que en todas las actividades se utiliza elementos fabricados con caucho, los cuales no pueden ser reciclados. En el caso de productos de

caucho como las llantas de vehículos, son un foco infeccioso de insectos en zonas tropicales y generan un problema ambiental. La opción de triturarlos y utilizarlos en pisos es una forma de palear esta problemática, dándole un nuevo uso, reutilizando el material, colaborando con el reciclaje y el medio ambiente.

Esta investigación está justificada por el beneficio que conlleva generar un nuevo material compuesto que colabore con el desarrollo de la industria en el país y que sea amigable con el medio ambiente, además de que los análisis planteados para el nuevo material son realizables en el país bajo normas nacionales e internacionales.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar las propiedades mecánicas de un material compuesto a partir de matriz elastomérica de látex reforzado con gránulo de caucho reciclado para elaboración de pisos.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las características mecánicas mediante ensayos de tracción, compresión, dureza e inflamabilidad del material compuesto, utilizando normativa INEN y ASTM.
- Analizar el comportamiento del material compuesto mediante ensayos a diferentes composiciones porcentuales de matriz elastomérica y refuerzo.
- Establecer el material compuesto que presente mejores características mecánicas para la elaboración de pisos.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTACIÓN

2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1.1 MATERIALES COMPUESTOS

Los materiales compuestos son la mezcla de dos o más materiales con características independientes, que se pueden fusionar químicamente como también no químicamente. Al combinarse los materiales, el nuevo material obtenido poseerá propiedades superiores en comparación a los que le constituyen [6].

En general los materiales compuestos están constituidos por la matriz que es el material que constituye mayor volumen, y que posee características de dureza y resistencia menor y el refuerzo que suele estar adherido a la matriz, posee características de dureza, resistencia y elasticidad mayor. La combinación de estas propiedades genera un material con características superiores y que se puede utilizar en aplicaciones puntuales.

Los materiales compuestos han existido en la naturaleza desde el origen de los tiempos, el ser humano no se puede atribuir su invención. Podemos nombrar varios tipos de ejemplos de materiales compuestos existentes en la naturaleza, así como materiales que han sido utilizados como matriz y refuerzo en la antigüedad.

Materiales compuestos existentes en la naturaleza, se puede nombrar la madera a la cual la constituyen como matriz las resinas naturales y el refuerzo la fibra de celulosa, otro ejemplo son los huesos al cual lo constituyen como matriz el cemento cálcico y como refuerzo la fibra de colágeno. Antiguamente se utilizó materiales compuestos en la construcción de viviendas el claro ejemplo es el adobe al cual le constituye como matriz el barro y refuerzo la paja.

La aparición de los materiales compuestos tuvo su auge en los años 70, donde se crearon nuevos materiales, debido a la necesidad de satisfacer propiedades que un solo material no podría cumplir, los cuales en la actualidad son los de mayor producción y fabricación [7].

2.1.2 MATERIALES COMPUESTOS Y SU COMPOSICIÓN

Los materiales compuestos, se encuentran conformados por matriz y refuerzo, estos son los que le dan las características propias al material compuesto.

Matriz en los materiales compuestos

La matriz en los materiales compuestos, es el material que envuelve el refuerzo en su totalidad, el que cumple con la función de mantener conformado el refuerzo, permitiendo que este permanezca fijo y estable de la forma adecuada requerida, protege el refuerzo de forma que este no cambie su estructura o forma, evita que sufra desgaste también algún tipo de degradación ocasionada por el ambiente. La matriz distribuye las cargas o esfuerzos sufridos por el material al refuerzo de manera homogénea.

La forma en la que el material compuesto se va a comportar, depende generalmente de la matriz utilizada, la matriz controla las características químicas, térmicas, eléctricas y mecánicas del material. También la forma de comportarse del material va a tener relación directa con la configuración volumétrica que tenga la matriz en el material compuesto [8].

Refuerzo en los materiales compuestos

El refuerzo en los materiales compuestos, cumple con la función de otorgar mejores características a los materiales, así como también brindar características específicas, que un material jamás podría tener estando solo.

A los refuerzos los podemos clasificar de la siguiente forma, refuerzo particulados y fibras. Para los refuerzos particulados podemos considerar en general, que mientras sus dimensiones sean menores, el material presentara mejores condiciones, siempre que estas estén distribuidas de forma homogénea. En cuanto a las fibras consideramos

en general, que cuando la razón entre la longitud y el diámetro de la fibra sea mayor, el material será de mejor calidad [9].

El refuerzo en el material compuesto, es quien va a soportar los esfuerzos generados hacia el material, según para lo que fue elaborado.

2.1.3 CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES COMPUESTOS

Si buscamos una forma de ordenar o generar un tipo de clasificación, podríamos organizarlos según la matriz que posea o también por la forma que el refuerzo tenga, esto se indica más adelante.

2.1.3.1 SEGÚN EL ORIGEN QUE TENGA LA MATRIZ DEL MATERIAL COMPUESTO:

- Matriz de origen polimérico como componente del material compuesto:

Son los que se utilizan mayormente en la industria, teniendo como matriz algún tipo de polímero y como refuerzo se puede utilizar tanto fibras como partículas existentes en el mercado, estas pueden ser tanto sintéticas como naturales.

Las matrices de origen polimérico pueden clasificarse de la siguiente manera: termoplástica, termoestable y elastomérica.

Los materiales a base de matrices termoplásticas, tienen la capacidad de que al estar en estado sólido y recibir energía calorífica, esto en relación al punto de fusión del polímero, cambia a estado líquido. Existe la facilidad de cambiar el estado del material entre sólido y líquido, y viceversa, permitiendo de esta manera reciclarlo.

Los materiales a base de matrices termoestables, se los obtiene generalmente por un proceso químico. Este proceso de obtención de los materiales polimérico termoestables, hacen muy complicado que puedan ser reutilizados. Estos al ser sometidos a energía calorífica, pierden sus propiedades y se degradan.

Los materiales a base de matrices elastoméricas, se estiran de manera considerable estando sometidos a cargas relativamente bajas, el ejemplo más conocido de este

material es el látex natural, que mediante un proceso químico y vulcanizado se convierte en caucho [10].

- Matriz de origen metálico como componente del material compuesto:

Este tipo de material se utiliza para la industria automotriz, el objetivo es que sea resistente pero liviano, un ejemplo de material que se puede utilizar como matriz es el aluminio y como refuerzo puede ser algún tipo de fibra metálica.

El proceso de obtener este tipo de materiales conlleva altos costos, esto debido a lo complejo de obtener el material, así como conformarlo [11].

- Matriz de origen cerámico como componente del material compuesto:

Este tipo de material fue generado por la necesidad de tener materiales que soporten altas temperaturas, poseen matriz de material cerámico y pueden ser reforzadas con algún tipo de fibra o partículas.

En general el material más utilizado para reforzar este tipo de matriz, es el propio cerámico, por ser el que otorga mejores propiedades mecánicas al fusionar la matriz y el refuerzo [12].

2.1.3.2 SEGÚN EL TIPO DE FORMA QUE POSEA EL REFUERZO:

- Refuerzo del material compuesto en forma de partículas

Este tipo de material se obtiene al añadir partículas de refuerzo a la matriz, las partículas pueden ser de tamaño grande o pequeño, añadiéndole este tipo de refuerzo a un material, se puede aumentar la resistencia del mismo. A este tipo de refuerzo se lo puede diferenciar en dos tipos, refuerzo con partículas grandes y refuerzo con partículas por dispersión.

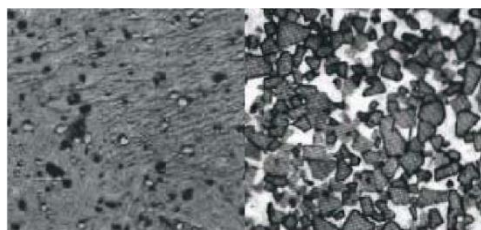


Fig. 1. Refuerzo particulado [13].

- Refuerzo del material compuesto en forma de fibras

El reforzar un material con algún tipo de fibra, fue de los primeros tipos de material compuesto en la antigüedad, el caso más notorio es en las construcciones de barro y paja. Usando este tipo de refuerzo por lo general se mejora la resistencia y la rigidez del material, las fibras pueden ser cortas, largas, continuas, cada una le da características propias al material.

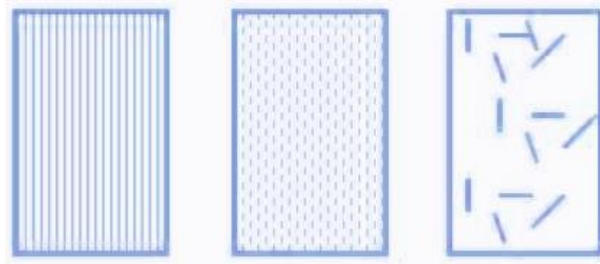


Fig. 2. Refuerzo en forma de fibras [14].

Además que las fibras se pueden orientar según nuestra necesidad, pero en términos generales si la fibra es paralela a la carga, la resistencia a la tracción será superior que a cualquier otro ángulo de orientación, si la carga es perpendicular a la orientación de la fibra la resistencia a la tracción es sustancialmente inferior.

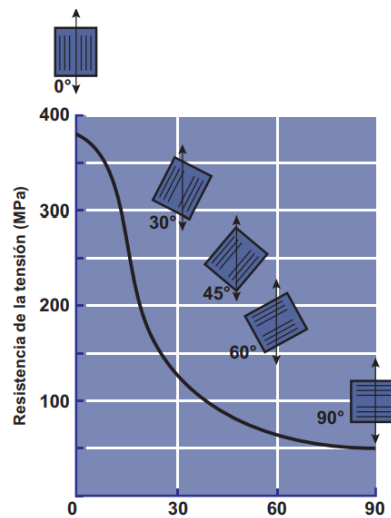


Fig. 3. Resistencia a la tensión en relación a la orientación de la fibra [13].

- Refuerzo del material compuesto de elementos estructurales

En estos materiales intervienen dos factores que son las características del tipo de material que los constituye y la geometría de estos en el conformado del material

compuesto. Según el requerimiento necesitado se puede generar dos tipos de refuerzos de elementos estructurales, laminares y de tipo sánduche.

Los elementos estructurales laminares, este tipo de refuerzo tiene más de dos láminas y cada una de estas está en una orientación determinada, esto según la necesidad requerida. Este tipo de configuración le brinda alta resistencia.

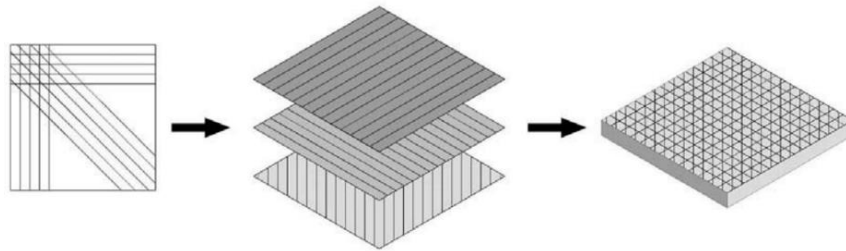


Fig. 4. Refuerzo estructural laminar [14].

Los elementos estructurales tipo sánduche, se caracterizan por conformarse por dos capas que cubren algún tipo de material de relleno el cual debe ser de baja densidad, estos materiales al compactarse aumentan considerablemente sus propiedades de rigidez y resistencia, en comparación de los elementos constituyentes.

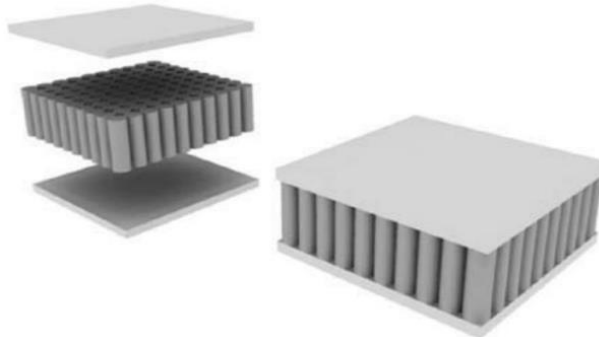


Fig. 5. Refuerzo tipo sánduche [15].

2.1.4 MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ ELASTOMÉRICA

La matriz elastomérica, se caracteriza por ser un material flexible y con un nivel de elongación muy elevado, este polímero tiene la capacidad de estirarse un promedio de 10 veces su tamaño inicial, para después de un tiempo estimado recuperar su tamaño inicial, sin ningún cambio.

A la estructura molecular de los materiales elastoméricos, se denomina encadenamiento transversal suelto, cuya formación se indica a continuación.

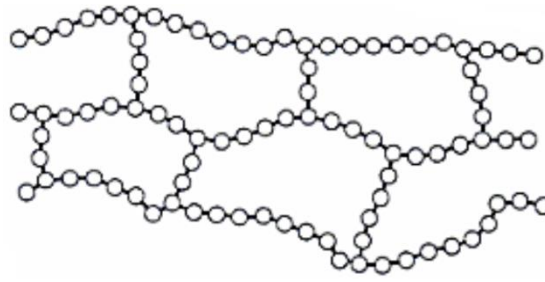


Fig. 6. Encadenamiento transversal suelto [16].

Gracias a esta estructura molecular, les permite a los materiales elastoméricos tener la capacidad de generar grandes elongaciones, sin tener un módulo de Young (elasticidad) alto al momento que se rompe el material, ni cuando cruza el límite de fluencia, esto debido a que los esfuerzos utilizados para deformar este tipo de materiales es pequeño en general.

2.1.5 LÁTEX SINTÉTICO

El látex sintético o caucho sintético, es un polímero del tipo elastomérico, el cual se utiliza para reemplazar el caucho natural, esto debido a las características mecánicas similares que comparten entre ellos.

Este tipo de caucho se lo obtiene a base de derivados de petróleo, mediante un proceso químico, debido a la variabilidad de sus componentes y procesos, existen en el mercado una cantidad de látex sintéticos de alrededor de 200 clases diferentes.

Este tipo de elastómero sintético se creó por la gran demanda que existía del caucho natural en los años 30 y por la necesidad de buscar un material que los reemplace y que cubra la demanda a un costo menor. La segunda guerra mundial fue la responsable de que la fabricación de caucho sintético despegue, además del crecimiento del parque automotor en todo el mundo [17].

La elaboración de todas las variedades de este elastómero sintético, conlleva un proceso químico de polimerización con sus variantes para cada diferente tipo de caucho sintético, cuando el proceso químico finaliza, tenemos como resultado un producto de látex, el cual debe ser vulcanizado para obtener finalmente caucho sintético.

El Instituto Internacional de Productores de Caucho Sintético (IISRP), es el organismo que a nivel mundial, controla la fabricación y la estandarización de los materiales elaborados a base de látex sintético.

En la actualidad el caucho sintético ha llegado a reemplazar casi en la totalidad al natural, esto debido al menor costo y fácil obtención. Se lo utiliza mayormente en la industria automotriz, pero no hay que dejar de lado a la industria médica, alimentaria, textil, química, construcción, etc.



Fig. 7. Neumático-Producto látex [18].

Existiendo toda una gama de cauchos sintéticos, en el mercado los más utilizados son los siguientes tipos:

Estireno – Butadieno (SBR), Polibutadieno (BR), Isopreno, Etilino – Propileno (EPM – EPDM), Isobutileno – Isopreno (IIR), Nitrilo (NBR), Cloropreno (CR), Fluorados (CFM – FKM), Silicona (Q), Termoplásticos.

Látex de plastisol de Cloruro de Polivinilo (Látex termoplástico)



Fig. 8. Látex sintético
Fuente: Colorplast

El Cloruro de Polivinilo (PVC) flexible, es un polímero elastomérico que se produce por un proceso de polimerización del cloroetano. El cloroetano se descubrió en el camino del proceso de sintetizar el caucho sintético, este polímero se obtiene a partir del acetileno, etileno y cloro.

El látex de Cloruro de Polivinilo, es del tipo termoplástico, se obtiene en un proceso de mezcla, al combinar la resina con un plastificante llamado plastisol, en muchos casos la cantidad de resina y plastificante es un secreto de las empresas fabricantes de látex, esta cantidad se realiza según el uso que se quiera dar al látex [19].

2.1.6 MATERIAL COMPUESTO REFORZADO CON PARTÍCULAS

Reforzar algún tipo de material compuesto con partículas mejora las características mecánicas del mismo. Los cambios que generen la fusión de matriz – refuerzo, en el caso de refuerzo particulado, dependen de la cohesión adecuada entre estos y la dispersión de las partículas en la matriz, las partículas deben estar dispersas en toda la mezcla para que sea correcta. En general las partículas poseen mayor dureza y resistencia que la matriz, esto genera una mejora en las propiedades mecánicas.

Para que el refuerzo sea eficiente, se considera que mientras menor sea el tamaño de las partículas, el material compuesto va a brindar mejores propiedades mecánicas, siempre que las partículas se distribuyan homogéneamente en la matriz.

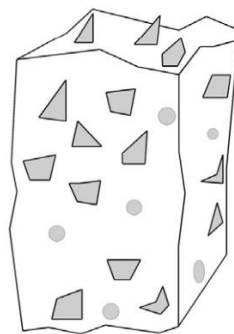


Fig. 9. Partículas distribuidas en la matriz [20].

Los resultados de la caracterización mecánica para materiales compuestos reforzados con partículas por lo general son, el aumento de la dureza y mejor resistencia a la compresión, disminuyen la reducción del material después del moldeo. Así mismo si

las partículas a añadir son suaves, permite que estas mejoren su resistencia a la rotura como también que lubriqué mejor sus elementos, según la aplicación.

La función que cumple el refuerzo de partículas es de distribuir la carga o esfuerzo para cada partícula, disminuyendo sustancialmente lo que debe resistir la matriz, el material compuesto obtenido por esta mezcla se utiliza para aplicaciones puntuales, casos específicos, no se usa comúnmente para mejorar características mecánicas de un material en especial.

Las partículas en general poseen dimensiones relativamente iguales, y de forma esférica, una forma de clasificar los refuerzos particulados, es según sus dimensiones: refuerzo de partículas grandes y de partículas dispersas [21].

Partículas obtenidas por dispersión como refuerzo de material compuesto

Se clasifica al refuerzo particulado, como consolidado por dispersión, por poseer las características siguientes de diámetro, 10 a 250 nm. Es preferible que el refuerzo no se disuelva en el material, esto para que cuando el material sufra algún tipo de esfuerzo, las partículas eviten la propagación de algún tipo de ruptura. En este caso el esfuerzo o carga aplicada al material, lo soporta mayormente la matriz. Este tipo de combinación de matriz - refuerzo particulado, no debe presentar algún tipo de reacción química, ni antes ni después de la fusión.

Este tipo de refuerzo no permite que el material genere movimientos internos, es decir aumenta la dureza del material compuesto, una de las características de estos materiales es que al aumentar la temperatura a la que se encuentre sometido, la resistencia va a sufrir una disminución.

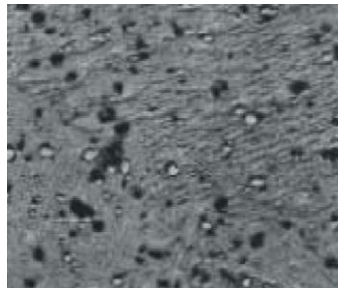


Fig. 10. Partículas consolidadas por dispersión [22].

El beneficio de utilizar este tipo de partículas es que no es necesario agregar una gran cantidad de refuerzo, en el caso de nano-partículas tan solo se utiliza un volumen del 1 al 5% de refuerzo, para mejorar considerablemente las características mecánicas del material compuesto, a diferencia de lo que ocurre con los diferentes tipos de refuerzo, donde se debe utilizar del 20 al 40% de refuerzo, para mejorar las características del material compuesto. Esta diferencia en volumen, incide en los costos de fabricación de cualquier producto.

La relación que se genera entre la matriz y el refuerzo del material compuesto, para este tipo de partículas se lo analiza un nivel micro molecular [23].

Partículas grandes como refuerzo de material compuesto



Fig. 11. Partículas grandes [22].

A este tipo de refuerzo se lo analiza a nivel macro, a diferencia del anterior, esto debido al tamaño de partículas que posee. En esta fusión matriz – refuerzo se tiene claro que la conformación del material no va a tener una adhesión excelente, por el tamaño que posee las partículas, pero se debe tratar de buscar una adhesión adecuada entre la matriz y el refuerzo.

Las partículas de refuerzo, evitan que exista movimiento interno en el material compuesto, esto debido a que la matriz que está en contacto con el refuerzo, limita su movimiento, no permite que este se transfiera fácilmente en el material. Si al material se le aplicase algún tipo de esfuerzo o carga, esta se distribuirá de forma homogénea en las partículas, ayudando a la matriz a soportar carga o esfuerzo.

Lo más común es que la forma de las partículas sea diferente, pero las dimensiones de estas desde su centro son aproximadamente las mismas. Deben estar distribuidas homogéneamente en la matriz, para que el conformado del material compuesto sea uniforme.

Mientras el material compuesto tenga el refuerzo de partículas mejor distribuido en él, así también que la fusión matriz - refuerzo sea adecuada, las características mecánicas del material compuesto serán mejores. La fusión matriz – refuerzo va a mejorar en relación al tamaño de la partícula, a menor tamaño, mejor fusión entre matriz y refuerzo.

Uno de los materiales compuestos más conocidos, reforzados con partículas grandes son las llantas vulcanizadas, a las cuales se les agrega negro de humo, en un 15% al 30%, según el requerimiento, esto para mejorar las características mecánicas del caucho vulcanizado. Este tipo de combinación le da al material particularidades especiales [23].

2.1.7 GRÁNULO DE CAUCHO RECICLADO

El gránulo de caucho reciclado, es un material particulado que se obtiene por el proceso de molienda y tamizado de los neumáticos que terminan su vida útil.

La materia prima es obtenida por medio del reciclaje de neumáticos, estos neumáticos reciclados pasan por un proceso de trituración o molienda, en el cual se introducen las llantas en unos molinos para luego obtener partículas de estas, este proceso se repite hasta obtener un tamaño requerido. Para dividir los gránulos en diferentes tamaños, se realiza un proceso de tamizado, los tamices son los encargados en separar, el número de tamiz nos indica el tamaño de grano que vamos a obtener.



Fig. 12. Molienda del caucho [24].

La densidad del caucho puede variar según la bibliografía de donde consultemos, así como el fabricante, pero un valor general que podemos decir es de $0,3 - 0,5 \frac{gr}{cm^3}$. El

valor de la densidad de los gránulos de caucho es diferente entre cada tamaño, esto porque existe espacios entre partículas y este varía en cada tamaño de gránulo.



Fig. 13. Gránulo de caucho reciclado
Fuente: Grin

El caucho de los neumáticos, por lo general es una combinación de caucho natural, caucho sintético y negro de humo, en composiciones diferentes. Por lo que el caucho granulado es el reciclaje de esta combinación de materiales. Su densidad real va a tener cierta variabilidad en cada lote de producción [25].

2.1.8 REGLA DE LAS MEZCLAS PARA MATERIALES COMPUESTOS CON REFUERZO PARTICULADO

La regla de las mezclas para materiales compuestos, nos permite anticipar ciertas características mecánicas del material compuesto, esto en función de las proporciones de volumen relativo de matriz y refuerzo que componen el material.

Se señalara a continuación las ecuaciones que nos permiten evaluar las características mecánicas del material compuesto, en relación al porcentaje de volumen de matriz y refuerzo. Utilizando este método también podremos conocer el módulo de elasticidad que poseerá el material al ser conformado.

Cálculo del módulo de elasticidad máximo y mínimo del material compuesto:

$$\text{Máximo:} \quad E_c = E_m \times V_m + E_p \times V_p \quad \text{Ec. (1)}$$

$$\text{Mínimo:} \quad E_c = \frac{E_m \times E_p}{V_m E_p - V_p E_m} \quad \text{Ec. (2)}$$

Donde:

E = módulo de elasticidad

V = fracción volumétrica

Índices: c, m, p , respectivamente = compuesto, matriz y partículas

Cálculo de la densidad del material compuesto:

$$\rho_c = \sum f_i \times \rho_i \quad \text{Ec. (3)}$$

$$\rho_c = f_m \times \rho_m + f_p \times \rho_p \quad \text{Ec. (4)}$$

Donde:

ρ = densidad

Índices: c, i, m, p , respectivamente = compuesto, constituyentes, matriz, partículas

2.1.9 CARACTERIZACIÓN MECÁNICA POR MEDIO DE ENSAYOS DESTRUCTIVOS

2.1.9.1 ENSAYO A TRACCIÓN

Este ensayo es muy utilizado en el estudio de las características mecánicas para saber la resistencia a la tracción de materiales compuestos. Para el caso de materiales compuestos elastoméricos de látex, la normativa que debe regir los lineamientos para la realización del ensayo es la NTE INEN 1165.

Para realizar este ensayo, se deben elaborar las probetas según los requerimientos de la norma, a estas se las colocan en las mordazas de una máquina universal de ensayos a tracción, y se las estira a una velocidad constante, hasta provocar la rotura de las mismas, todos los datos obtenidos en el ensayo se registran para su análisis.

Los resultados que obtenemos mediante este ensayo, dependen en gran medida de la norma utilizada. Para el caso de la norma antes mencionada, las características mecánicas que podemos determinar son las siguientes: resistencia a la tracción en la fuerza máxima, en la rotura, en el punto de fluencia, el porcentaje de elongación en la

fuerza máxima, en la rotura, en el punto de fluencia. La máquina utilizada debe tener la capacidad de poder medir en el ensayo lo siguiente: fuerza máxima, fuerza en la rotura, fuerza en el punto de fluencia, y la elongación en la fuerza máxima, en la rotura, en el punto de fluencia.

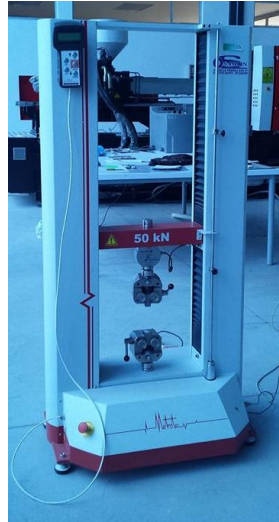


Fig. 14. Máquina universal para ensayo de tracción [26].

Con todos los datos obtenidos de este ensayo se debe realizar un informe según indique la norma.

2.1.9.2 ENSAYO A COMPRESIÓN

Este ensayo es muy utilizado en el estudio de las características mecánicas para saber la compresión residual de materiales compuestos. Para el caso de materiales compuestos elastoméricos de látex, la normativa que debe regir los lineamientos para la realización del ensayo es la NTE INEN 889.

Para realizar este ensayo, se deben elaborar las probetas según los requerimientos de la norma, medimos el espesor de las probetas antes de realizar el ensayo, a estas las colocamos en un aparato de compresión normalizado, y le aplicamos una carga constante de compresión durante un tiempo específico, medimos el espesor de las probetas nuevamente, todos los datos obtenidos en el ensayo se registran para su análisis.

Los resultados que obtenemos mediante este ensayo, dependen en gran medida de la norma utilizada. Para el caso de la norma antes mencionada, la característica mecánica que podemos determinar es la compresión residual constante [27].



Fig. 15. Aparato de compresión
Fuente: Colorplast

Con todos los datos obtenidos de este ensayo se debe realizar un informe según indique la norma.

2.1.9.3 ENSAYO DE DUREZA

Este ensayo es muy utilizado en el estudio de las características mecánicas, para saber la dureza de materiales compuestos. Para el caso de materiales compuestos elastoméricos de látex, la normativa que debe regir los lineamientos para la realización del ensayo es la NTE INEN 887.

Para realizar este ensayo, se deben elaborar las probetas según los requerimientos de la norma, colocamos la probeta en la mesa del equipo que mide incremento de profundidad y lo calibramos, ubicamos el durómetro sobre la probeta y aplicamos la fuerza, el resultado se lee en el dispositivo. Todos los datos obtenidos en el ensayo se registran para su análisis.



Fig. 16. Durómetro
Fuente: Colorplast

Los resultados que obtenemos mediante este ensayo, dependen en gran medida de la norma utilizada. Para el caso de la norma antes mencionada, la característica mecánica que podemos determinar es la dureza Shore A, D o IRHD [28].

Con todos los datos obtenidos de este ensayo se debe realizar un informe según indique la norma.

2.1.9.4 ENSAYO DE INFLAMABILIDAD

Este ensayo es muy utilizado para realizar el estudio de las propiedades de inflamabilidad de los materiales poliméricos. Para el caso de materiales compuestos elastoméricos de látex, la normativa que debe regir los lineamientos para la realización del ensayo es la ASTM D635 - 14.

Para realizar este ensayo, se deben elaborar las probetas según los requerimientos de la norma, colocamos la probeta en un soporte y luego ubicamos el mechero adecuadamente y realizamos un precalentamiento hasta que alcance un equilibrio, aplicamos la llama a la probeta. Todos los datos obtenidos en el ensayo se registran para su análisis.



Fig. 17. Equipos para ensayos de inflamabilidad
Fuente: LEMAT

Los resultados que obtenemos mediante este ensayo, dependen en gran medida de la norma utilizada. Para el caso de la norma antes mencionada, la característica que podemos determinar es la velocidad de quemado [29].

Con todos los datos obtenidos de este ensayo se debe realizar un informe según indique la norma.

2.2 HIPÓTESIS

El análisis de las configuraciones del material compuesto de matriz elastomérica de látex reforzado con gránulo de caucho reciclado permitirá determinar las características mecánicas óptimas para elaborar pisos.

2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

2.3.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

Material compuesto a partir de matriz elastomérica de látex reforzado con gránulo de caucho reciclado.

2.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Características mecánicas

2.3.3 TÉRMINO DE RELACIÓN

Permitirá

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente estudio investigativo fue EXPLORATORIO ya que el material compuesto a analizar es completamente nuevo y no posee estudios anteriores, los datos que se obtuvo precederán investigaciones futuras, además de CORRELACIONAL ya que se comparó resultados de las configuraciones del material, para luego seleccionar el adecuado, también fue DESCRIPTIVO porque se detalló todo lo realizado en el estudio desde la constitución del material compuesto, la configuración entre la matriz y el refuerzo, resultados obtenidos, etc. fue EXPLICATIVO ya que con los datos derivados de los ensayos se pudo determinar la configuración de material compuesto adecuado para el requerimiento.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 POBLACIÓN

La población que se consideró para el estudio, fueron todas las probetas que se elaboró del material compuesto de látex y gránulo de caucho reciclado, en sus diferentes configuraciones: tamaño del gránulo de caucho y variación en la composición porcentual de matriz – refuerzo, bajo normativa INEN y ASTM.

Las configuraciones de las probetas que se evaluaron en este estudio, se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1. Configuraciones del material compuesto

Tamaño de gránulo	Composición volumétrica		Tipo de Configuración	Número de Configuración
TIPO A 0 - 0,841 mm Tamiz #20	1	55% Granulo 45% Látex	A1	1
	2	50% Granulo 50% Látex	A2	2
	3	40% Granulo 60% Látex	A3	3
	4	30% Granulo 70% Látex	A4	4
TIPO B 0,841 - 2 mm Tamiz #20 - # 10	1	55% Granulo 45% Látex	B1	5
	2	50% Granulo 50% Látex	B2	6
	3	40% Granulo 60% Látex	B3	7
	4	30% Granulo 70% Látex	B4	8
TIPO C 2 - 2,5 mm Tamiz #10 - # 8	1	55% Granulo 45% Látex	C1	9
	2	50% Granulo 50% Látex	C2	10
	3	40% Granulo 60% Látex	C3	11
	4	30% Granulo 70% Látex	C4	12

Fuente: El autor

3.2.2 MUESTRA

Las muestras consideradas para nuestro estudio fueron: 5 probetas por cada una de las 12 configuraciones del material, esto para los ensayos de: Tracción (INEN NTE 1165), Compresión (NTE INEN 889) y Dureza (NTE INEN 887), es decir 60 por cada ensayo, un total de 180 muestras. Para el caso de Inflamabilidad (ASTM D635 – 14), se utilizaron 10 probetas de la mejor configuración seleccionada. Un total de 190 muestras para todo el estudio. El detalle se indica en la Tabla 2.

Tabla 2. Muestras consideradas para el estudio

Número de Configuración	Tipo de Configuración	Probetas para Ensayos			Inflamabilidad
		Tracción	Compresión	Dureza	
1	A1	5	5	5	10 De la mejor configuración
2	A2	5	5	5	
3	A3	5	5	5	
4	A4	5	5	5	
5	B1	5	5	5	
6	B2	5	5	5	
7	B3	5	5	5	
8	B4	5	5	5	
9	C1	5	5	5	
10	C2	5	5	5	
11	C3	5	5	5	
12	C4	5	5	5	
Total Parcial		60	60	60	10
Total Final		190			

Fuente: El autor

3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.3.1 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE INDEPENDIENTE

Variable Independiente: Material compuesto a partir de matriz elastomérica de látex reforzado con gránulo de caucho reciclado

Tabla 3. Operacionalización de variable independiente

Conceptualización	Categoría	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentación
Un material compuesto es la combinación, fusión o mezcla de dos o más materiales de propiedades diferentes, que forman otro con mejores características que los que lo conformaron inicialmente	Material Compuesto	Tamaño del gránulo de caucho reciclado	0 - 0,841mm Tamiz # 20	-Normativa INEN y ASTM -Bibliografía -Observación -Fichas
			0,841 - 2mm Tamiz #20 - #10	
			2 - 2,5 mm Tamiz #10 - # 8	
		Composición porcentual volumétrica del refuerzo y la matriz	55% Gránulo 45% Látex	
			50% Gránulo 50% Látex	
			60% Gránulo 40% Látex	
			70% Gránulo 30% Látex	

Fuente: El autor

3.3.2 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE DEPENDIENTE

Variable Dependiente: Características mecánicas

Tabla 4. Operacionalización de variable dependiente

Conceptualización	Categoría	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentación
Las características mecánicas son las propiedades que poseen los materiales y se muestran al momento de estar sometidos a una fuerza externa, es decir la capacidad a soportar estas, son medibles mediante ensayos normalizados	Tracción	Resistencia a la tracción máxima	¿Cuál será la resistencia a la tracción máxima?	<ul style="list-style-type: none"> - Normativa INEN y ASTM - Bibliografía - Observación - Ensayos - Fichas de recolección de información
		Resistencia a la tracción en la rotura	¿Cuál será la resistencia a la tracción en la rotura?	
		Porcentaje de elongación en la fuerza máxima	¿Cuál será el porcentaje de elongación en la fuerza máxima?	
		Porcentaje de elongación en la rotura	¿Cuál será el porcentaje de elongación en la rotura?	
	Compresión	Compresión Residual	¿Cuál será la compresión residual?	
	Dureza	Dureza Shore	¿Cuál será la dureza shore?	
	Inflamabilidad	Velocidad de Quemado	¿Cuál será la velocidad de quemado?	

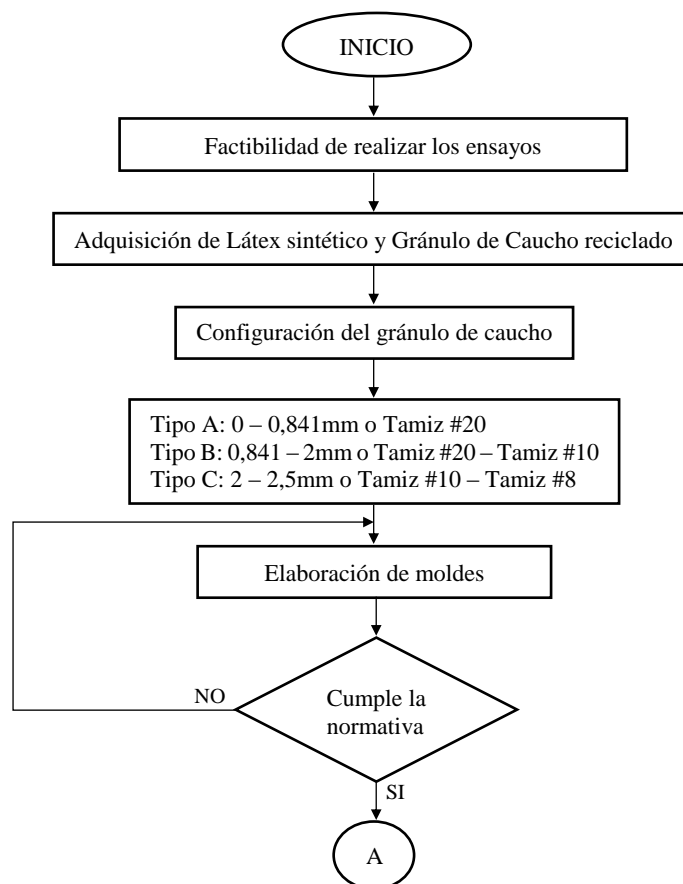
Fuente: El autor

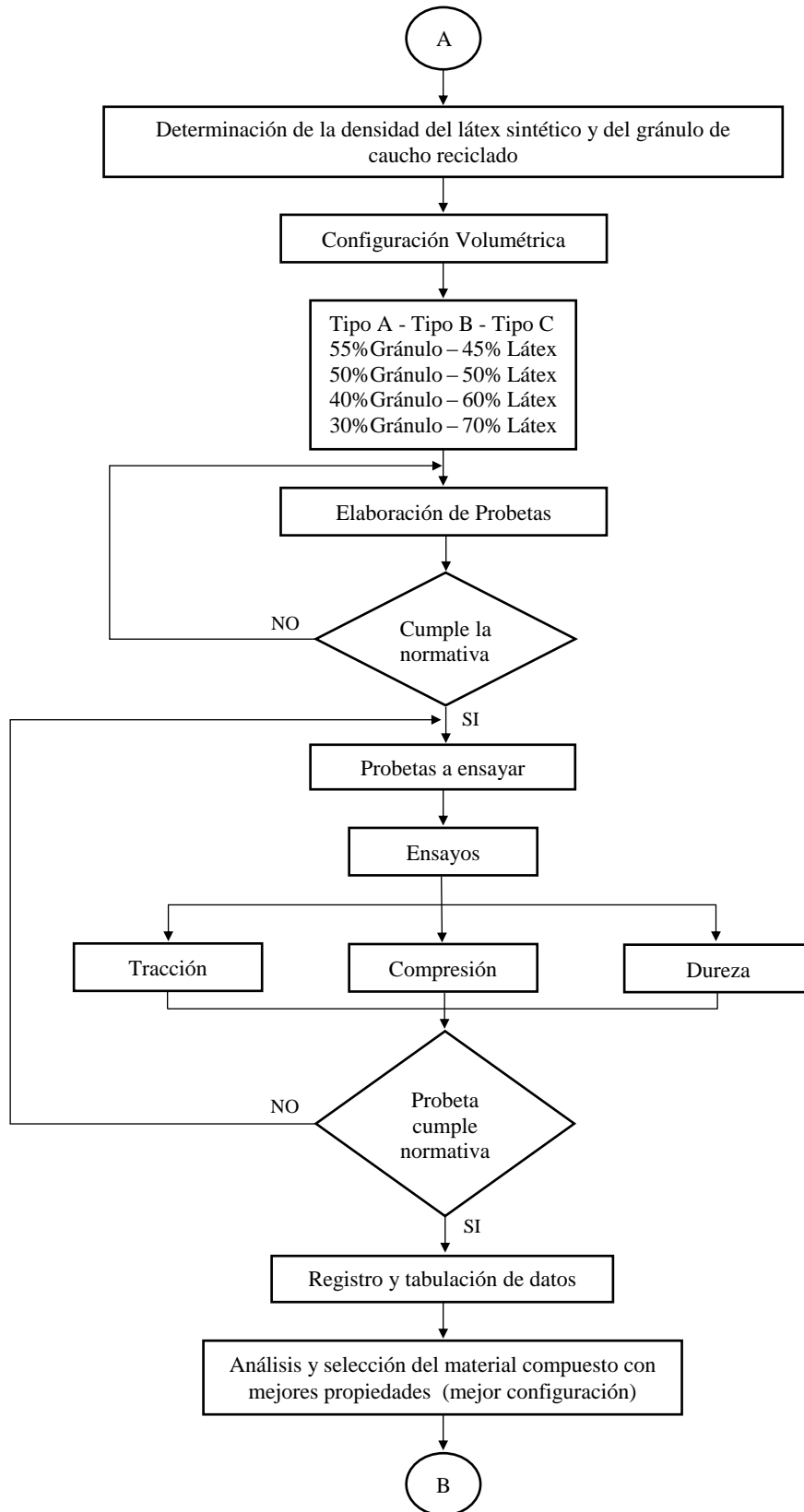
3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Se realizó un previo estudio de documentos técnicos y diferentes bibliografías de investigaciones sobre materiales compuestos, de las cuales se obtuvo los lineamientos iniciales para ejecutar el estudio. También se revisó las normativas para realizar ensayos de tracción, compresión, dureza e inflamabilidad. Con el conocimiento de estos documentos se ejecutó el estudio requerido, con el fin de obtener un material compuesto que presente propiedades mecánicas adecuadas para elaborar pisos.

3.5 PLAN PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

Se desarrolló una serie de lineamientos, los cuales se ejecutaron para llevar a cabo la investigación de forma satisfactoria, estos se los indica a continuación en un diagrama de flujo:





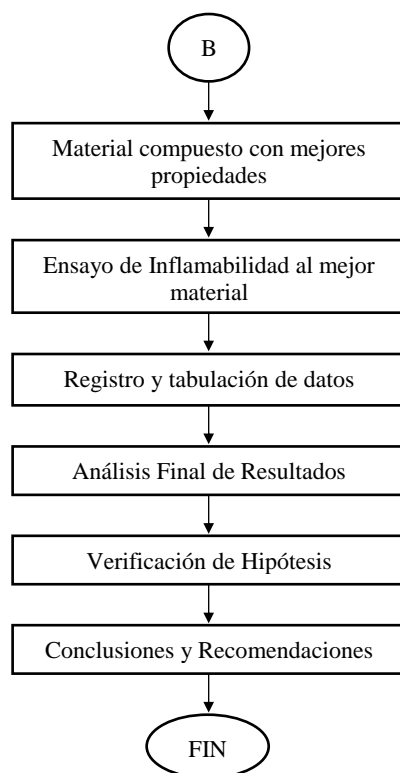


Fig. 18. Diagrama del proceso a seguir para realizar la investigación
Fuente: El autor

3.5.1 FACTIBILIDAD DE REALIZAR LOS ENSAYOS

Para realizar el estudio del material compuesto se debe generar cuatro tipos de ensayos, por lo que se propuso inicialmente utilizar la siguiente normativa:

- Ensayo de Tracción, Norma NTE INEN 1165
- Ensayo de Compresión, Norma NTE INEN 889
- Ensayo de Dureza, Norma NTE INEN 887
- Ensayo de Inflamabilidad, UNE-EN ISO 8030

Se tuvo que comprobar si estas normativas, está dentro del alcance de realización de los laboratorios del país, por lo que se procedió a investigar donde se pueden realizar los ensayos.

En el caso del ensayo a tracción, el Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero, analizó la propuesta y concluyó en que el ensayo especificado en la norma

estaba dentro del alcance del laboratorio por lo que procedieron a aceptar la realización del estudio.

Tabla 5. Información de laboratorio donde es factible realizar ensayo a tracción

Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero	Datos de Contacto
	<p>Ciudad: Ambato</p> <p>Dirección: Calle Toronto y Río de Janeiro- Sector Catiglata- La Península</p> <p>E-mail: centro.carrocero@tungurahua.gob.ec</p> <p>Teléfono: (03)373-0350 - ext.1</p>

Fuente: El autor

En el caso del ensayo a compresión, no se encontró un centro de investigación donde realizar el estudio, pero si una empresa dedicada a trabajar con caucho sintético llamada “Color Plast”, la cual analizó la propuesta y concluyó en que el ensayo especificado en la norma estaba dentro del alcance de los equipos que poseen, por lo que procedieron a aceptar la realización del estudio.

Tabla 6. Información de empresa donde es factible realizar ensayo a compresión

Color Plast	Datos de Contacto
	<p>Ciudad: Ambato</p> <p>Dirección: Calle Izquieta Pérez entre Dr. Julián Coronel y José Vicente Navarrete – sector Cashapamba</p> <p>E-mail: garciapablofer@hotmail.com</p> <p>Teléfono: 0981310028</p>

Fuente: El autor

En el caso del ensayo de dureza, se le propuso a la empresa anteriormente nombrada “Color Plast”, la cual analizó la propuesta y concluyó en que el ensayo especificado en la norma estaba dentro del alcance de los equipos que poseen, por lo que procedieron a aceptar la realización del estudio.

En el caso del ensayo de inflamabilidad, el Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (LEMAT), analizaron la propuesta y concluyeron en que la normativa estaba fuera del alcance porque no cuentan con un instrumento adecuado para medir temperaturas que sobrepasan los 1000 °C, por lo tanto ofrecieron realizar el ensayo bajo su método interno basado en

la norma técnica ASTM D 635-14, la cual es un método general para realizar ensayos de inflamabilidad en polímeros. Se analizó la propuesta emitida por LEMAT y se procedió a aceptarla.

Tabla 7. Información de laboratorio donde es factible realizar ensayo de inflamabilidad

LEMAT	Datos de Contacto
	<p>Ciudad: Guayaquil</p> <p>Dirección: ESPOL, Km 30,5 Vía Perimetral, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales</p> <p>E-mail: lemat@espol.edu.ec</p> <p>Teléfono: (04) 2269375 - 0982429471</p>

Fuente: El autor

Luego de haber analizado la factibilidad de realizar los estudios en los centros de investigación del país, se decidió utilizar la siguiente normativa y realizarlos en los siguientes lugares:

Tabla 8. Información general de factibilidad de ensayos

ENSAYO	NORMA	LUGAR
Tracción	NTE INEN 1165	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero
Compresión	NTE INEN 889	Color Plast
Dureza	NTE INEN 887	Color Plast
Inflamabilidad	ASTM D 635-14	LEMAT

Fuente: El autor

3.5.2 ADQUISICIÓN DEL MATERIAL

La adquisición del material se lo hizo en relación a la calidad del mismo, también se comparó costos y logística en cuanto a transportación.

El Látex Sintético se lo adquirió primero de la empresa “Didácticos del Ecuador”, pero luego de realizar un primer ensayo de manufactura, este no cumplió con la calidad requerida se generaban burbujas de aire y mala compactación luego del proceso de vulcanización, así que se buscó otro proveedor, que fue “Color Plast”, el material provisto por esta empresa cumplió con los requisitos de calidad luego de realizarle un

ensayo de manufactura, por lo que se decidió adquirir de esta empresa todo el material para el estudio.



Fig. 19. Látex sintético adquirido
Fuente: Colorplast

El gránulo de caucho reciclado fue una donación de la empresa “Grin” (Gestión y Reciclaje Integral de Neumáticos), de la planta de procesamiento Rubberaction, esta empresa se dedica al reciclaje de neumáticos y a su posterior reutilización como por ejemplo: metales, energético y en nuestro caso gránulo de caucho.

Adquirimos caucho en tres diferentes granulometrías y las tipificamos:

Tipo A: 0 - 0,841 mm o Tamiz #20

Tipo B: 0,841 – 2mm o Tamiz #20 – Tamiz#10

Tipo C: 2 – 2,5mm o Tamiz #10 – Tamiz #8



Fig. 20. Gránulo de caucho adquirido en 3 tamaños diferentes
Fuente: El autor

Luego de haber examinado los requerimientos, se adquirió los materiales de las siguientes empresas:

Tabla 9. Información de los proveedores de la materia prima

Color Plast	Material	Datos de Contacto
	Látex Sintético	<p>Ciudad: Ambato</p> <p>Dirección: Calle Izquieta Pérez entre Dr. Julián Coronel y José Vicente Navarrete – sector Cashapamba</p> <p>E-mail:</p> <p>Teléfono: 0981310028</p>
GRIN	Material	Datos de Contacto
	Gránulo de caucho reciclado	<p>Ciudad: Quito</p> <p>Dirección: Checa Km 1,5 vía al Quinche</p> <p>E-mail: info@grin.com.ec</p> <p>Teléfono: 0997259373 – (02) 3895636</p>

Fuente: El autor

3.5.3 ELABORACIÓN DE MOLDES

Se definió un proceso general para la elaboración de moldes que se lo indica a continuación:

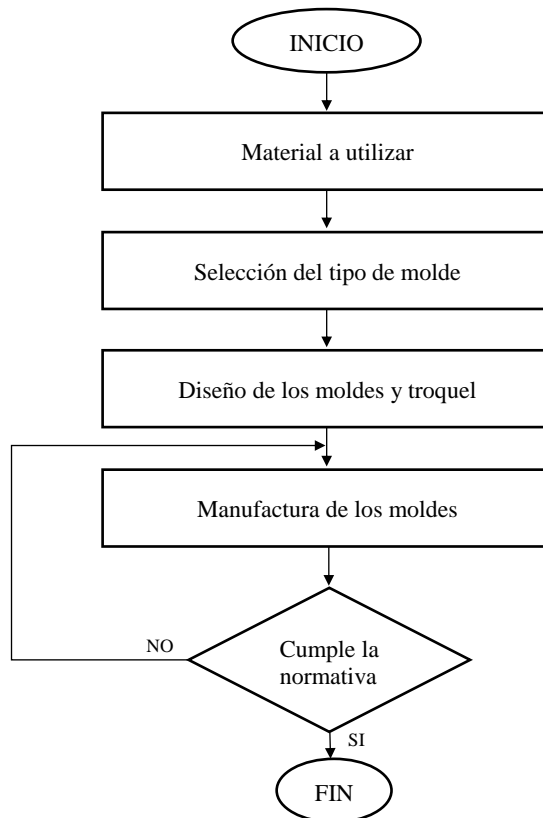


Fig. 21. Diagrama de lineamientos para elaboración de los moldes

Fuente: El autor

3.5.3.1 MATERIAL A UTILIZAR

Se revisaron las normativas utilizadas para realizar los ensayos y en cuanto a elaboración de moldes, estas no indicaron algún material específico para elaborarlos. En este estudio para la elaboración de los moldes se utilizó aluminio, esto debido a que tiene muchas ventajas en relación al acero y otros materiales.

Beneficios del aluminio en la elaboración de moldes:

Tabla 10. Beneficios de utilizar aluminio como material

Beneficios del aluminio	El mecanizado del material se realiza en menor tiempo
	El acabado superficial es mejor
	Peso ligero , fácil manipulación

Fuente: El autor

Beneficios de moldes de aluminio en la elaboración de probetas:

Tabla 11. Beneficios de utilizar moldes de aluminio

Beneficios del aluminio	Conduce el calor de forma eficiente, por lo que se calienta rápidamente y vulcaniza mejor el látex
	Disipa el calor rápidamente, permite ciclos de trabajo más rápidos

Fuente: El autor

3.5.3.2 SELECCIÓN DEL TIPO DE MOLDE

El tipo de molde que se elaboró es para un proceso de manufactura por estratificación manual. Este tipo de molde se utilizó para todos los ensayos, tracción, compresión, dureza e inflamabilidad, las normativas no indican un requerimiento especial en cuanto al tipo de estratificación por lo que se optó por la manual.

La selección del tipo de molde a fabricar fue en relación al tipo de probeta que se seleccionó para ensayar.

3.5.3.2.1 SELECCIÓN DEL TIPO DE MOLDE PARA PROBETAS DE ENSAYO A TRACCIÓN

Para este ensayo se utilizó la norma NTE INEN 1165, el tipo de probeta con el que se pueden realizar los ensayos son de tipo anillo y de tipo halterío, luego de comparar la factibilidad de fabricarlas se decidió elegir la de tipo halterío.

Se puede elegir cinco tipos diferentes de probetas tipo halterío, se optó por seleccionar la de tipo 1, por las siguientes razones:

- Esta probeta es la de mayor dimensión y alcanza perfectamente en las mordazas de la máquina universal de ensayo a tracción.
- No existe un impedimento para elaborarlas en cuanto a cantidad de materia prima.

El molde a elaborarse fue para una probeta tipo halterío, tipo 1, de la norma NTE INEN 887.

3.5.3.2.2 SELECCIÓN DEL TIPO DE MOLDE PARA PROBETAS DE ENSAYO A COMPRESIÓN

Para este ensayo se utilizó la norma NTE INEN 889, el tipo de probeta con el que se puede realizar los ensayos son de tipo 1 y de tipo 2, luego de comparar la factibilidad de fabricarlas se decidió elegir la de tipo 2, por las siguientes razones:

- El alcance del equipo para realizar el ensayo de compresión, se limita a las probetas tipo 2.
- Este tipo de probetas nos brinda mayor exactitud en los resultados.

El molde a elaborarse fue para una probeta tipo 2, de la norma NTE INEN 889.

3.5.3.2.3 SELECCIÓN DEL TIPO DE MOLDE PARA PROBETAS DE ENSAYO DE DUREZA

Para este ensayo se utilizó la norma NTE INEN 887, el tipo de probeta con el que se pueden realizar los ensayos son de tipo normal y de tipo micro, se ha seleccionado las de tipo normal, por las siguientes razones:

- El equipo para realizar el ensayo de dureza es para probetas del tipo normal.
- No existe un impedimento para elaborarlas en cuanto a cantidad de materia prima.

El molde a elaborarse fue para una probeta tipo Normal, de la norma NTE INEN 887.

3.5.3.2.4 SELECCIÓN DEL TIPO DE MOLDE PARA PROBETAS DE ENSAYO DE INFLAMABILIDAD

Para este ensayo se utilizó la norma ASTM D635 - 14, en esta norma tan solo existe un tipo de probetas, no se debe realizar alguna selección. El molde a elaborarse fue para probetas según la norma ASTM D635 - 14.

3.5.3.3 DISEÑO DE LOS MOLDES Y TROQUEL

El diseño de los moldes y troquel se realizó acorde con las especificaciones de la normativa y de las probetas que se desea obtener, esto se detallara a continuación:

3.5.3.3.1 DISEÑO DE MOLDE Y TROQUEL PARA ENSAYO A TRACCIÓN

Se decidió elaborar la probeta tipo halterío, tipo 1, de la norma NTE INEN 1165, requerimos obtener una lámina del material compuesto de 2mm de espesor esto lo elaboramos utilizando el molde, el resto de la forma de la probeta se los obtuvo por troquelado. El área de trabajo de moldeo se dimensionó de la siguiente manera:

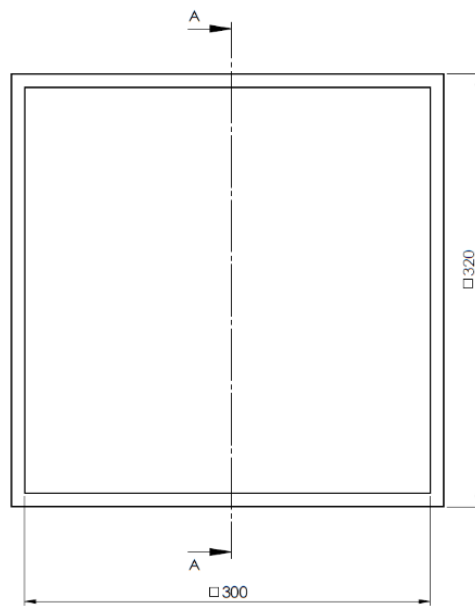


Fig. 22. Área de moldeo - tracción
Fuente: El autor

Volumen de trabajo de molde

El volumen que se necesita elaborar en el molde se lo determinó con la ecuación 5. El cálculo se indica a continuación.

$$\begin{aligned} \text{Donde:} \quad & V = a \times b \times e && \text{Ec. (5)} \\ a = \text{lado 1} & && \\ b = \text{lado 2} & V = 300 \text{ mm} \times 300 \text{ mm} \times 2 \text{ mm} && \\ e = \text{espesor} & && \\ & V = 180000 \text{ mm}^3 && \end{aligned}$$

El volumen de la cámara de moldeo calculado fue de 180000 mm³

Elaboración de los planos de diseño del molde

El plano del molde para las probetas de ensayo a tracción, se lo desarrolló utilizando un software, a continuación se observa una perspectiva isométrica de cómo quedó elaborado el molde (el plano del molde se detalla en el Anexo (F)):

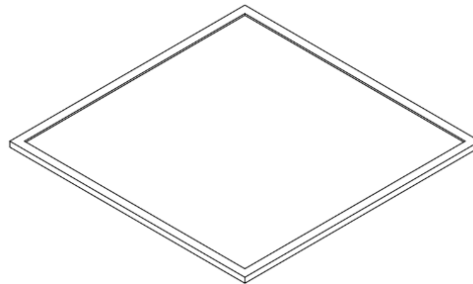


Fig. 23. Perspectiva isométrica de molde - tracción
Fuente: El autor

Diseño y dimensionamiento del troquel

Para el dimensionamiento del troquel se utilizó los parámetros que nos indica la normativa NTE INEN 1165, en relación al tipo de probeta que queremos fabricar, en nuestro caso la probeta tipo 1.

En la siguiente tabla se indican las dimensiones con las que se elaboró el troquel:

Tabla 12. Dimensiones del troquel de la probetas tipo halterío, tipo 1

Dimensión	
A Longitud total (mm)	115
B Ancho de extremos (mm)	25\pm1
C Longitud de la porción estrecha (mm)	33\pm2
D Ancho de la porción estrecha (mm)	6,2\pm0,2

E Radio de transición exterior (mm)	14 ± 1
F Radio de Transición interior (mm)	25 ± 2

Fuente: INEN NTE 1165

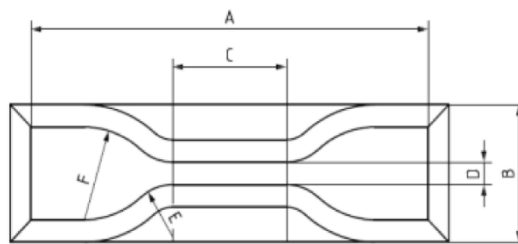


Fig. 24. Dimensionamiento del troquel

Fuente: NTE INEN 1165

Con estas dimensiones se elaboró el troquel, el cual nos sirvió para cortar las probetas con las dimensiones especificadas por la norma.

3.5.3.3.2 DISEÑO DE MOLDE PARA ENSAYO A COMPRESIÓN

Se decidió elaborar la probeta tipo 2, de la norma NTE INEN 889, esta probeta se la puede obtener por corte o moldeada, se realizó por moldeo, se requiere obtener una probeta en forma de disco cilíndrico de diámetro igual a $29 \pm 0,5 \text{ mm}$ y un espesor de $12,5 \pm 0,5 \text{ mm}$

El área de trabajo de moldeo se observaría de la siguiente manera:

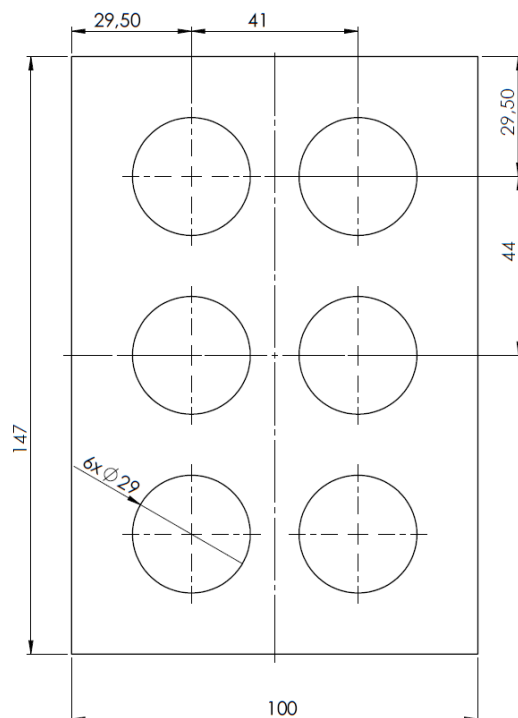


Fig. 25. Área de moldeo - compresión

Fuente: El autor

Volumen de trabajo de molde

El volumen que se necesitara elaborar en el molde se lo determinó con la siguiente ecuación:

$$\text{Donde:} \quad V = \pi \times r^2 \times h \quad \text{Ec. (6)}$$

$r = \text{radio}$

$h = \text{altura}$

$$V = \pi \times (14,5\text{mm})^2 \times 12,5\text{mm}$$

$$V = 8256,5 \text{ mm}^3$$

El volumen de la cámara de moldeo calculado fue de 8256,5 mm³

Elaboración de los planos de diseño del molde

El plano del molde para las probetas de ensayo a compresión, se lo desarrolló utilizando un software, a continuación se observa una perspectiva isométrica de cómo quedó elaborado el molde (el plano del molde se detalla en el Anexo (F)):

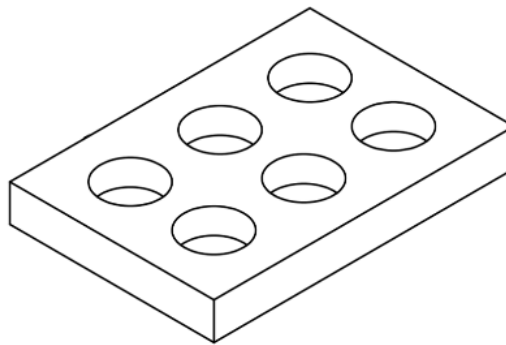


Fig. 26. Perspectiva isométrica molde - compresión
Fuente: El autor

3.5.3.3 DISEÑO DE MOLDE PARA ENSAYO DE DUREZA

Se decidió elaborar la probeta para ensayo normal, de la norma NTE INEN 887, esta norma no indica cómo obtener la probeta si por corte o moldeo, se eligió realizara por moldeo, se necesita obtener una probeta en forma cubica de lados de 30 mm x 30 mm y un espesor de 8 mm

El área de trabajo de moldeo se observaría de la siguiente manera:

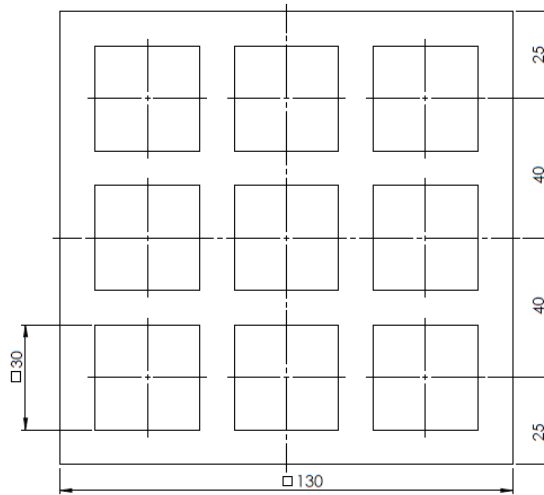


Fig. 27. Área de moldeo - dureza
Fuente: El autor

Volumen de trabajo de molde

El volumen que se necesitó elaborar en el molde, se lo determinó con: (Ec. 5)

$$V = 30 \text{ mm} \times 30 \text{ mm} \times 8 \text{ mm}$$

$$V = 7200 \text{ mm}^3$$

El volumen de la cámara de moldeo calculado fue de 7200 mm³.

Elaboración de los planos de diseño del molde

El plano del molde para las probetas de ensayo a dureza, se lo desarrolló utilizando un software, a continuación se observa una perspectiva isométrica de cómo quedó elaborado el molde (el plano del molde se detalla en el Anexo (F)):

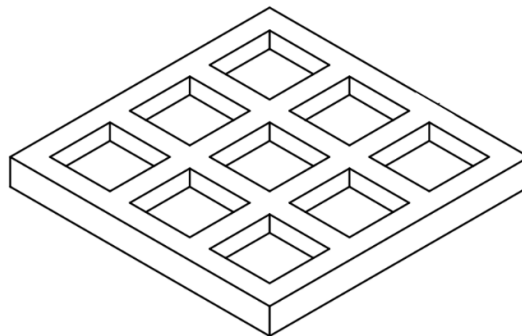


Fig. 28. Perspectiva isométrica molde - dureza
Fuente: El autor

3.5.3.3.4 DISEÑO DE MOLDE PARA ENSAYO DE INFLAMABILIDAD

Se elaboró las probetas según la norma, ASTM D635-14, se requirió obtener una lámina del material compuesto de 5mm de espesor esto se elaboró utilizando el molde, el resto de la forma de la probeta se la obtuvo por corte y las dimensiones son: 125 mm x 13 mm y espesor de 5mm.

El área de trabajo de moldeo se dimensionó de la siguiente manera:

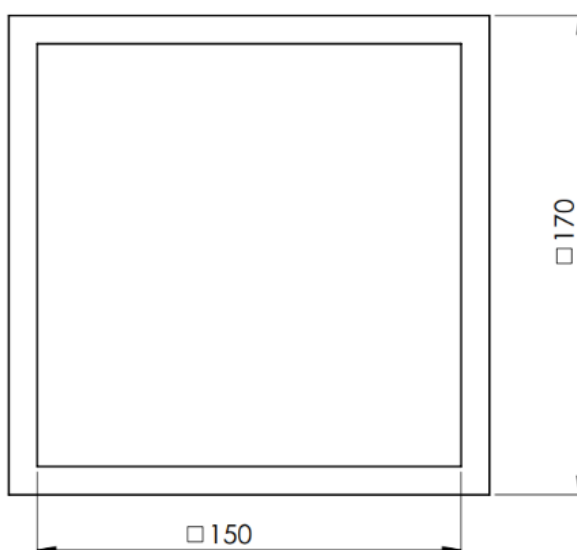


Fig. 29. Área de moldeo - inflamabilidad

Fuente: El autor

Volumen de trabajo de molde

El volumen que se necesitó elaborar en el molde se lo determinó con: (Ec. 5)

$$V = 150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$$

$$V = 112500 \text{ mm}^3$$

El volumen de la cámara de moldeo calculado fue de 112500 mm³

Elaboración de los planos de diseño del molde

El plano del molde para las probetas de ensayo de inflamabilidad, se lo desarrolló utilizando un software, a continuación se observa una perspectiva isométrica de cómo quedó elaborado el molde (el plano del molde se detalla en el Anexo (F)):

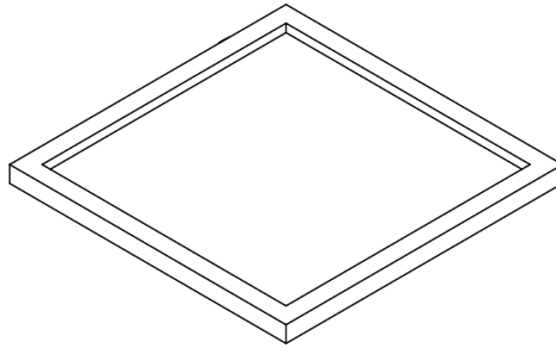


Fig. 30. Perspectiva isométrica molde - inflamabilidad
Fuente: El autor

3.5.3.4 MANUFACTURA DE LOS MOLDES

Para la fabricación de los moldes se leyó los planos generados anteriormente, para para luego siguiendo sus lineamientos mecanizarlos en un torno CNC.



Fig. 31. Torno CNC
Fuente: Colorplast

Con la ayuda de un software, se dibujó y codificó los moldes para ensayos de tracción, compresión, dureza e inflamabilidad.



Fig. 32. Mecanizado en torno CNC
Fuente: Colorplast

Se mecanizó cuatro placas de aluminio, para obtener los moldes para los ensayos de tracción, compresión, dureza e inflamabilidad. En la Tabla 13., se indican los detalles de los moldes.

Tabla 13. Dimensiones generales de los moldes para el proceso de mecanizado

Moldes a Mecanizar	Dimensiones (mm)	Volumen Parcial a Mecanizar (mm ³)	Cantidad	Volumen Final a Mecanizar (mm ³)	Dimensiones de la placa de Aluminio (mm)	Tiempo de Mecanizado (horas)
Molde para ensayos de tracción	lado 1 = 300 lado 2 = 300 espesor = 2	180000	1	180000	320x320x7	Doce
Molde para ensayo de compresión	diámetro = 29 espesor = 12,5	8256,5	6	49539	100x147x18	
Molde para ensayo de dureza	lado 1 = 30 lado 2 = 30 espesor = 8	7200	9	64800	130x130x13	
Molde para ensayo de inflamabilidad	lado 1 = 150 lado 2 = 150 espesor = 5	112500	1	112500	170x170x10	

Fuente: El autor

Los moldes elaborados se los puede observar en las siguientes imágenes:



Fig. 33. Moldes para ensayos de tracción, compresión, dureza e inflamabilidad

Fuente: El autor

Luego de haber terminado con el proceso de maquinado se tuvo los moldes elaborados, a estos los pulimos con una lija muy suave para que no posea ningún tipo de defecto en la superficie, es decir un buen acabado superficial, y de esta manera se finalizó con el proceso de elaboración de los moldes.

3.5.4 DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DEL LÁTEX SINTÉTICO Y DEL GRÁNULO DE CAUCHO RECICLADO

Se elaboró un diagrama en el cual se indica el procedimiento a seguir para obtener la densidad del látex sintético y del gránulo de caucho, este se indica a continuación:

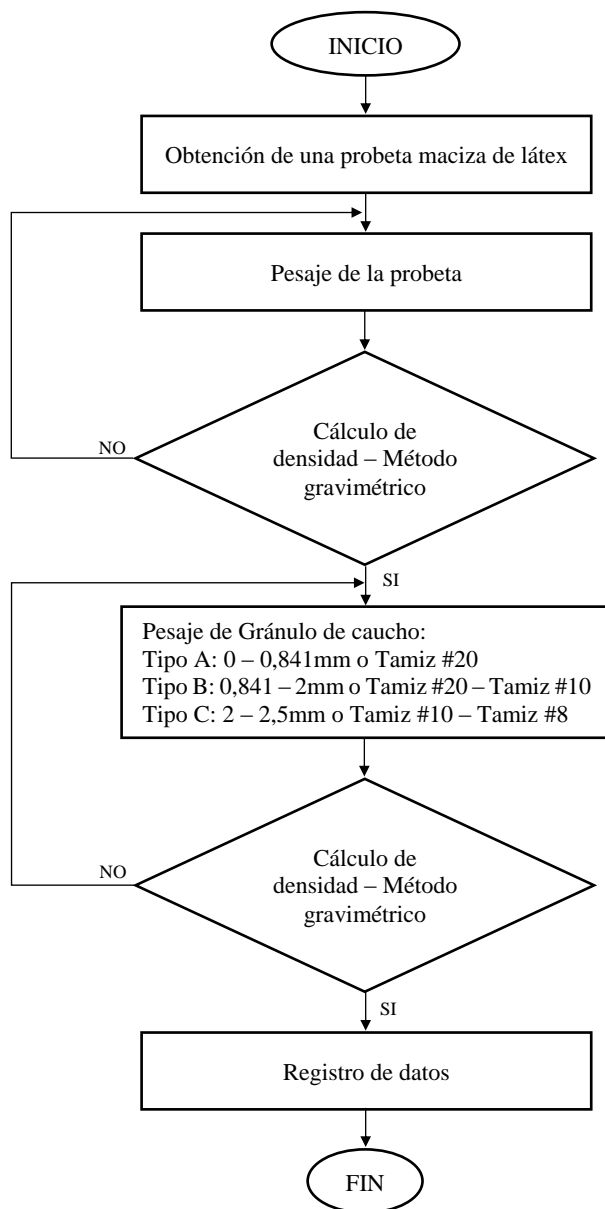


Fig. 34 Diagrama de proceso para determinar la densidad del látex y gránulo de caucho
Fuente: El autor






La densidad de estos materiales se calculó utilizando un método gravimétrico, el cual consiste en evaluar el volumen y el peso del material a analizar, este proceso se detalla a continuación para cada uno de los materiales.

3.5.4.1 CÁLCULO DE LA DENSIDAD DEL LÁTEX SINTÉTICO

Obtención de la masa de la probeta de látex

Obtuvimos una probeta maciza de látex por medio del proceso de vulcanizado, a esta probeta la pesamos en una balanza electrónica, se realizaron cinco mediciones del peso de la probeta, donde obtuvimos los siguientes resultados:

Tabla 14. Datos del promedio del pesaje de la probeta de látex

Medida de masa						
Probeta de Látex	Pesaje 1 (gr)	Pesaje 2 (gr)	Pesaje 3 (gr)	Pesaje 4 (gr)	Pesaje 5 (gr)	Promedio (gr)
	6,8	6,9	6,9	6,8	6,9	6,86
Imágenes de resultados						

Fuente: El autor






La masa de la probeta de látex fue de 6,86 gr, este resultado nos sirvió para el cálculo de densidad.

Obtención del volumen de la probeta de látex

Se introduce una cierta cantidad de agua en un vaso de precipitación graduado en ml, tomamos la medida del volumen de agua introducido, sumergimos la probeta en el agua dentro del vaso de precipitación y medimos el volumen nuevamente. Revisamos la diferencia del volumen inicial (antes de introducir la probeta) y volumen final (luego de introducir la probeta), este diferencia de volúmenes es el volumen de la probeta. Repetimos este proceso cuatro veces más, el promedio será el resultado. Todo se realizó a temperatura ambiente.

Los datos obtenidos de volumen se indican en la tabla 15.

Tabla 15. Datos del promedio del volumen de la probeta de látex

Volumen	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Medida 4	Medida 5	Promedio
Inicial (ml)	115	120	115	120	120	
Final (ml)	120	125	121	125	125	
Diferencia (ml)	5	5	6	5	5	5,2
Imágenes de Resultados						

Fuente: El autor

El volumen de la probeta de látex fue de 5,2 ml y esto equivale a 5,2 cm³, este resultado nos sirvió para el cálculo de la densidad.

Cálculo de la densidad del látex

Para el cálculo de la densidad del látex utilizamos la ecuación 7.

$$\rho_L = \frac{m_L}{v_L} \quad \text{Ec. (7)}$$

Donde:

$\rho_L =$ densidad látex

$m_L =$ masa látex

$v_L =$ volumen látex

$$\rho_L = \frac{6,86 \text{ gr}}{5,2 \text{ cm}^3}$$

$$\rho_L = 1,32 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$\rho_L = 1,32 \times 10^{-3} \frac{\text{gr}}{\text{mm}^3}$$




La densidad del látex sintético calculado es de $1,32 \times 10^{-3} \frac{\text{gr}}{\text{mm}^3}$, a partir de este dato de densidad procedimos a calcular las densidades del gránulo de caucho.

3.5.4.2 CÁLCULO DE LA DENSIDAD DEL GRÁNULO DE CAUCHO

Obtención de la masa del gránulo de caucho

Tomamos una misma cantidad de gránulo de caucho de cada tipo usando un molde y los pesamos en una balanza electrónica, los resultados obtenidos se plasmaron en la tabla 16.

Tabla 16. Pesaje del gránulo de caucho reciclado

Gránulo	Tipo A 0-0,841mm o Tamiz #20	Tipo B 0,841-2mm o Tamiz #20-#10	Tipo C 2-2,5mm o Tamiz #10-#8
Masa (gr)	2,1	2,7	3,3
Imágenes de Resultados			

Fuente: El autor

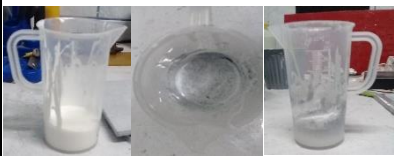
La masa de las muestras pesadas son: tipo A - 2,1 gr, tipo B - 2,7 gr, tipo C - de 3,3 gr, se utilizó la misma masa en las cinco medidas de volumen que se realizó para cada tipo de gránulo.

Obtención del volumen de la probeta de látex

Se introduce una cierta cantidad de látex en un vaso de precipitación graduado en ml, tomamos la medida del volumen de látex introducido, añadimos el gránulo de caucho pesado con anterioridad en el látex dentro del vaso de precipitación, lo mezclamos y medimos el volumen nuevamente. Revisamos la diferencia del volumen inicial (antes de añadir y mezclar el gránulo) y volumen final (luego de añadir y mezclar el gránulo), esta diferencia de volúmenes es el volumen del gránulo de caucho añadido. Este proceso se realizó cinco veces para cada tipo de gránulo, el promedio fue el resultado en cada caso. Todo se realizó a temperatura ambiente.

Los datos obtenidos de volumen se indican en la tabla 17.

Tabla 17. Datos de promedios de los volúmenes de los tipos de gránulo de caucho

Gránulo	Volumen inicial (ml)	Volumen final (ml)	Diferencia de Volumen (ml)	Promedio Volumen (ml)	Masa utilizada (gr)
Tipo A 0-0,841 mm o Tamiz #20	100	109	9	8,9	2,1
	90	99	9		
	100	108,5	8,5		
	100	109	9		
	100	109	9		
Tipo B 0,841-2mm o Tamiz #20- #10	70	79	9	8,9	2,7
	60	78,5	8,5		
	80	89	9		
	100	109	9		
	100	109	9		
Tipo C 2-2,5mm o Tamiz #10-#8	120	129	9	8,9	3,3
	100	109	9		
	90	99	9		
	100	108,5	8,5		
	80	89	9		
Imagen de Procedimiento					

Fuente: El autor

El volumen del Gránulo de caucho tipo A, B, C es de 8,9 ml esto se debe a que se utilizó un mismo molde para tomar la muestra de gránulo de caucho a añadir, con el valor de sus masas se halló la densidad. El valor 8,9 ml equivale a 8,9 cm³

Cálculo de la densidad del gránulo de caucho

Para el cálculo de la densidad del gránulo de caucho utilizamos la ecuación 8.

$$\rho_g = \frac{m_g}{v_g} \quad \text{Ec. (8)}$$

Donde:

ρ_g = densidad granulo

m_g = masa gránulo

v_g = volumen gránulo

Los resultados de la densidad calculada de los tres tipos de gránulo de caucho, se indican en la tabla 18.

Tabla 18. Densidad calculada de los tres tipos de gránulos de caucho

Muestra de Gránulo	Masa (gr)	Volumen (cm ³)	Densidad (gr/cm ³)	Densidad (gr/mm ³)
Tipo A 0-0,841 mm o Tamiz #20	2,1	8,9	0,236	2,36 x10 ⁻⁴
Tipo B 0,841-2mm o Tamiz #20-#10	2,7	8,9	0,303	3,03 x10 ⁻⁴
Tipo C 2-2,5mm o Tamiz #10-#8	3,3	8,9	0,37	3,7 x10 ⁻⁴

Fuente: El autor

De esta manera se obtuvo los valores de densidad del látex y de los tres tipos de gránulo de caucho reciclado.

3.5.5 COMPOSICIÓN VOLUMÉTRICA DEL LÁTEX SINTÉTICO Y GRÁNULO DE CAUCHO RECICLADO

Para realizar la composición volumétrica del látex sintético y del gránulo de caucho reciclado, se requirió tener los datos de densidad de los materiales y además el volumen que poseen los moldes, deseamos llegar a una composición adecuada entre

matriz (látex) y refuerzo (gránulo de caucho reciclado), las cuales fueron la base para proseguir con el estudio.

Esta composición nos permitió calcular la masa de material a utilizarse para el proceso de fabricación de las probetas.

El siguiente diagrama nos indica el proceso para seleccionar las composiciones volumétricas que analizamos del material compuesto:

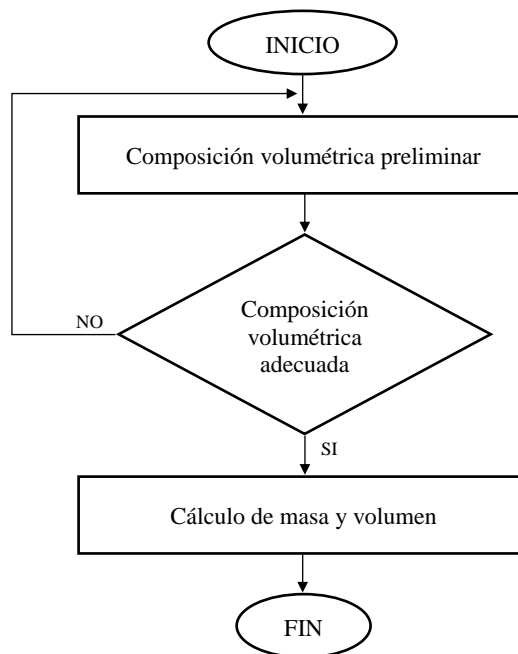


Fig. 35. Diagrama de proceso para seleccionar las composiciones volumétricas a analizar del material compuesto
Fuente: El autor

3.5.5.1 COMPOSICIÓN VOLUMÉTRICA PRELIMINAR DE MATRIZ Y REFUERZO

Para nuestro estudio en particular, se decidió realizar cuatro diferentes tipos de configuraciones volumétricas, para lo cual se analizó las posibles opciones de composición.

Poseemos tres tipos diferentes de gránulo de caucho, con sus características propias:

Tabla 19. Características de los tipos de gránulos de caucho

Tipo de Gránulo	Tamaño (mm)	Densidad (gr/mm ³)
Tipo A	0 - 0,841	2,36x10 ⁻⁴
Tipo B	0,841 – 2	3,03x10 ⁻⁴
Tipo C	2 - 2,5	3,7x10 ⁻⁴

Fuente: El autor

Se utilizó el gránulo de caucho tipo B (0,841 – 2mm o Tamiz #20 - #10), para realizar las composiciones preliminares del material compuesto, esto debido a que es el material que posee las propiedades intermedias en tamaño de grano y densidad.

El molde que utilizado para las composiciones preliminares, es el que se fabricó para elaborar probetas de ensayo de tracción, el que posee un volumen de moldeo de 180000 mm³.

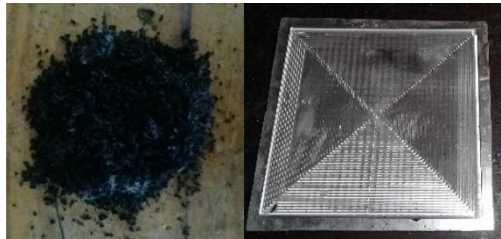


Fig. 36. Gránulo de caucho tipo B y molde para ensayo a tracción

Fuente: El autor

Teniendo ya el tipo de gránulo de caucho y el molde a utilizar, se determinó las fracciones volumétricas a usar. Se configuró con la mayor cantidad de refuerzo posible y se analizó la factibilidad de elaborar la composición, esto se repitió hasta encontrar la que contenga mayor refuerzo.

A partir de la configuración matriz - refuerzo encontrada, se tiene la certeza de poder elaborar cualquier composición que contenga menor cantidad de refuerzo.

Se empezó con las composiciones, teniendo en cuenta que se conocen los siguientes datos:

Tipo de gránulo: Tipo B, 0,841-2mm o Tamiz #20-#10

$$\text{Densidad del gránulo: } \rho_g = 3,03 \times 10^{-4} \frac{\text{gr}}{\text{mm}^3}$$

$$\text{Densidad del látex: } \rho_L = 1,32 \times 10^{-3} \frac{\text{gr}}{\text{mm}^3}$$

Volumen de moldeo: 180000 mm^3

Donde:

ρ_L = densidad látex

ρ_g = densidad gránulo

m_L = masa látex

m_g = masa gránulo

v_L = volumen látex

v_g = volumen gránulo

- Composición: 70% gránulo de caucho – 30% Látex

Cálculo de volumen de gránulo y látex a utilizar:

$$v_g = 0,7 \times 180000$$

$$v_g = 126000 \text{ mm}^3$$

$$v_L = 0,3 \times 180000$$

$$v_L = 54000 \text{ mm}^3$$

Cálculo de la masa de gránulo y látex a utilizar: (Ec.7, Ec. 8)

$$m_g = \rho_g \times v_g$$

$$m_g = 3,03 \times 10^{-4} \frac{\text{gr}}{\text{mm}^3} \times 126000 \text{ mm}^3$$

$$m_g = 38,18 \text{ gr}$$


$$m_L = \rho_L \times v_L$$

$$m_L = 1,32 \times 10^{-3} \frac{\text{gr}}{\text{mm}^3} \times 54000 \text{ mm}^3$$

$$m_L = 71,28 \text{ gr}$$

Se realizó la mezcla de los materiales con los datos de masa y volumen obtenidos, estos se detallan en la tabla 20.

Tabla 20. Mezcla preliminar de 70% gránulo y 30% látex

Material Compuesto	Gránulo de caucho	Látex	Imagen de Resultados
Composición volumétrica (%)	70	30	
Masa (gr)	38,18	71,28	
Volumen (mm ³)	126000	54000	
Densidad (gr/mm ³)	3,03 x10 ⁻⁴	1,32x10 ⁻³	

Fuente: El autor

Luego de haber elaborado la mezcla con la composición volumétrica 70% gránulo de caucho – 30% látex, se determinó que no es factible realizarla esto debido a que el gránulo de caucho absorbió en su totalidad al látex, provocando una mala conformación entre matriz (látex) y refuerzo (gránulo de caucho) al momento de mezclarlo, este material compuesto no se puede esparcir en el molde, por lo que esta composición volumétrica no nos sirve para nuestro estudio. Se disminuyó la cantidad de refuerzo en el siguiente caso.

- Composición:: 60% gránulo de caucho – 40% Látex

Cálculo de volumen de gránulo y látex a utilizar:

$$v_g = 0,6 \times 180000$$

$$v_g = 108000 \text{ mm}^3$$

$$v_L = 0,4 \times 180000$$

$$v_L = 72000 \text{ mm}^3$$

Cálculo de la masa de gránulo y látex a utilizar: (Ec. 7, Ec. 8)

$$m_g = 3,03 \times 10^{-4} \frac{\text{gr}}{\text{mm}^3} \times 108000 \text{ mm}^3$$


$$m_g = 32,72 \text{ gr}$$

$$m_L = 1,32 \times 10^{-3} \frac{\text{gr}}{\text{mm}^3} \times 72000 \text{ mm}^3$$

$$m_L = 95,04 \text{ gr}$$

Se realizó la mezcla de los materiales con los datos de masa y volumen obtenidos, estos se detallan en la Tabla 21.

Tabla 21. Mezcla preliminar de 60% gránulo y 40% látex

Material Compuesto	Gránulo de caucho	Látex	Imagen de Resultados
Composición volumétrica (%)	60	40	
Masa (gr)	32,72	95,04	
Volumen (mm ³)	108000	72000	
Densidad (gr/mm ³)	3,03 x10 ⁻⁴	1,32x10 ⁻³	

Fuente: El autor

Luego de haber elaborado la mezcla con la composición volumétrica 60% gránulo de caucho – 40% látex, se obtuvo un material compuesto con mejor conformación entre matriz (látex) y refuerzo (gránulo de caucho), pero a pesar de esto se determinó que no es factible realizarla debido a que la conformación no es la esperada al momento de mezclarlo, el material no se puede esparcir adecuadamente en el molde ya que se recoge rápidamente, por estas razones esta composición volumétrica no nos sirve para nuestro estudio. El resultado fue mejor que el de la composición anterior, por lo que se disminuyó la cantidad de refuerzo en el siguiente caso.

- Composición:: 55% gránulo de caucho – 45% Látex

Cálculo de volumen a utilizar del gránulo y látex:

$$v_g = 0,55 \times 180000$$

$$v_g = 99000 \text{ mm}^3$$

$$v_L = 0,45 \times 180000$$

$$v_L = 81000 \text{ mm}^3$$

Cálculo de la masa a utilizar de gránulo y látex: (Ec. 7, Ec. 8)

$$m_g = 3,03 \times 10^{-4} \frac{\text{gr}}{\text{mm}^3} \times 99000 \text{ mm}^3$$

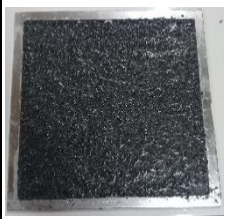
$$m_g = 29,99 \text{ gr}$$

$$m_L = 1,32 \times 10^{-3} \frac{gr}{mm^3} \times 81000 \text{ mm}^3$$

$$m_L = 106,92 \text{ gr}$$

Se realizó la mezcla de los materiales con los datos de masa y volumen obtenidos, estos se detallan en la Tabla 22.

Tabla 22. Mezcla preliminar de 55% gránulo y 45% látex

Material Compuesto	Gránulo de caucho	Látex	Imagen de Resultados
Configuración volumétrica (%)	55	45	
Masa (gr)	29,99	106,92	
Volumen (mm ³)	99000	81000	
Densidad (gr/mm ³)	3,03 x10 ⁻⁴	1,32x10 ⁻³	

Fuente: El autor

Se determinó que es factible realizar la conformación utilizando la composición volumétrica 55% gránulo de caucho – 45% látex, esto debido a que existe una excelente fusión entre matriz (látex) y refuerzo (gránulo de caucho) al momento de mezclarlo, el material se pudo esparcir adecuadamente en el molde. Esta configuración volumétrica es adecuada para nuestro estudio.

Este análisis nos indica el porcentaje máximo de gránulo de caucho reciclado que podemos añadir como refuerzo a nuestro material compuesto.

Es decir el 55% de gránulo de caucho reciclado es la mayor cantidad de refuerzo que podemos añadirle al material compuesto a elaborar. Ahora podemos configurar con cualquier valor menor de 55% de refuerzo. Habiendo realizado la composición volumétrica preliminar de látex y gránulo de caucho reciclado, se decidió utilizar las siguientes configuraciones:

Tabla 23. Composiciones porcentuales de matriz-refuerzo que se utilizarán en el estudio

Tipo	Composición volumétrica (%)	
	Gránulo de caucho	Látex
1	55	45
2	50	50
3	60	40
4	70	30

Fuente: El autor

Teniendo las composiciones volumétricas a analizar seleccionadas, se procedió a realizar los cálculos de masa y volumen de las configuraciones de material para cada molde.

3.5.5.2 CÁLCULO DE MASA Y VOLUMEN DE LAS COMPOSICIONES VOLUMÉTRICAS

Con las composiciones volumétricas seleccionadas, Tipo 1: 55% gránulo – 45% látex, Tipo 2: 50% gránulo – 50% látex, Tipo 3: 40% gránulo – 60% látex, Tipo 1: 30% gránulo – 70% látex, se procedió al cálculo de las masas y volúmenes de la matriz y el refuerzo, que se utilizó para elaborar las probetas de los ensayos de tracción, compresión, dureza e inflamabilidad.

En la Tabla 24., se indica la configuración y el número de probetas y láminas que se ha elaborado:

Tabla 24. Datos generales de configuración y número de probetas y láminas elaboradas para el estudio

Tamaño de gránulo	Composición volumétrica		Configuración	# Configuración	# Moldes y Láminas a Elaborar			
					Tracción	Compresión	Dureza	Inflamabilidad
TIPO A 0 - 0,841 mm Tamiz #20	1	55% Gránulo 45% Látex	A1	1	1 Lámina	5 Probetas	5 Probetas	De la mejor configuración seleccionada 1 Lámina, se cortarán 20 probetas
	2	50% Gránulo 50% Látex	A2	2	1 Lámina	5 Probetas	5 Probetas	
	3	40% Gránulo 60% Látex	A3	3	1 Lámina	5 Probetas	5 Probetas	
	4	30% Gránulo 70% Látex	A4	4	1 Lámina	5 Probetas	5 Probetas	
TIPO B 0,841 - 2 mm Tamiz #20 - Tamiz # 10	1	55% Gránulo 45% Látex	B1	5	1 Lámina	5 Probetas	5 Probetas	
	2	50% Gránulo 50% Látex	B2	6	1 Lámina	5 Probetas	5 Probetas	
	3	40% Gránulo 60% Látex	B3	7	1 Lámina	5 Probetas	5 Probetas	
	4	30% Gránulo 70% Látex	B4	8	1 Lámina	5 Probetas	5 Probetas	
TIPO C 2 - 2,5 mm Tamiz #10 - Tamiz # 8	1	55% Gránulo 45% Látex	C1	9	1 Lámina	5 Probetas	5 Probetas	
	2	50% Gránulo 50% Látex	C2	10	1 Lámina	5 Probetas	5 Probetas	
	3	40% Gránulo 60% Látex	C3	11	1 Lámina	5 Probetas	5 Probetas	
	4	30% Gránulo 70% Látex	C4	12	1 Lámina	5 Probetas	5 Probetas	
Subtotal Total					12 Láminas, se cortarán 5 probetas por lámina, 60 probetas total	60 Probetas	60 Probetas	1 Lámina, se cortarán 20 probetas
Total					13 Láminas para obtener 80 probetas por corte y 120 probetas por moldeo. Total 200 probetas a elaborar			

Fuente: El autor

3.5.5.2.1 CÁLCULO DEL VOLUMEN UTILIZADO POR LA MATRIZ Y EL REFUERZO PARA CADA COMPOSICIÓN VOLUMÉTRICA

- Cálculo de volumen, para moldes de ensayo a tracción (1 lámina)

Datos:

Volumen de moldeo: 180000 mm^3

Donde:

v_L = volumen látex

v_g = volumen gránulo

- Composición: 55% gránulo de caucho – 45% Látex

$$v_g = 0,55 \times 180000$$

$$v_g = 99000 \text{ mm}^3$$

$$v_L = 0,45 \times 180000$$

$$v_L = 81000 \text{ mm}^3$$

- Composición: 50% gránulo de caucho – 50% Látex

$$v_g = 0,50 \times 180000$$

$$v_g = 90000 \text{ mm}^3$$

$$v_L = 0,50 \times 180000$$

$$v_L = 90000 \text{ mm}^3$$

- Composición: 40% gránulo de caucho – 60% Látex

$$v_g = 0,40 \times 180000$$

$$v_g = 72000 \text{ mm}^3$$

$$v_L = 0,60 \times 180000$$

$$v_L = 108000 \text{ mm}^3$$

- Composición: 30% gránulo de caucho – 70% Látex

$$v_g = 0,30 \times 180000$$

$$v_g = 54000 \text{ mm}^3$$

$$v_L = 0,70 \times 180000$$

$$v_L = 126000 \text{ mm}^3$$

- Cálculo de volumen, para moldes de ensayo a compresión (5 probetas)

Datos:

Volumen parcial de moldeo: $8256,5 \text{ mm}^3$ se utilizó cinco cavidades del molde

Volumen total de moldeo: $41282,5 \text{ mm}^3$

Donde:

v_L = volumen látex

v_g = volumen gránulo

- Composición: 55% gránulo de caucho – 45% Látex

$$v_g = 0,55 \times 41282,5$$

$$v_g = 22705,38 \text{ mm}^3$$

$$v_L = 0,45 \times 41282,5$$

$$v_L = 18577,13 \text{ mm}^3$$

- Composición: 50% gránulo de caucho – 50% Látex

$$v_g = 0,50 \times 41282,5$$

$$v_g = 20641,25 \text{ mm}^3$$

$$v_L = 0,50 \times 41282,5$$

$$v_L = 20641,25 \text{ mm}^3$$

- Composición: 40% gránulo de caucho – 60% Látex

$$v_g = 0,40 \times 41282,5$$

$$v_g = 15513 \text{ mm}^3$$

$$v_L = 0,60 \times 41282,5$$

$$v_L = 24769,5 \text{ mm}^3$$

- Composición: 30% gránulo de caucho – 70% Látex

$$v_g = 0,30 \times 41282,5$$

$$v_g = 12384,75 \text{ mm}^3$$

$$v_L = 0,70 \times 41282,5$$

$$v_L = 28897,75 \text{ mm}^3$$

- Cálculo de volumen, para moldes de ensayo de dureza (5 probetas)

Datos:

Volumen parcial de moldeo: 7200 mm^3 se utilizó cinco cavidades del molde

Volumen total de moldeo: 36000 mm^3

Donde:

v_L = volumen látex

v_g = volumen gránulo

- Composición: 55% gránulo de caucho – 45% Látex

$$v_g = 0,55 \times 36000$$

$$v_g = 19800 \text{ mm}^3$$

$$v_L = 0,45 \times 36000$$

$$v_L = 16200 \text{ mm}^3$$

- Composición: 50% gránulo de caucho – 50% Látex

$$v_g = 0,50 \times 36000$$

$$v_g = 18000 \text{ mm}^3$$

$$v_L = 0,50 \times 36000$$

$$v_L = 18000 \text{ mm}^3$$

- Composición: 40% gránulo de caucho – 60% Látex

$$v_g = 0,40 \times 36000$$

$$v_g = 14400 \text{ mm}^3$$

$$v_L = 0,60 \times 36000$$

$$v_L = 21600 \text{ mm}^3$$

- Composición: 30% gránulo de caucho – 70% Látex

$$v_g = 0,30 \times 36000$$

$$v_g = 10800 \text{ mm}^3$$

$$v_L = 0,70 \times 36000$$

$$v_L = 25200 \text{ mm}^3$$

- Cálculo de volumen, para moldes de ensayo de inflamabilidad (1 lámina)

Se utilizó los cálculos solo de la mejor configuración de material seleccionado.

Datos:

Volumen de moldeo: 112500 mm^3

Donde:

v_L = volumen látex

v_g = volumen gránulo

- Composición: 55% gránulo de caucho – 45% Látex

$$v_g = 0,55 \times 112500$$

$$v_g = 61875 \text{ mm}^3$$

$$v_L = 0,45 \times 112500$$

$$v_L = 50625 \text{ mm}^3$$

- Composición: 50% gránulo de caucho – 50% Látex

$$v_g = 0,50 \times 112500$$

$$v_g = 56250 \text{ mm}^3$$

$$v_L = 0,50 \times 112500$$

$$v_L = 56250 \text{ mm}^3$$

- Composición: 40% gránulo de caucho – 60% Látex

$$v_g = 0,40 \times 112500$$

$$v_g = 45000 \text{ mm}^3$$

$$v_L = 0,60 \times 112500$$

$$v_L = 67500 \text{ mm}^3$$

- Composición: 30% gránulo de caucho – 70% Látex

$$v_g = 0,30 \times 112500$$

$$v_g = 33750 \text{ mm}^3$$

$$v_L = 0,70 \times 112500$$

$$v_L = 78750 \text{ mm}^3$$

Los resultados calculados de volumen nos sirvieron para el cálculo de masa a utilizar en los moldes de tracción, compresión y dureza. En el caso de inflamabilidad se utilizó solo el de la mejor configuración. Se elaboró una tabla con todos los valores calculados de volumen, en las diferentes composiciones y para los cuatro moldes.

Tabla 25. Volumen calculado de gránulo y látex

Tipo de Composición	Composición de volumen a utilizar en moldes								Volumen de moldeo (mm ³)
	Tracción		Compresión		Dureza		Inflamabilidad		
	Gránulo	Látex	Gránulo	Látex	Gránulo	Látex	Gránulo	Látex	
Tipo 1: 55% Gránulo - 45% Látex	99000	81000	22705,38	18577,13	19800	16200	61875	50625	
Tipo 2: 50% Gránulo - 50% Látex	90000	90000	20641,25	20641,25	18000	18000	56250	56250	
Tipo 3: 40% Gránulo - 60% Látex	72000	108000	16513	24769,5	14400	21600	45000	67500	
Tipo 4: 30% Gránulo - 70% Látex	54000	126000	12384,75	28897,75	10800	25200	33750	78750	

Fuente: El autor

3.5.5.2.1 CÁLCULO DE LA MASA A UTILIZADA POR LA MATRIZ Y EL REFUERZO PARA CADA CONFIGURACIÓN VOLUMÉTRICA

Calculamos la masa para las configuraciones elaboradas, tenemos tres parámetros a tomar en cuenta, los tres tipos diferentes de gránulo de caucho reciclado, los cuatro tipos de composición volumétrica, los cuatro tipos de moldes.

Para el cálculo de la masa, de la matriz y el refuerzo, utilizamos la Ec. (7) y Ec. (8).

Datos:

-Volumen del gránulo de caucho reciclado y látex, ver en: (tabla 25)

- Densidad de los gránulos de caucho reciclado, ver en: (Tabla 18)

- Densidad del látex: $\rho_L = 1,32 \times 10^{-3} \frac{gr}{mm^3}$

Cálculo de la masa del gránulo y látex para las diferentes configuraciones, del molde de ensayo a tracción (Para obtener: 1 lámina de material compuesto)

Gránulo de caucho reciclado Tipo A: 0-0,841mm o Tamiz #20

- Composición: 55% gránulo de caucho – 45% Látex

$$m_g = 2,36 \times 10^{-4} \frac{gr}{mm^3} \times 99000 \text{ mm}^3$$

$$m_g = 23,36 \text{ gr}$$

$$m_L = 1,32 \times 10^{-3} \frac{gr}{mm^3} \times 81000 \text{ mm}^3$$

$$m_L = 106,92 \text{ gr}$$

- Composición: 50% gránulo de caucho – 50% Látex

$$m_g = 2,36 \times 10^{-4} \frac{gr}{mm^3} \times 90000 \text{ mm}^3$$

$$m_g = 21,24 \text{ gr}$$

$$m_L = 1,32 \times 10^{-3} \frac{gr}{mm^3} \times 90000 \text{ mm}^3$$

$$m_L = 118,80 \text{ gr}$$

- Composición: 40% gránulo de caucho – 60% Látex

$$m_g = 2,36 \times 10^{-4} \frac{gr}{mm^3} \times 72000 \text{ mm}^3$$

$$m_g = 16,99 \text{ gr}$$

$$m_L = 1,32 \times 10^{-3} \frac{gr}{mm^3} \times 108000 \text{ mm}^3$$

$$m_L = 142,56 \text{ gr}$$

- Composición: 30% gránulo de caucho – 70% Látex

$$m_g = 2,36 \times 10^{-4} \frac{gr}{mm^3} \times 54000 \text{ mm}^3$$

$$m_g = 12,74 \text{ gr}$$

$$m_L = 1,32 \times 10^{-3} \frac{gr}{mm^3} \times 126000 \text{ mm}^3$$

$$m_L = 166,32 \text{ gr}$$

El valor de la masa del látex es el mismo para los tipos A y B de gránulo de caucho, por lo que ya no se calculó.

Gránulo de caucho reciclado Tipo B: 0,841-2mm o Tamiz #20-#10

- Composición: 55% gránulo de caucho – 45% Látex

$$m_g = 3,03 \times 10^{-4} \frac{gr}{mm^3} \times 99000 \text{ mm}^3$$

$$m_g = 30 \text{ gr}$$

- Composición: 50% gránulo de caucho – 50% Látex

$$m_g = 3,03 \times 10^{-4} \frac{gr}{mm^3} \times 90000 \text{ mm}^3$$

$$m_g = 27,27 \text{ gr}$$

- Composición: 40% gránulo de caucho – 60% Látex

$$m_g = 3,03 \times 10^{-4} \frac{gr}{mm^3} \times 72000 \text{ mm}^3$$

$$m_g = 21,82 \text{ gr}$$

- Composición: 30% gránulo de caucho – 70% Látex

$$m_g = 3,03 \times 10^{-4} \frac{gr}{mm^3} \times 54000 \text{ mm}^3$$

$$m_g = 16,36 \text{ gr}$$

Gránulo de caucho reciclado Tipo C: 2-2,5mm o Tamiz #10-#8

- Composición: 55% gránulo de caucho – 45% Látex

$$m_g = 3,7 \times 10^{-4} \frac{\text{gr}}{\text{mm}^3} \times 99000 \text{ mm}^3$$

$$m_g = 36,63 \text{ gr}$$

- Composición: 50% gránulo de caucho – 50% Látex

$$m_g = 3,7 \times 10^{-4} \frac{\text{gr}}{\text{mm}^3} \times 90000 \text{ mm}^3$$

$$m_g = 33,3 \text{ gr}$$

- Composición: 40% gránulo de caucho – 60% Látex

$$m_g = 3,7 \times 10^{-4} \frac{\text{gr}}{\text{mm}^3} \times 72000 \text{ mm}^3$$

$$m_g = 26,64 \text{ gr}$$

- Composición: 30% gránulo de caucho – 70% Látex

$$m_g = 3,7 \times 10^{-4} \frac{\text{gr}}{\text{mm}^3} \times 54000 \text{ mm}^3$$

$$m_g = 19,98 \text{ gr}$$

Cálculo de la masa del gránulo y látex para las diferentes configuraciones, del molde de ensayo a compresión (Para obtener: 5 probetas de material compuesto)

Gránulo de caucho reciclado Tipo A: 0-0,841mm o Tamiz #20

- Composición: 55% gránulo de caucho – 45% Látex

$$m_g = 2,36 \times 10^{-4} \frac{\text{gr}}{\text{mm}^3} \times 22705,38 \text{ mm}^3$$

$$m_g = 5,36 \text{ gr}$$

$$m_L = 1,32 \times 10^{-3} \frac{\text{gr}}{\text{mm}^3} \times 18577,13 \text{ mm}^3$$

$$m_L = 24,52 \text{ gr}$$

- Composición: 50% gránulo de caucho – 50% Látex

$$m_g = 2,36 \times 10^{-4} \frac{\text{gr}}{\text{mm}^3} \times 20641,25 \text{ mm}^3$$

$$m_g = 4,87 \text{ gr}$$

$$m_L = 1,32 \times 10^{-3} \frac{\text{gr}}{\text{mm}^3} \times 20641,25 \text{ mm}^3$$

$$m_L = 27,25 \text{ gr}$$

- Composición: 40% gránulo de caucho – 60% Látex

$$m_g = 2,36 \times 10^{-4} \frac{\text{gr}}{\text{mm}^3} \times 16513 \text{ mm}^3$$

$$m_g = 3,9 \text{ gr}$$

$$m_L = 1,32 \times 10^{-3} \frac{\text{gr}}{\text{mm}^3} \times 24769,5 \text{ mm}^3$$

$$m_L = 32,7 \text{ gr}$$

- Composición: 30% gránulo de caucho – 70% Látex

$$m_g = 2,36 \times 10^{-4} \frac{\text{gr}}{\text{mm}^3} \times 12384,75 \text{ mm}^3$$

$$m_g = 2,92 \text{ gr}$$

$$m_L = 1,32 \times 10^{-3} \frac{\text{gr}}{\text{mm}^3} \times 28897,75 \text{ mm}^3$$

$$m_L = 38,15 \text{ gr}$$

El valor de la masa del látex es el mismo para los tipos A y B de gránulo de caucho, por lo que ya no se calculó.

Gránulo de caucho reciclado Tipo B: 0,841-2mm o Tamiz #20-#10

- Composición: 55% gránulo de caucho – 45% Látex

$$m_g = 3,03 \times 10^{-4} \frac{gr}{mm^3} \times 22705,38 mm^3$$

$$m_g = 6,88 gr$$

- Composición: 50% gránulo de caucho – 50% Látex

$$m_g = 3,03 \times 10^{-4} \frac{gr}{mm^3} \times 20641,25 mm^3$$

$$m_g = 6,25 gr$$

- Composición: 40% gránulo de caucho – 60% Látex

$$m_g = 3,03 \times 10^{-4} \frac{gr}{mm^3} \times 16513 mm^3$$

$$m_g = 5 gr$$

- Composición: 30% gránulo de caucho – 70% Látex

$$m_g = 3,03 \times 10^{-4} \frac{gr}{mm^3} \times 12384,75 mm^3$$

$$m_g = 3,75 gr$$

Gránulo de caucho reciclado Tipo C: 2-2,5mm o Tamiz #10-#8

- Composición: 55% gránulo de caucho – 45% Látex

$$m_g = 3,7 \times 10^{-4} \frac{gr}{mm^3} \times 22705,38 mm^3$$

$$m_g = 8,4 gr$$

- Composición: 50% gránulo de caucho – 50% Látex

$$m_g = 3,7 \times 10^{-4} \frac{gr}{mm^3} \times 20641,25 \text{ mm}^3$$

$$m_g = 7,64 \text{ gr}$$

- Composición: 40% gránulo de caucho – 60% Látex

$$m_g = 3,7 \times 10^{-4} \frac{gr}{mm^3} \times 16513 \text{ mm}^3$$

$$m_g = 6,11 \text{ gr}$$

- Composición: 30% gránulo de caucho – 70% Látex

$$m_g = 3,7 \times 10^{-4} \frac{gr}{mm^3} \times 12384,75 \text{ mm}^3$$

$$m_g = 4,58 \text{ gr}$$

Cálculo de la masa del gránulo y látex para las diferentes configuraciones, del molde de ensayo de dureza (Para obtener: 5 probetas del material compuesto)

Gránulo de caucho reciclado Tipo A: 0-0,841mm o Tamiz #20

- Composición: 55% gránulo de caucho – 45% Látex

$$m_g = 2,36 \times 10^{-4} \frac{gr}{mm^3} \times 19800 \text{ mm}^3$$

$$m_g = 4,67 \text{ gr}$$

$$m_L = 1,32 \times 10^{-3} \frac{gr}{mm^3} \times 16200 \text{ mm}^3$$

$$m_L = 21,38 \text{ gr}$$

- Composición: 50% gránulo de caucho – 50% Látex

$$m_g = 2,36 \times 10^{-4} \frac{gr}{mm^3} \times 18000 \text{ mm}^3$$

$$m_g = 4,25 \text{ gr}$$

$$m_L = 1,32 \times 10^{-3} \frac{\text{gr}}{\text{mm}^3} \times 18000 \text{ mm}^3$$

$$m_L = 23,76 \text{ gr}$$

- Composición: 40% gránulo de caucho – 60% Látex

$$m_g = 2,36 \times 10^{-4} \frac{\text{gr}}{\text{mm}^3} \times 14400 \text{ mm}^3$$

$$m_g = 3,40 \text{ gr}$$

$$m_L = 1,32 \times 10^{-3} \frac{\text{gr}}{\text{mm}^3} \times 21600 \text{ mm}^3$$

$$m_L = 28,51 \text{ gr}$$

- Composición: 30% gránulo de caucho – 70% Látex

$$m_g = 2,36 \times 10^{-4} \frac{\text{gr}}{\text{mm}^3} \times 10800 \text{ mm}^3$$

$$m_g = 2,55 \text{ gr}$$

$$m_L = 1,32 \times 10^{-3} \frac{\text{gr}}{\text{mm}^3} \times 25200 \text{ mm}^3$$

$$m_L = 33,26 \text{ gr}$$

El valor de la masa del látex es el mismo para los tipos A y B de gránulo de caucho, por lo que ya no se calculó.

Gránulo de caucho reciclado Tipo B: 0,841-2mm o Tamiz #20-#10

- Composición: 55% gránulo de caucho – 45% Látex

$$m_g = 3,03 \times 10^{-4} \frac{\text{gr}}{\text{mm}^3} \times 19800 \text{ mm}^3$$

$$m_g = 6 \text{ gr}$$

- Composición: 50% gránulo de caucho – 50% Látex

$$m_g = 3,03 \times 10^{-4} \frac{gr}{mm^3} \times 18000 \text{ mm}^3$$

$$m_g = 5,45 \text{ gr}$$

- Composición: 40% gránulo de caucho – 60% Látex

$$m_g = 3,03 \times 10^{-4} \frac{gr}{mm^3} \times 14400 \text{ mm}^3$$

$$m_g = 4,36 \text{ gr}$$

- Composición: 30% gránulo de caucho – 70% Látex

$$m_g = 3,03 \times 10^{-4} \frac{gr}{mm^3} \times 10800 \text{ mm}^3$$

$$m_g = 3,27 \text{ gr}$$

Gránulo de caucho reciclado Tipo C: 2-2,5mm o Tamiz #10-#8

- Composición: 55% gránulo de caucho – 45% Látex

$$m_g = 3,7 \times 10^{-4} \frac{gr}{mm^3} \times 19800 \text{ mm}^3$$

$$m_g = 7,33 \text{ gr}$$

- Composición: 50% gránulo de caucho – 50% Látex

$$m_g = 3,7 \times 10^{-4} \frac{gr}{mm^3} \times 18000 \text{ mm}^3$$

$$m_g = 6,66 \text{ gr}$$

- Composición: 40% gránulo de caucho – 60% Látex

$$m_g = 3,7 \times 10^{-4} \frac{gr}{mm^3} \times 14400 \text{ mm}^3$$

$$m_g = 5,33 \text{ gr}$$

- Composición: 30% gránulo de caucho – 70% Látex

$$m_g = 3,7 \times 10^{-4} \frac{gr}{mm^3} \times 10800 \text{ mm}^3$$

$$m_g = 4 \text{ gr}$$

Cálculo de la masa del gránulo y látex para las diferentes configuraciones, del molde de ensayo de inflamabilidad (Para obtener: 1 lámina de material compuesto)

Se utilizó los cálculos solo de la mejor configuración de material seleccionado.

Gránulo de caucho reciclado Tipo A: 0-0,841mm o Tamiz #20

- Composición: 55% gránulo de caucho – 45% Látex

$$m_g = 2,36 \times 10^{-4} \frac{gr}{mm^3} \times 61875 \text{ mm}^3$$

$$m_g = 14,6 \text{ gr}$$

$$m_L = 1,32 \times 10^{-3} \frac{gr}{mm^3} \times 50625 \text{ mm}^3$$

$$m_L = 66,83 \text{ gr}$$

- Composición: 50% gránulo de caucho – 50% Látex

$$m_g = 2,36 \times 10^{-4} \frac{gr}{mm^3} \times 56250 \text{ mm}^3$$

$$m_g = 13,28 \text{ gr}$$

$$m_L = 1,32 \times 10^{-3} \frac{gr}{mm^3} \times 56250 \text{ mm}^3$$

$$m_L = 74,25 \text{ gr}$$

- Composición: 40% gránulo de caucho – 60% Látex

$$m_g = 2,36 \times 10^{-4} \frac{gr}{mm^3} \times 45000 \text{ mm}^3$$

$$m_g = 10,62 \text{ gr}$$

$$m_L = 1,32 \times 10^{-3} \frac{\text{gr}}{\text{mm}^3} \times 67500 \text{ mm}^3$$

$$m_L = 89,1 \text{ gr}$$

- Composición: 30% gránulo de caucho – 70% Látex

$$m_g = 2,36 \times 10^{-4} \frac{\text{gr}}{\text{mm}^3} \times 33750 \text{ mm}^3$$

$$m_g = 7,97 \text{ gr}$$

$$m_L = 1,32 \times 10^{-3} \frac{\text{gr}}{\text{mm}^3} \times 78750 \text{ mm}^3$$

$$m_L = 103,95 \text{ gr}$$

El valor de la masa del látex es el mismo para los tipos A y B de gránulo de caucho, por lo que ya no se calculó.

Gránulo de caucho reciclado Tipo B: 0,841-2mm o Tamiz #20-#10

- Composición: 55% gránulo de caucho – 45% Látex

$$m_g = 3,03 \times 10^{-4} \frac{\text{gr}}{\text{mm}^3} \times 61875 \text{ mm}^3$$

$$m_g = 18,75 \text{ gr}$$

- Composición: 50% gránulo de caucho – 50% Látex

$$m_g = 3,03 \times 10^{-4} \frac{\text{gr}}{\text{mm}^3} \times 56250 \text{ mm}^3$$

$$m_g = 17,04 \text{ gr}$$

- Composición: 40% gránulo de caucho – 60% Látex

$$m_g = 3,03 \times 10^{-4} \frac{\text{gr}}{\text{mm}^3} \times 45000 \text{ mm}^3$$

$$m_g = 13,64 \text{ gr}$$

- Composición: 30% gránulo de caucho – 70% Látex

$$m_g = 3,03 \times 10^{-4} \frac{\text{gr}}{\text{mm}^3} \times 33750 \text{ mm}^3$$

$$m_g = 10,23 \text{ gr}$$

Gránulo de caucho reciclado Tipo C: 2-2,5mm o Tamiz #10-#8

- Composición: 55% gránulo de caucho – 45% Látex

$$m_g = 3,7 \times 10^{-4} \frac{\text{gr}}{\text{mm}^3} \times 61875 \text{ mm}^3$$

$$m_g = 22,89 \text{ gr}$$

- Composición: 50% gránulo de caucho – 50% Látex

$$m_g = 3,7 \times 10^{-4} \frac{\text{gr}}{\text{mm}^3} \times 56250 \text{ mm}^3$$

$$m_g = 20,81 \text{ gr}$$

- Composición: 40% gránulo de caucho – 60% Látex

$$m_g = 3,7 \times 10^{-4} \frac{\text{gr}}{\text{mm}^3} \times 45000 \text{ mm}^3$$

$$m_g = 16,65 \text{ gr}$$

- Composición: 30% gránulo de caucho – 70% Látex

$$m_g = 3,7 \times 10^{-4} \frac{\text{gr}}{\text{mm}^3} \times 33750 \text{ mm}^3$$

$$m_g = 12,49 \text{ gr}$$

Concluido el cálculo de la masa y volumen a utilizarse en la matriz y el refuerzo en cada configuración volumétrica, se recopiló todos los resultados en la tabla 26.

Tabla 26. Datos generales de masa y volumen requerido para elaborar probetas de tracción, compresión, dureza e inflamabilidad

Tamaño de gránulo	Composición volumétrica	Moldes para elaborar probetas								
		Tracción		Compresión		Dureza		Inflamabilidad		
		Volumen (mm ³)	Masa (gr)	Volumen (mm ³)	Masa (gr)	Volumen (mm ³)	Masa (gr)	Volumen (mm ³)	Masa (gr)	
TIPO A mm 0 - 0,841 Tamiz #20	1	55% Gránulo	99000	23,36	22705,38	5,36	19800	4,67	61875	14,6
		45% Látex	81000	106,92	18577,13	24,52	16200	21,38	50625	66,83
	2	50% Gránulo	90000	21,24	20641,25	4,87	18000	4,25	56250	13,28
		50% Látex	90000	118,8	20641,25	27,25	18000	23,76	56250	74,25
	3	40% Gránulo	72000	16,99	16513	3,9	14400	3,4	45000	10,62
		60% Látex	108000	142,56	24769,5	32,7	21600	28,51	67500	89,1
		30% Gránulo	54000	12,74	12384,75	2,92	10800	2,55	33750	7,97
4	70% Látex	126000	166,32	28897,75	38,15	25200	33,26	78750	103,95	
TIPO B mm 0,841 - 2 Tamiz #20-# 10	1	55% Gránulo	99000	30	22705,38	6,88	19800	6	61875	18,75
		45% Látex	81000	106,92	18577,13	24,52	16200	21,38	50625	66,83
	2	50% Gránulo	90000	27,27	20641,25	6,25	18000	5,45	56250	17,04
		50% Látex	90000	118,8	20641,25	27,25	18000	23,76	56250	74,25
	3	40% Gránulo	72000	21,82	16513	5	14400	4,36	45000	13,64
		60% Látex	108000	142,56	24769,5	32,7	21600	28,51	67500	89,1
	4	30% Gránulo	54000	16,36	12384,75	3,75	10800	3,27	33750	10,23
70% Látex	126000	166,32	28897,75	38,15	25200	33,26	78750	103,95		
TIPO C mm 2 - 2,5 Tamiz #10-# 8	1	55% Gránulo	99000	36,63	22705,38	8,4	19800	7,33	61875	22,89
		45% Látex	81000	106,92	18577,13	24,52	16200	21,38	50625	66,83
	2	50% Gránulo	90000	33,3	20641,25	7,64	18000	6,66	56250	20,81
		50% Látex	90000	118,8	20641,25	27,25	18000	23,76	56250	74,25
	3	40% Gránulo	72000	26,64	16513	6,11	14400	5,33	45000	16,65
		60% Látex	108000	142,56	24769,5	32,7	21600	28,51	67500	89,1
	4	30% Gránulo	54000	19,98	12384,75	4,58	10800	4	33750	12,49
70% Látex	126000	166,32	28897,75	38,15	25200	33,26	78750	103,95		

Fuente: El autor

Los datos de masa y volumen recopilados en esta tabla sirvió para realizar la mezcla entre la matriz y el refuerzo, el material producto de la combinación de gránulo de caucho reciclado y látex, se colocó en los respectivos moldes para posteriormente obtener las probetas. En el caso de inflamabilidad se utilizó los valores solo de la mejor configuración. En total son 12 configuraciones y 4 diferentes tipos de moldes.

La cantidad de masa que se calculó de matriz y refuerzo alcanzó para elaborar, de cada configuración volumétrica (doce configuraciones):

- 1 lámina para cortar y elaborar 5 probetas para ensayo de tracción
- 5 probetas para ensayo de compresión
- 5 probetas para ensayo de dureza

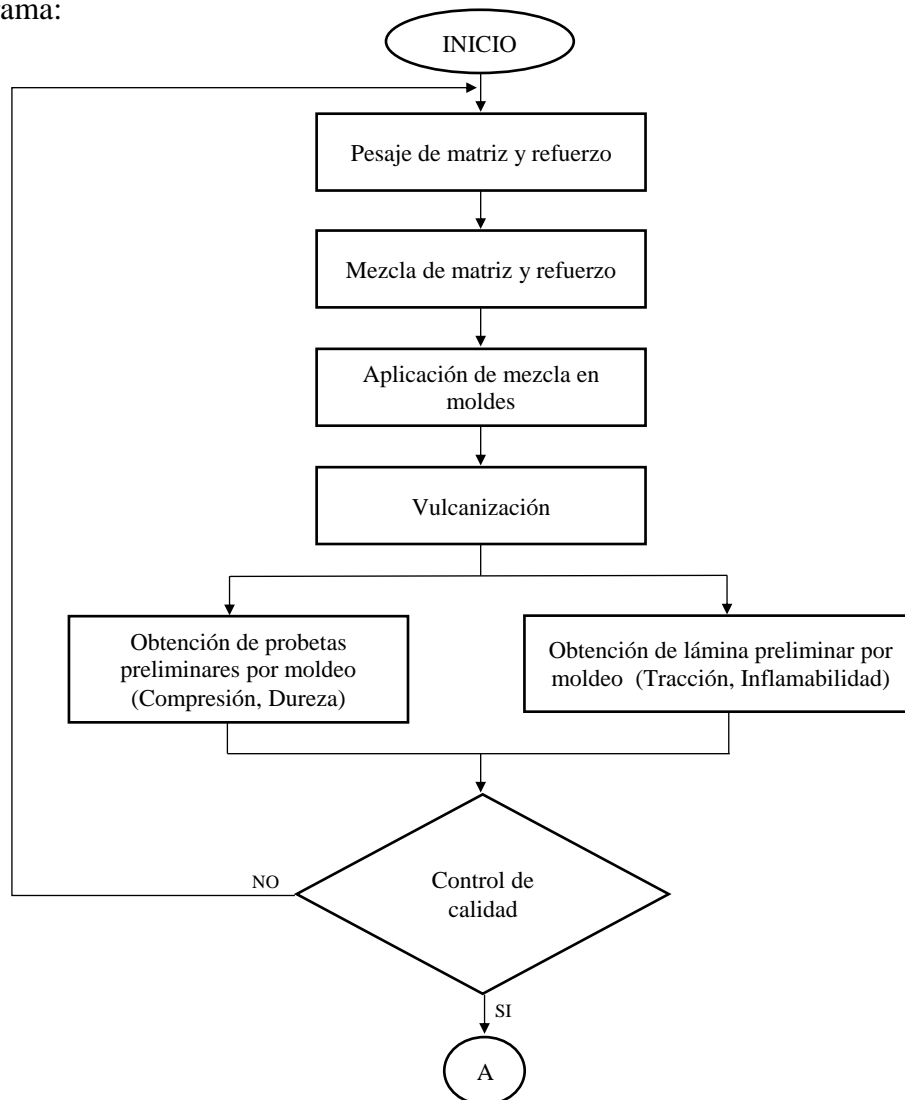
Para la mejor configuración seleccionada:

- 1 lámina para cortar y elaborar 20 probetas para ensayo de inflamabilidad

3.5.6 ELABORACIÓN DE LAS PROBETAS

Elaboramos doce configuraciones para la investigación, fabricamos 5 probetas por cada configuración para los ensayos de tracción, compresión y dureza, es decir 60 para cada ensayo, un total de 180 probetas. Para el ensayo de inflamabilidad se seleccionó la mejor combinación y para esta se elaboró 20 probetas. En total para todo el estudio se fabricó 200 probetas.

Se realizó un procedimiento que nos permitió elaborar las probetas para los ensayos de tracción, compresión, dureza e inflamabilidad, este se indica en el siguiente diagrama:



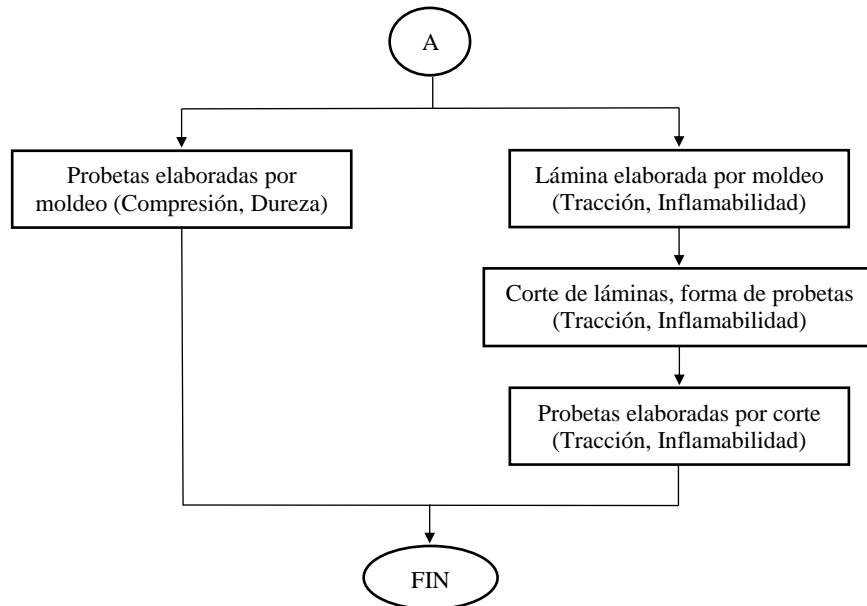


Fig. 37. Diagrama de lineamientos a seguir para la elaboración de las probetas
Fuente: El autor

Este procedimiento se aplicó a cada tipo de configuración de forma individual, en total son 12 configuraciones y cuatro tipos de moldes.

Pesaje de matriz (látex) y refuerzo (gránulo de caucho reciclado)

El pesaje del látex y gránulo de caucho reciclado, se lo realizó utilizando una balanza electrónica, y usando los valores de masa calculados anteriormente, recopilados en la tabla 26. La masa de matriz y refuerzo utilizada, estuvo en relación de la configuración correspondiente. En el caso de inflamabilidad solo de la mejor configuración de material compuesto.



Fig. 38. Pesaje de látex y gránulo de caucho
Fuente: Colorplast

Mezcla de matriz (látex) y refuerzo (gránulo de caucho reciclado)

Teniendo el látex y el gránulo de caucho pesados, se vierte el gránulo de caucho en el látex (no en sentido contrario), de esta manera no se pierde material. Finalmente se

mezcla los dos materiales, revolviéndolo por treinta segundos con una cuchara. La mezcla no debe pasar más de un minuto en el ambiente antes de colocarla en el molde.



Fig. 39. Mezcla de látex y gránulo de caucho
Fuente: El autor

Aplicación de la mezcla matriz – refuerzo en los moldes

Con la mezcla lista, se procedió a colocar en los moldes inmediatamente, dentro de un periodo de un minuto, caso contrario la mezcla se endurece y se daña. El material se extendió en todo el molde y ocupa todo el volumen del mismo. Los cálculos anteriormente realizados, nos permiten que el material mezclado tenga el volumen exacto del molde.



Fig. 40. Aplicación del material compuesto en los moldes
Fuente: El autor

Vulcanización del material compuesto

Teniendo el molde con el material compuesto aplicado, se pasó al proceso de vulcanización, el cual consistió en meter el molde en un horno previamente calentado. El horno se encuentra a 177 °C y se demoró en vulcanizar: tres minutos las probetas de dureza, cinco minutos las probetas para compresión y tres minutos las láminas para tracción, e inflamabilidad. Terminado el proceso de vulcanización se retiró los moldes del horno y se procedió a enfriarlos en un tanque con agua a temperatura ambiente.

Finalmente, se retiró las probetas de compresión y dureza del molde, así también las láminas para tracción e inflamabilidad.



Fig. 41. Vulcanización del material compuesto
Fuente: Colorplast

Control de calidad de probetas y láminas

Se midió las dimensiones de las probetas y de las láminas, también se analizó la compactación y la vulcanización correcta del material, no deben tener defectos.



Fig. 42. Control de calidad de probetas y láminas
Fuente: El autor

Obtención de probetas para ensayo de compresión y dureza

Las probetas para ensayos de compresión y dureza que pasaron el control de calidad, estuvieron listas para ser utilizadas en los ensayos correspondiente, estas probetas se las obtuvo directamente por moldeo. Se fabricaron 5 probetas para cada configuración, es decir 60 probetas para ensayo de compresión y 60 para ensayo de dureza.



Fig. 43. Probetas para ensayos de compresión y dureza
Fuente: El autor

Corte de las láminas para obtener probetas de tracción e inflamabilidad

Las láminas para ensayo de tracción e inflamabilidad que pasaron el control de calidad, estuvieron preparadas para el corte.

Corte de las probetas para el ensayo de tracción, para realizarlo se utilizó un troquel y una máquina troqueladora. Se colocó la lámina del material compuesto en la mesa de la máquina troqueladora y se ubicó el troquel sobre la lámina de material compuesto. Se ejerció presión en la palanca de la máquina troqueladora y se obtuvo las probetas cortadas. De esta forma se obtuvo las probetas para ensayo de tracción.

Elaboramos 5 probetas para cada configuración, tenemos 12 configuraciones, por lo que se fabricó 60 probetas para el ensayo de tracción.



Fig. 44. Corte de probetas para ensayos de tracción con troquel
Fuente: Colorplast

Corte de las probetas para ensayo de inflamabilidad, para elaborarlo se utilizó una regleta que nos permitió guiar el corte realizado por un estilete.



Fig. 45. Corte de probetas para ensayos de inflamabilidad
Fuente: El autor

Se elaboró 20 probetas para ensayo de inflamabilidad, de la mejor configuración del material compuesto, 10 probetas son para ser ensayadas en el laboratorio y las otras 10 son para contra-muestras.

De esta manera se finalizó con la elaboración de las probetas para los ensayos de tracción, compresión, dureza e inflamabilidad.

3.5.7 EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS DEL MATERIAL COMPUESTO

3.5.7.1 ENSAYO A TRACCIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO

Los ensayos a tracción se realizaron en el Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero del gobierno provincial de Tungurahua, para este ensayo se utilizó la norma NTE INEN 1165.

La normativa indicó los equipos a utilizar, la preparación de las probetas, el procedimiento para ejecutar el ensayo, expresión de resultados y contenido del informe del ensayo.

Se ensayaron 60 probetas, 5 probetas por cada configuración.

Equipos a utilizar para el ensayo a tracción

Máquina de ensayos universales de 50 KN, para materiales poliméricos, cerámicos, compuestos y metales ligeros, de marca Metrotec, serie MTE50. Esta máquina cumplió con los requisitos especificados en la norma.

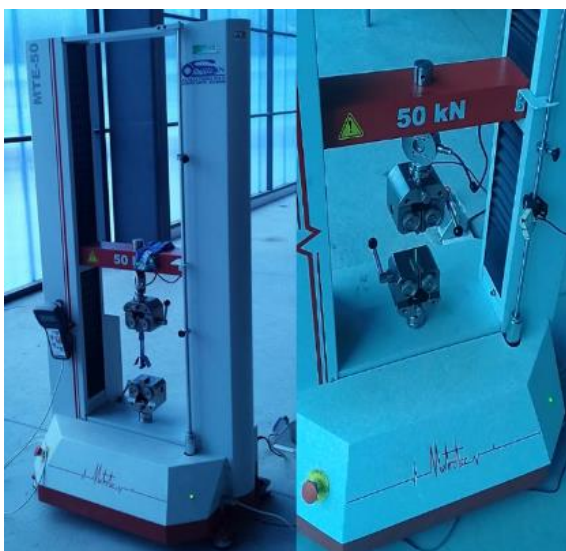


Fig. 46. Máquina de ensayos universales
Fuente: Centro de Fomento Carrocero

Procedimiento para ejecutar el ensayo a tracción

- Los ensayos se deben realizar en un periodo entre 16 horas y 3 meses después del vulcanizado. Caso contrario se descarta las probetas.

- Colocamos la probeta estandarizada en la máquina de ensayos universales, revisando que las mordazas ajusten adecuadamente la probeta y que esta esté ubicada simétricamente.
- Se aplicó una precarga de 0,1 Mpa, para que la probeta se estire adecuadamente.
- Se calibró la máquina de ensayos universales para que tenga una velocidad constante de desplazamiento de 500 mm/min.
- Iniciamos la máquina y monitoreamos los resultados durante el tiempo que duró el ensayo de tracción.
- Las probetas que se rompieron fuera del rango admitido por la norma, quedaran descartadas y deberán ser reemplazadas.

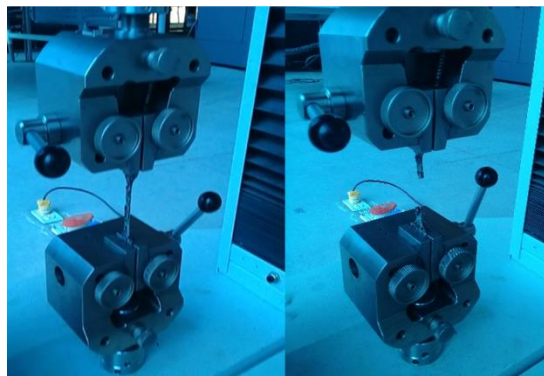


Fig. 47. Probeta en proceso de ensayo a tracción
Fuente: Centro de Fomento Carrocero

Este procedimiento se realizó para las 60 probetas a ensayar, 5 probetas por cada configuración.

Expresión de resultados

La máquina de ensayos universales nos entregó los resultados de: Fuerza máxima, Esfuerzo máximo, Fuerza en la rotura y Esfuerzo en la rotura. Pero la normativa también nos permitió calcular los valores utilizando las siguientes ecuaciones:

Donde:

F_m = fuerza máxima registrada (newtons)

F_b = fuerza a rotura registrada (newtons)

L_o = longitud inicial de la prueba (milímetros)

L_m = longitud de la prueba a la fuerza máxima (milímetros)

L_b = longitud de la prueba a la rotura (milímetros)

W = ancho de la probeta (milímetros)

e = espesor de la probeta (milímetros)

Resistencia a la tracción máxima o esfuerzo máximo, expresado en mega pascales:

$$TSm = \frac{Fm}{We} \quad \text{Ec. (9)}$$

Porcentaje de elongación máxima:

$$Em = \frac{100 (Lm - L_o)}{L_o} \quad \text{Ec. (10)}$$

Resistencia a la tracción en la rotura o esfuerzo en la rotura, expresado en mega pascales:

$$TSb = \frac{Fb}{We} \quad \text{Ec. (11)}$$

Porcentaje de elongación en la rotura:

$$Eb = \frac{100 (L_b - L_o)}{L_o} \quad \text{Ec. (12)}$$

Los resultados obtenidos del ensayo a tracción, fueron la media aritmética de los resultados de las 5 probetas ensayadas del mismo tipo. Esto para cada configuración.

3.5.7.2 ENSAYO A COMPRESIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO

Los ensayos a compresión se realizaron en la empresa Color Plast en la ciudad de Ambato, para este ensayo se utilizó la norma NTE INEN 889.

La normativa indicó el instrumental a utilizar, la preparación de las probetas, el procedimiento para ejecutar el ensayo, expresión de resultados y contenido del informe del ensayo.

Se ensayaron 60 probetas, 5 probetas por cada configuración.

Instrumental a utilizar para el ensayo a compresión

Dispositivo para compresión tipo B, este consta de cuatro placas paralelas rígidas, las cuales están sujetadas por tornillos que poseen espaciadores de tamaño estandarizado.



Fig. 48. Dispositivo de compresión
Fuente: Colorplast

Procedimiento para ejecutar el ensayo a compresión

- Los ensayos se deben realizar en un periodo entre las 16 y 800 horas después del vulcanizado. Caso contrario se descarta las probetas.
- Las probetas deben limpiarse, no deben contener sustancias lubricantes.
- Se midió el espesor inicial de las probetas con un reloj comparador micrométrico.



Fig. 49. Reloj comparador micrométrico
Fuente: Colorplast

- Colocamos una probeta en el centro, en cada espacio entre placas, un total tres probetas y apretamos los tornillos hasta que las placas topen los separadores y se encuentren paralelas entre sí.



Fig. 50. Ajuste de los tornillos del aparato de compresión
Fuente: Colorplast

- Concluido el periodo de compresión, el cual es de 24 horas a temperatura ambiente, se desatornilló el aparato y se sacó las probetas. Se dejó reposar las probetas por 30 minutos y se volvió a medir el espesor.



Fig. 51. Medición de las probetas de compresión luego del ensayo
Fuente: Colorplast

- Se corta las probetas ensayadas para verificar que no posean defectos internos, de ser así se descarta el ensayo.

Este procedimiento se realizó para las 60 probetas a ensayar, 5 probetas por cada configuración.

Expresión de resultados

Para calcular la compresión residual a carga constante, se utilizó ecuación 13.

Donde:

t_o = espesor inicial de la probeta (milímetros)

t_r = espesor final de la probeta (milímetros)

t_s = espesor del espaciador (milímetros)

Compresión residual bajo carga constante:

$$C = \frac{t_o - t_r}{t_o - t_s} \quad \text{Ec. (13)}$$

Los resultados obtenidos del ensayo a compresión, fueron la media aritmética de los resultados de las 5 probetas ensayadas del mismo tipo. Esto para cada configuración.

3.5.7.3 ENSAYO DE DUREZA DEL MATERIAL COMPUESTO

Los ensayos de dureza se realizaron en la empresa Color Plast, en la ciudad de Ambato, para este ensayo se utilizó la norma NTE INEN 887.

La normativa indicó el instrumental a utilizar, la preparación de las probetas, el procedimiento para ejecutar el ensayo, expresión de resultados y contenido del informe del ensayo. Se ensayaron 60 probetas, 5 probetas por cada configuración.

Instrumental a utilizar para el ensayo de dureza

Durómetro digital portátil, shore D de escala 0 – 100 HD, modelo GM-SHORED, marca PCE Instruments.



Fig. 52. Medidor de dureza (Durómetro)
Fuente: Colorplast

Procedimiento para ejecutar el ensayo de dureza

- Los ensayos se deben realizar en un periodo entre las 16 y 72 horas después del vulcanizado. Caso contrario se descarta las probetas.
- Las probetas deben estar lisas, paralelas y planas en los lados paralelos.
- Se colocó la probeta sobre la mesa del dispositivo mecánico que mide el incremento de profundidad.
- Se configuró el dispositivo mecánico para que aplique una profundidad y fuerza constante en todos los ensayos.
- Se colocó el durómetro en el dispositivo mecánico y se aplicó la fuerza sobre la probeta, se lee el resultado de dureza.



Fig. 53. Dispositivo mecánico que controla profundidad y fuerza
Fuente: Colorplast

- Se midió la dureza en cinco puntos de la probeta, los puntos se marcaron según dimensiones de la probeta, en nuestro caso de 30 mm por lado y 8mm de espesor, la distancia mínima entre puntos y borde es de 9 mm. El resultado de dureza de la probeta fue la media aritmética de los cinco resultados medidos. Este procedimiento se realizó para las 60 probetas a ensayar, 5 probetas por cada configuración.

Expresión de resultados

Para calcular la dureza de la probeta se utilizó la ecuación 14.

Donde:

$d_{1,2,3,4,5}$ = valor de dureza en diferentes puntos (Shore D)

Dureza de la probeta:

$$d = \frac{d1+d2+d3+d4+d5}{5} \quad \text{Ec. (14)}$$

Los resultados obtenidos en dureza Shore D, se los puede transformar a dureza shore A y grados IRHD por medio de tablas de conversión.

Los resultados obtenidos del ensayo de dureza, fue la media aritmética de los resultados de las 5 probetas ensayadas del mismo tipo. Esto para cada configuración.

3.5.7.3 ENSAYO DE INFLAMABILIDAD DE LA MEJOR CONFIGURACIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO

Los ensayos de inflamabilidad se realizaron en la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, en los laboratorios de Ensayos Metrológicos y de Materiales (LEMAT), en la ciudad de Guayaquil, para este ensayo se utilizó la norma ASTM D635 - 14.

La normativa indicó el instrumental a utilizar, la preparación de las probetas, el procedimiento para ejecutar el ensayo, expresión de resultados y contenido del informe del ensayo. Se ensayaron 10 probetas de la mejor configuración del material compuesto y se utilizaron 10 probetas de contra-muestra que se quedaron en el laboratorio.

Instrumental a utilizar para el ensayo de inflamabilidad



Fig. 54. Mechero Bunsen
Fuente: LEMAT

Mechero Bunsen, con una base reguladora, la base permite graduar el mechero a diferentes ángulos. El gas que utiliza es GLP.

Procedimiento para ejecutar el ensayo de inflamabilidad

- Se realizó una marca de referencia a las probetas a 25 mm de los extremos.

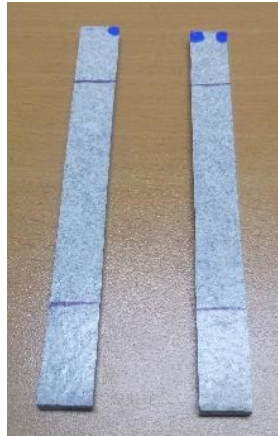


Fig. 55. Marcado de probetas para ensayo de inflamabilidad
Fuente: Autor

- Se fijó la probeta en uno de los extremos marcados, en un soporte con su eje longitudinal en posición horizontal y su eje transversal con un ángulo de inclinación de $45 \pm 2^\circ$.

- El mechero en posición vertical, se lo colocó alejado de la probeta y se encendió, se ajusta para producir una llama azul de 20 ± 2 mm de altura. Se mantuvo el mechero encendido por 10 minutos hasta que alcanzó condiciones de equilibrio.

- Se inclinó el mechero hacia el extremo de la muestra a un ángulo de $45 \pm 2^\circ$.



Fig. 56. Mechero acercándose a la muestra
Fuente: LEMAT

- Se acercó la llama hacia el extremo de la probeta. Se tomó el tiempo que se demoró la llama en recorrer desde la marca de 25mm hasta el tope, es decir 75 mm.



Fig. 57. Medición de velocidad de quemado
Fuente: LEMAT

Este procedimiento se realizó para las 10 probetas a ensayar, de la mejor configuración del material compuesto.

Expresión de resultados

Para calcular la velocidad de quemado se utilizó la ecuación 15.

Donde:

L = longitud recorrida por la llama (milímetros)

t = tiempo de quemado (minutos)

Velocidad de quemado:

$$V = \frac{L}{t} \quad \text{Ec. (15)}$$

Los resultados obtenidos del ensayo de inflamabilidad, fueron la media aritmética de los resultados de las 10 probetas ensayadas del mismo tipo. Esto para cada configuración.

De esta manera se desarrolló los ensayos de tracción, compresión dureza e inflamabilidad, los resultados de estos ensayos fueron recopilados en fichas técnicas.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS

Los resultados que se obtuvieron luego de realizarse los ensayos de tracción, compresión y dureza, se los recopiló en fichas técnicas. Las fichas técnicas sirvieron para analizar e interpretar los resultados.

Para el ensayo de tracción, se utilizó la norma NTE INEN 1165, la cual nos indicó que resultados debemos obtener del estudio. Mediante este ensayo se va a obtuvo los resultados de: Fuerza máxima, Fuerza en la rotura, Resistencia a la tracción en la fuerza máxima, Resistencia a la tracción en la fuerza de rotura, Porcentaje de elongación en la fuerza máxima, Porcentaje de elongación en la rotura.



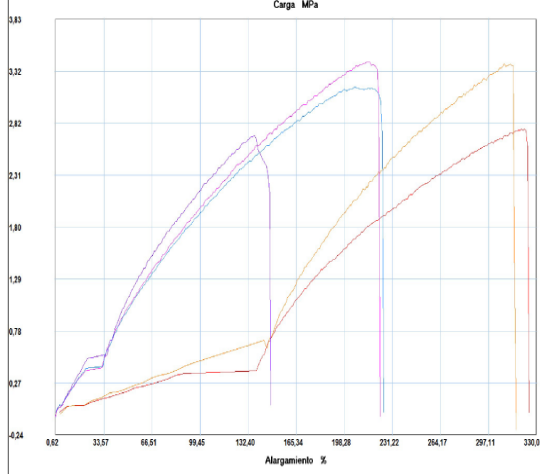
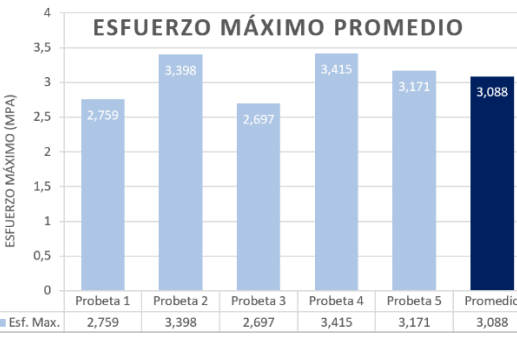
Para el ensayo de compresión, se utilizó la norma NTE INEN 889, la cual nos indicó que resultados debemos obtener del estudio. Mediante este ensayo se obtuvo el resultado de: Compresión residual.

Para el ensayo de dureza, se utilizó la norma NTE INEN 887, la cual nos indicó que resultados debemos obtener del estudio. Mediante este ensayo se obtuvo el resultado de: Dureza Shore.

Utilizamos los resultados obtenidos para evaluar la mejor configuración de material compuesto.



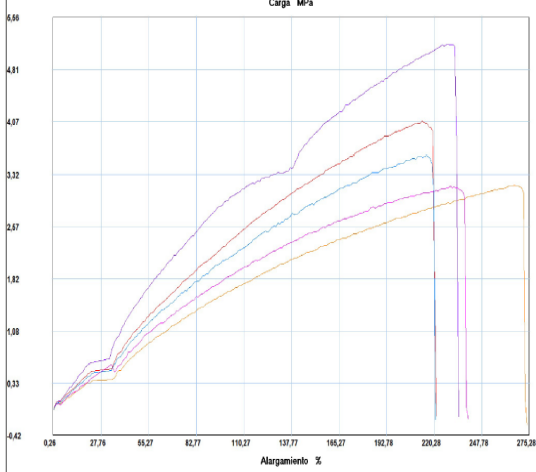
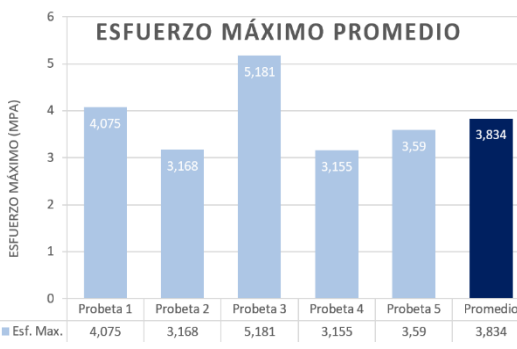
4.1.1 RECOLECCIÓN DE DATOS DE RESULTADOS DE ENSAYO A TRACCIÓN

Ficha Técnica 1. Resultados de ensayo a tracción de la configuración A1: 45% Látex - 55% Gránulo

		REGISTRO DE DATOS																																														
		ENSAYO A TRACCIÓN																																														
		NORMA - NTE INEN 1165																																														
		GRÁNULO DE CAUCHO (0 - 0,841 mm o Tamiz #20)																																														
Fecha:	23/05/2017	Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero																																													
Ciudad:	Ambato																																															
Máquina:	Máquina Universal - Metrotec MTE 50																																															
Configuración:	A1	Estratificación:	Manual																																													
Matriz:	Látex sintético	Frac. Volumétrica:	45%																																													
Refuerzo:	Gránulo de caucho reciclado	Frac. Volumétrica:	55%																																													
Número de probetas:	5	Tipo de Probeta:	Halterío																																													
Espesor promedio:	2,39 mm	Velocidad de ensayo:	500 mm/min																																													
Temperatura:	18 °C	Humedad relativa:	78%																																													
RESULTADOS OBTENIDOS																																																
Probeta N°	Fuerza Máxima (N)	Esfuerzo Máximo (Mpa)	% Elongación en la Fmax	Fuerza en la Rotura (N)	Esfuerzo en la Rotura (Mpa)	% Elongación en la Rotura																																										
1	51,53	2,759	258,325	51,19	2,741	262,17																																										
2	38,77	3,398	237,96	38,6	3,383	245,67																																										
3	32,73	2,697	162,46	25,85	2,13	175,325																																										
4	49,68	3,415	258,905	48,68	3,347	267,96																																										
5	60,93	3,171	248,815	58,24	3,031	291,2																																										
Promedio	46,728	3,088	233,293	44,512	2,926	248,465																																										
Desv. Est.	11,099	0,343	40,505	12,586	0,516	44,021																																										
GRÁFICAS DE RESULTADOS																																																
																																																
																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Probeta</th> <th>FMax N</th> <th>FYield N</th> <th>FRot N</th> <th>CMax MPa</th> <th>C.Yield MPa</th> <th>CRot MPa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>51,53</td> <td>8,90</td> <td>51,19</td> <td>2,76</td> <td>0,48</td> <td>2,74</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>38,77</td> <td>7,89</td> <td>38,60</td> <td>3,40</td> <td>0,69</td> <td>3,38</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>32,73</td> <td>4,36</td> <td>25,85</td> <td>2,70</td> <td>0,36</td> <td>2,13</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>49,68</td> <td>7,89</td> <td>48,68</td> <td>3,42</td> <td>0,54</td> <td>3,35</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>60,93</td> <td>10,74</td> <td>58,24</td> <td>3,17</td> <td>0,56</td> <td>3,03</td> </tr> </tbody> </table>							Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa	1	51,53	8,90	51,19	2,76	0,48	2,74	2	38,77	7,89	38,60	3,40	0,69	3,38	3	32,73	4,36	25,85	2,70	0,36	2,13	4	49,68	7,89	48,68	3,42	0,54	3,35	5	60,93	10,74	58,24	3,17	0,56	3,03
Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa																																										
1	51,53	8,90	51,19	2,76	0,48	2,74																																										
2	38,77	7,89	38,60	3,40	0,69	3,38																																										
3	32,73	4,36	25,85	2,70	0,36	2,13																																										
4	49,68	7,89	48,68	3,42	0,54	3,35																																										
5	60,93	10,74	58,24	3,17	0,56	3,03																																										
Esfuerzo Máximo Promedio (Mpa):					3,088																																											
Espesor promedio (mm)					2,39																																											
Observaciones:					Excelente fusión entre matriz y refuerzo, además las probetas se rompieron dentro de la zona angosta y de la longitud de ensayo por lo que se aceptan todos los resultados.																																											
Elaborado por:		Franco Palacios		Revisado por :		Ing. Henry Vaca																																										



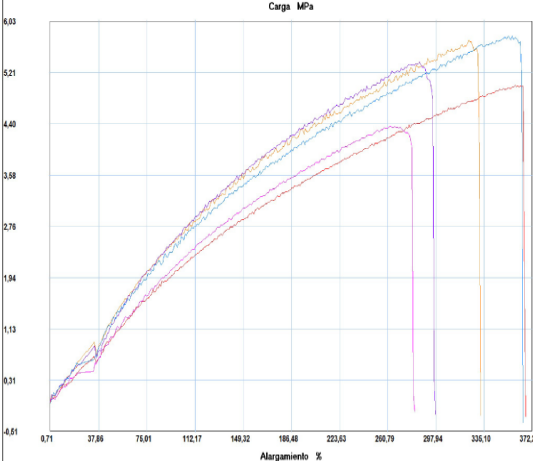
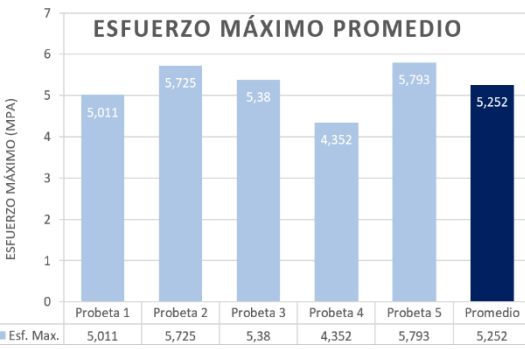
Fuente: El autor

Ficha Técnica 2. Resultados de ensayo a tracción de la configuración A2: 50%Látex - 50%Gránulo

		REGISTRO DE DATOS																																														
		ENSAYO A TRACCIÓN																																														
		NORMA - NTE INEN 1165																																														
		GRÁNULO DE CAUCHO (0 - 0,841 mm o Tamiz #20)																																														
Fecha:	23/05/2017	Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero																																													
Ciudad:	Ambato																																															
Máquina:	Máquina Universal - Metrotec MTE 50																																															
Configuración:	A2	Estratificación:	Manual																																													
Matriz:	Látex sintético	Frac. Volumétrica:	50%																																													
Refuerzo:	Gránulo de caucho reciclado	Frac. Volumétrica:	50%																																													
Número de probetas:	5	Tipo de Probeta:	Halterío																																													
Espesor promedio:	2,03 mm	Velocidad de ensayo:	500 mm/min																																													
Temperatura:	18 °C	Humedad relativa:	78%																																													
RESULTADOS OBTENIDOS																																																
Probeta N°	Fuerza Máxima (N)	Esfuerzo Máximo (Mpa)	% Elongación en la Fmax	Fuerza en la Rotura (N)	Esfuerzo en la Rotura (Mpa)	% Elongación en la Rotura																																										
1	50,02	4,075	258,025	48,34	3,938	265,735																																										
2	44,82	3,168	324,34	43,14	3,049	331,305																																										
3	55,89	5,181	276,92	55,56	5,15	282,085																																										
4	44,48	3,155	278,575	42,13	2,988	288,885																																										
5	45,66	3,59	261,255	44,31	3,483	265,135																																										
Promedio	48,174	3,834	279,823	46,696	3,722	286,629																																										
Desv. Est.	4,852	0,842	26,513	5,488	0,885	27,02																																										
GRÁFICAS DE RESULTADOS																																																
																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Probeta</th> <th>FMax N</th> <th>FYield N</th> <th>FRot N</th> <th>CMax MPa</th> <th>C.Yield MPa</th> <th>CRot MPa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>50,02</td> <td>8,06</td> <td>48,34</td> <td>4,08</td> <td>0,66</td> <td>3,94</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>44,82</td> <td>7,89</td> <td>43,14</td> <td>3,17</td> <td>0,56</td> <td>3,05</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>55,89</td> <td>10,07</td> <td>55,56</td> <td>5,18</td> <td>0,93</td> <td>5,15</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>44,48</td> <td>8,39</td> <td>42,13</td> <td>3,15</td> <td>0,60</td> <td>2,99</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>45,66</td> <td>7,72</td> <td>44,31</td> <td>3,59</td> <td>0,61</td> <td>3,48</td> </tr> </tbody> </table>							Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa	1	50,02	8,06	48,34	4,08	0,66	3,94	2	44,82	7,89	43,14	3,17	0,56	3,05	3	55,89	10,07	55,56	5,18	0,93	5,15	4	44,48	8,39	42,13	3,15	0,60	2,99	5	45,66	7,72	44,31	3,59	0,61	3,48
Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa																																										
1	50,02	8,06	48,34	4,08	0,66	3,94																																										
2	44,82	7,89	43,14	3,17	0,56	3,05																																										
3	55,89	10,07	55,56	5,18	0,93	5,15																																										
4	44,48	8,39	42,13	3,15	0,60	2,99																																										
5	45,66	7,72	44,31	3,59	0,61	3,48																																										
Esfuerzo Máximo Promedio (Mpa):				3,834																																												
Espesor promedio (mm)				2,03																																												
Observaciones:				Excelente fusión entre matriz y refuerzo, además las probetas se rompieron dentro de la zona angosta y de la longitud de ensayo por lo que se aceptan todos los resultados.																																												
Elaborado por:		Franco Palacios		Revisado por :		Ing. Henry Vaca																																										



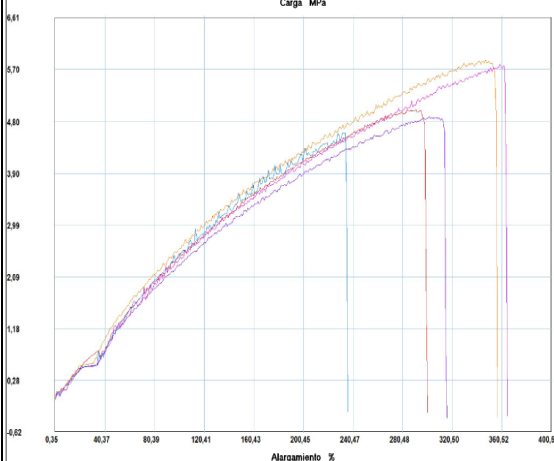
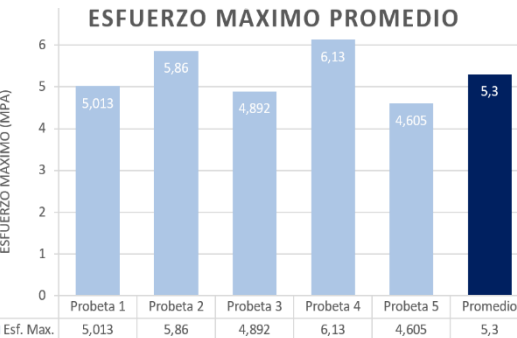
Fuente: El autor

Ficha Técnica 3. Resultados de ensayo a tracción de la configuración A3: 60%Látex - 40%Gránulo

		REGISTRO DE DATOS																																														
		ENSAYO A TRACCIÓN																																														
		NORMA - NTE INEN 1165																																														
		GRÁNULO DE CAUCHO (0 - 0,841 mm o Tamiz #20)																																														
Fecha:	23/05/2017	Lugar:		Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero																																												
Ciudad:	Ambato																																															
Máquina:	Máquina Universal - Metrotec MTE 50																																															
Configuración:	A3	Estratificación:		Manual																																												
Matriz:	Látex sintético	Frac. Volumétrica:		60%																																												
Refuerzo:	Gránulo de caucho reciclado	Frac. Volumétrica:		40%																																												
Número de probetas:	5	Tipo de Probeta:		Halterío																																												
Espesor promedio:	1,66 mm	Velocidad de ensayo:		500 mm/min																																												
Temperatura:	18 °C	Humedad relativa:		78%																																												
RESULTADOS OBTENIDOS																																																
Probeta N°	Fuerza Máxima (N)	Esfuerzo Máximo (Mpa)	% Elongación en la Fmax	Fuerza en la Rotura (N)	Esfuerzo en la Rotura (Mpa)	% Elongación en la Rotura																																										
1	63,62	5,011	440,155	63,45	4,998	447,74																																										
2	52,71	5,725	395,42	50,69	5,505	404,365																																										
3	44,48	5,38	347,915	41,12	4,973	359,45																																										
4	60,26	4,352	319,14	57,41	4,147	339,625																																										
5	51,7	5,793	433,76	50,86	5,698	445,255																																										
Promedio	54,554	5,252	387,278	52,706	5,064	399,287																																										
Desv. Est.	7,546	0,592	52,951	8,356	0,602	49,074																																										
GRÁFICAS DE RESULTADOS																																																
																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Probeta</th> <th>FMax N</th> <th>FYield N</th> <th>FRot N</th> <th>CMax MPa</th> <th>C.Yield MPa</th> <th>CRot MPa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>63,62</td> <td>12,59</td> <td>63,45</td> <td>5,01</td> <td>0,99</td> <td>5,00</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>52,71</td> <td>11,08</td> <td>50,69</td> <td>5,72</td> <td>1,20</td> <td>5,51</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>44,48</td> <td>7,55</td> <td>41,12</td> <td>5,38</td> <td>0,91</td> <td>4,97</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>60,26</td> <td>11,08</td> <td>57,41</td> <td>4,35</td> <td>0,80</td> <td>4,15</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>51,70</td> <td>11,75</td> <td>50,86</td> <td>5,79</td> <td>1,32</td> <td>5,70</td> </tr> </tbody> </table>							Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa	1	63,62	12,59	63,45	5,01	0,99	5,00	2	52,71	11,08	50,69	5,72	1,20	5,51	3	44,48	7,55	41,12	5,38	0,91	4,97	4	60,26	11,08	57,41	4,35	0,80	4,15	5	51,70	11,75	50,86	5,79	1,32	5,70
Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa																																										
1	63,62	12,59	63,45	5,01	0,99	5,00																																										
2	52,71	11,08	50,69	5,72	1,20	5,51																																										
3	44,48	7,55	41,12	5,38	0,91	4,97																																										
4	60,26	11,08	57,41	4,35	0,80	4,15																																										
5	51,70	11,75	50,86	5,79	1,32	5,70																																										
Esfuerzo Máximo Promedio (Mpa):				5,252																																												
Espesor promedio (mm)				1,66																																												
Observaciones:				Excelente fusión entre matriz y refuerzo, además las probetas se rompieron dentro de la zona angosta y de la longitud de ensayo por lo que se aceptan todos los resultados.																																												
Elaborado por:		Franco Palacios		Revisado por :		Ing. Henry Vaca																																										



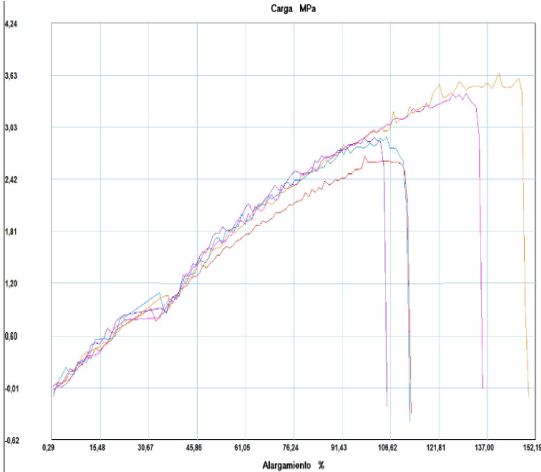
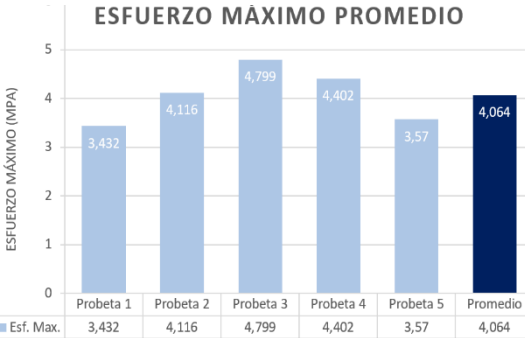
Fuente: El autor

Ficha Técnica 4. Resultados de ensayo a tracción de la configuración A4: 70%Látex - 30%Gránulo

		REGISTRO DE DATOS																																														
		ENSAYO A TRACCIÓN																																														
		NORMA - NTE INEN 1165																																														
		GRÁNULO DE CAUCHO (0 - 0,841 mm o Tamiz #20)																																														
Fecha:	23/05/2017	Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero																																													
Ciudad:	Ambato																																															
Máquina:	Máquina Universal - Metrotec MTE 50																																															
Configuración:	A4	Estratificación:	Manual																																													
Matriz:	Látex sintético	Frac. Volumétrica:	70%																																													
Refuerzo:	Gránulo de caucho reciclado	Frac. Volumétrica:	30%																																													
Número de probetas:	5	Tipo de Probeta:	Halterío																																													
Espesor promedio:	1,74 mm	Velocidad de ensayo:	500 mm/min																																													
Temperatura:	18 °C	Humedad relativa:	78%																																													
RESULTADOS OBTENIDOS																																																
Probeta N°	Fuerza Máxima (N)	Esfuerzo Máximo (Mpa)	% Elongación en la Fmax	Fuerza en la Rotura (N)	Esfuerzo en la Rotura (Mpa)	% Elongación en la Rotura																																										
1	57,57	5,013	346,355	54,55	4,75	364,27																																										
2	57,41	5,86	426,715	55,39	5,654	435,73																																										
3	65,13	4,892	368,87	63,95	4,803	383,05																																										
4	58,92	6,13	439,99	58,41	6,118	445,4																																										
5	49,35	4,605	276,65	49,35	4,605	284,23																																										
Promedio	57,676	5,3	371,716	56,33	5,186	382,536																																										
Desv. Est.	5,624	0,658	65,907	5,366	0,664	64,768																																										
GRÁFICAS DE RESULTADOS																																																
																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Probeta</th> <th>FMax N</th> <th>FYield N</th> <th>FRot N</th> <th>CMax MPa</th> <th>C.Yield MPa</th> <th>CRot MPa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>57,57</td> <td>10,41</td> <td>54,55</td> <td>5,01</td> <td>0,91</td> <td>4,75</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>57,41</td> <td>12,59</td> <td>55,39</td> <td>5,86</td> <td>1,29</td> <td>5,65</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>65,13</td> <td>13,09</td> <td>63,95</td> <td>4,89</td> <td>0,98</td> <td>4,80</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>58,92</td> <td>12,59</td> <td>58,41</td> <td>5,79</td> <td>1,24</td> <td>5,74</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>49,35</td> <td>8,56</td> <td>49,35</td> <td>4,61</td> <td>0,80</td> <td>4,61</td> </tr> </tbody> </table>							Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa	1	57,57	10,41	54,55	5,01	0,91	4,75	2	57,41	12,59	55,39	5,86	1,29	5,65	3	65,13	13,09	63,95	4,89	0,98	4,80	4	58,92	12,59	58,41	5,79	1,24	5,74	5	49,35	8,56	49,35	4,61	0,80	4,61
Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa																																										
1	57,57	10,41	54,55	5,01	0,91	4,75																																										
2	57,41	12,59	55,39	5,86	1,29	5,65																																										
3	65,13	13,09	63,95	4,89	0,98	4,80																																										
4	58,92	12,59	58,41	5,79	1,24	5,74																																										
5	49,35	8,56	49,35	4,61	0,80	4,61																																										
Esfuerzo Máximo Promedio (Mpa):					5,3																																											
Espesor promedio (mm)					1,74																																											
Observaciones:					Excelente fusión entre matriz y refuerzo, además las probetas se rompieron dentro de la zona angosta y de la longitud de ensayo por lo que se aceptan todos los resultados.																																											
Elaborado por:		Franco Palacios		Revisado por :		Ing. Henry Vaca																																										



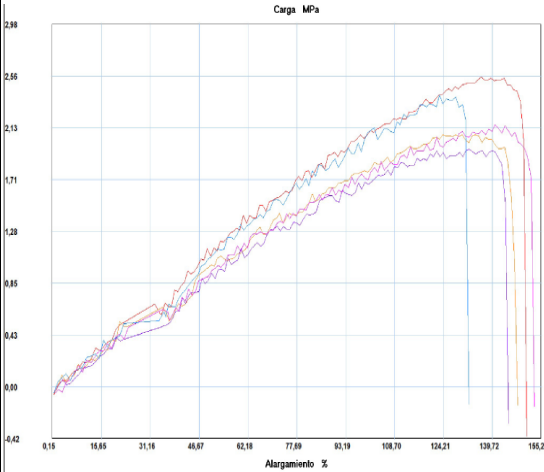
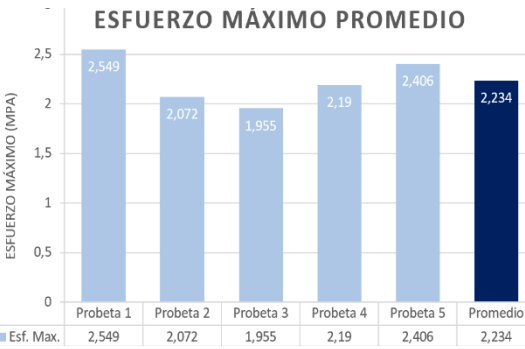
Fuente: El autor

Ficha Técnica 5. Resultados de ensayo a tracción de la configuración B1: 45%Látex - 55%Gránulo

		REGISTRO DE DATOS																																														
		ENSAYO A TRACCIÓN																																														
		NORMA - NTE INEN 1165																																														
		GRÁNULO DE CAUCHO (0,841 - 2 mm o Tamiz #20 - #10)																																														
Fecha:	23/05/2017	Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero																																													
Ciudad:	Ambato																																															
Máquina:	Máquina Universal - Metrotec MTE 50																																															
Configuración:	B1	Estratificación:	Manual																																													
Matriz:	Látex sintético	Frac. Volumétrica:	45%																																													
Refuerzo:	Gránulo de caucho reciclado	Frac. Volumétrica:	55%																																													
Número de probetas:	5	Tipo de Probeta:	Halterío																																													
Espesor promedio:	2,23 mm	Velocidad de ensayo:	500 mm/min																																													
Temperatura:	18 °C	Humedad relativa:	78%																																													
RESULTADOS OBTENIDOS																																																
Probeta N°	Fuerza Máxima (N)	Esfuerzo Máximo (Mpa)	% Elongación en la Fmax	Fuerza en la Rotura (N)	Esfuerzo en la Rotura (Mpa)	% Elongación en la Rotura																																										
1	45,15	3,432	115,3	42,63	3,252	130,78																																										
2	51,03	4,116	167,005	48,01	3,971	176,06																																										
3	38,27	4,799	118,215	37,6	4,861	120,805																																										
4	45,49	4,402	154,315	43,47	4,394	158,195																																										
5	40,28	3,57	123,285	36,42	3,57	129,71																																										
Promedio	44,044	4,064	135,624	41,626	4,009	143,11																																										
Desv. Est.	4,991	0,57	23,465	4,703	0,641	23,143																																										
GRÁFICAS DE RESULTADOS																																																
																																																
																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Probeta</th> <th>FMax N</th> <th>FYield N</th> <th>FRot N</th> <th>CMax MPa</th> <th>C.Yield MPa</th> <th>CRot MPa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>45,15</td> <td>5,87</td> <td>42,63</td> <td>2,69</td> <td>0,35</td> <td>2,54</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>51,03</td> <td>7,39</td> <td>48,01</td> <td>3,66</td> <td>0,53</td> <td>3,44</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>38,27</td> <td>3,86</td> <td>37,60</td> <td>2,91</td> <td>0,29</td> <td>2,86</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>45,49</td> <td>5,04</td> <td>43,47</td> <td>3,42</td> <td>0,38</td> <td>3,27</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>40,28</td> <td>4,36</td> <td>36,42</td> <td>2,91</td> <td>0,32</td> <td>2,63</td> </tr> </tbody> </table>							Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa	1	45,15	5,87	42,63	2,69	0,35	2,54	2	51,03	7,39	48,01	3,66	0,53	3,44	3	38,27	3,86	37,60	2,91	0,29	2,86	4	45,49	5,04	43,47	3,42	0,38	3,27	5	40,28	4,36	36,42	2,91	0,32	2,63
Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa																																										
1	45,15	5,87	42,63	2,69	0,35	2,54																																										
2	51,03	7,39	48,01	3,66	0,53	3,44																																										
3	38,27	3,86	37,60	2,91	0,29	2,86																																										
4	45,49	5,04	43,47	3,42	0,38	3,27																																										
5	40,28	4,36	36,42	2,91	0,32	2,63																																										
Esfuerzo Máximo Promedio (Mpa):					4,064																																											
Espesor promedio (mm)					2,23																																											
Observaciones:					Excelente fusión entre matriz y refuerzo, además las probetas se rompieron dentro de la zona angosta y de la longitud de ensayo por lo que se aceptan todos los resultados.																																											
Elaborado por:			Franco Palacios		Revisado por : Ing. Henry Vaca																																											



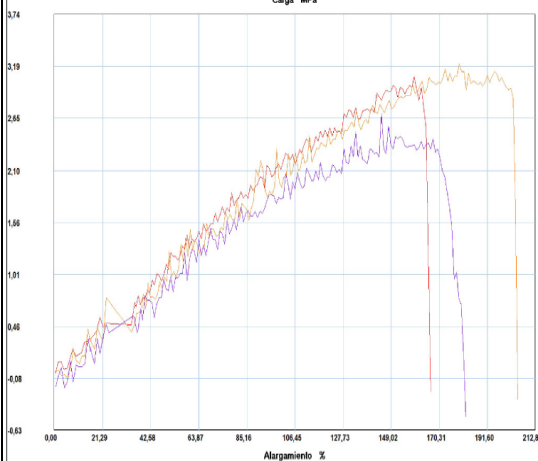
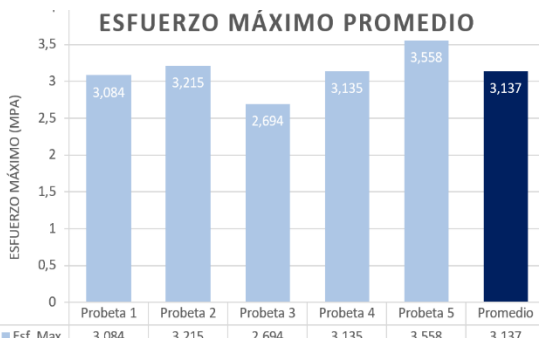
Fuente: El autor

Ficha Técnica 6. Resultados de ensayo a tracción de la configuración B2: 50%Látex - 50%Gránulo

		REGISTRO DE DATOS																																														
		ENSAYO A TRACCIÓN																																														
		NORMA - NTE INEN 1165																																														
		GRÁNULO DE CAUCHO (0,841 - 2 mm o Tamiz #20 - #10)																																														
Fecha:	23/05/2017	Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero																																													
Ciudad:	Ambato																																															
Máquina:	Máquina Universal - Metrotec MTE 50																																															
Configuración:	B2	Estratificación:	Manual																																													
Matriz:	Látex sintético	Frac. Volumétrica:	50%																																													
Refuerzo:	Gránulo de caucho reciclado	Frac. Volumétrica:	50%																																													
Número de probetas:	5	Tipo de Probeta:	Halterío																																													
Espesor promedio:	3,43 mm	Velocidad de ensayo:	500 mm/min																																													
Temperatura:	18 °C	Humedad relativa:	78%																																													
RESULTADOS OBTENIDOS																																																
Probeta N°	Fuerza Máxima (N)	Esfuerzo Máximo (Mpa)	% Elongación en la Fmax	Fuerza en la Rotura (N)	Esfuerzo en la Rotura (Mpa)	% Elongación en la Rotura																																										
1	45,15	2,549	162,115	41,63	2,35	177,65																																										
2	48,68	2,072	146,25	43,47	1,854	172,09																																										
3	51,03	1,955	157	47,84	1,833	169,945																																										
4	53,88	2,19	167,05	47,17	1,917	179,965																																										
5	42,63	2,406	145,2	38,94	2,198	155,605																																										
Promedio	48,274	2,234	155,523	43,81	2,03	171,051																																										
Desv. Est.	4,494	0,242	9,631	3,746	0,231	9,538																																										
GRÁFICAS DE RESULTADOS																																																
																																																
																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Probeta</th> <th>FMax N</th> <th>FYield N</th> <th>FRot N</th> <th>CMax MPa</th> <th>C.Yield MPa</th> <th>CRot MPa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>45,15</td> <td>5,87</td> <td>41,63</td> <td>2,55</td> <td>0,33</td> <td>2,35</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>48,68</td> <td>6,04</td> <td>43,47</td> <td>2,08</td> <td>0,26</td> <td>1,85</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>51,03</td> <td>6,55</td> <td>47,84</td> <td>1,95</td> <td>0,25</td> <td>1,83</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>53,88</td> <td>7,55</td> <td>47,17</td> <td>2,16</td> <td>0,30</td> <td>1,89</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>42,63</td> <td>4,87</td> <td>38,94</td> <td>2,41</td> <td>0,27</td> <td>2,20</td> </tr> </tbody> </table>							Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa	1	45,15	5,87	41,63	2,55	0,33	2,35	2	48,68	6,04	43,47	2,08	0,26	1,85	3	51,03	6,55	47,84	1,95	0,25	1,83	4	53,88	7,55	47,17	2,16	0,30	1,89	5	42,63	4,87	38,94	2,41	0,27	2,20
Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa																																										
1	45,15	5,87	41,63	2,55	0,33	2,35																																										
2	48,68	6,04	43,47	2,08	0,26	1,85																																										
3	51,03	6,55	47,84	1,95	0,25	1,83																																										
4	53,88	7,55	47,17	2,16	0,30	1,89																																										
5	42,63	4,87	38,94	2,41	0,27	2,20																																										
Esfuerzo Máximo Promedio (Mpa):				2,234																																												
Espesor promedio (mm)				3,43																																												
Observaciones:				Excelente fusión entre matriz y refuerzo, además las probetas se rompieron dentro de la zona angosta y de la longitud de ensayo por lo que se aceptan todos los resultados.																																												
Elaborado por:		Franco Palacios		Revisado por :		Ing. Henry Vaca																																										



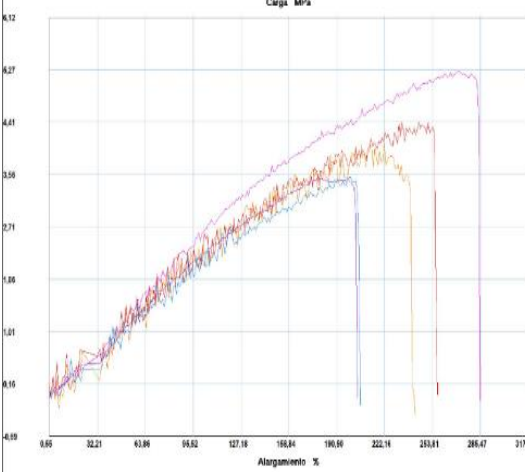
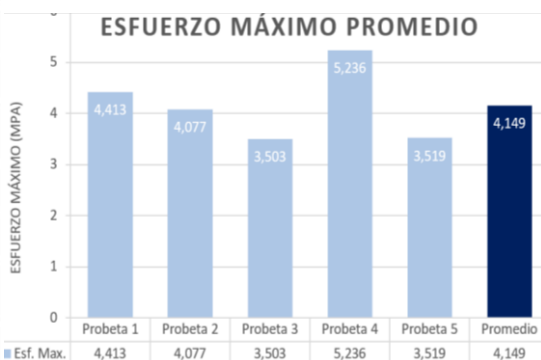
Fuente: El autor

Ficha Técnica 7. Resultados de ensayo a tracción de la configuración B3: 60%Látex - 40%Gránulo

		REGISTRO DE DATOS																																														
		ENSAYO A TRACCIÓN																																														
		NORMA - NTE INEN 1165																																														
		GRÁNULO DE CAUCHO (0,841 - 2 mm o Tamiz #20 - #10)																																														
Fecha:	23/05/2017	Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero																																													
Ciudad:	Ambato																																															
Máquina:	Máquina Universal - Metrotec MTE 50																																															
Configuración:	B3	Estratificación:	Manual																																													
Matriz:	Látex sintético	Frac. Volumétrica:	60%																																													
Refuerzo:	Gránulo de caucho reciclado	Frac. Volumétrica:	40%																																													
Número de probetas:	5	Tipo de Probeta:	Halterío																																													
Espesor promedio:	2 mm	Velocidad de ensayo:	500 mm/min																																													
Temperatura:	18 °C	Humedad relativa:	78%																																													
RESULTADOS OBTENIDOS																																																
Probeta N°	Fuerza Máxima (N)	Esfuerzo Máximo (Mpa)	% Elongación en la Fmax	Fuerza en la Rotura (N)	Esfuerzo en la Rotura (Mpa)	% Elongación en la Rotura																																										
1	39,61	3,084	190,515	32,73	2,548	196,985																																										
2	42,3	3,215	215,285	37,6	2,858	245,32																																										
3	30,55	2,694	172,155	17,29	1,525	210,96																																										
4	39,45	3,135	207,54	35,75	2,841	225,475																																										
5	48,17	3,558	258,26	43,14	3,186	262,16																																										
Promedio	40,016	3,137	208,751	33,302	2,592	228,18																																										
Desv. Est.	6,36	0,309	32,277	9,721	0,638	26,103																																										
GRÁFICAS DE RESULTADOS																																																
																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Probeta</th> <th>FMax N</th> <th>FYield N</th> <th>FRot N</th> <th>CMax MPa</th> <th>C.Yield MPa</th> <th>CRot MPa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>39,61</td> <td>4,87</td> <td>32,73</td> <td>3,08</td> <td>0,38</td> <td>2,55</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>42,30</td> <td>10,07</td> <td>37,60</td> <td>3,22</td> <td>0,77</td> <td>2,86</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>30,55</td> <td>3,86</td> <td>17,29</td> <td>2,69</td> <td>0,34</td> <td>1,52</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>39,45</td> <td>8,90</td> <td>35,75</td> <td>3,14</td> <td>0,71</td> <td>2,84</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>48,17</td> <td>6,88</td> <td>43,14</td> <td>3,56</td> <td>0,51</td> <td>3,19</td> </tr> </tbody> </table>							Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa	1	39,61	4,87	32,73	3,08	0,38	2,55	2	42,30	10,07	37,60	3,22	0,77	2,86	3	30,55	3,86	17,29	2,69	0,34	1,52	4	39,45	8,90	35,75	3,14	0,71	2,84	5	48,17	6,88	43,14	3,56	0,51	3,19
Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa																																										
1	39,61	4,87	32,73	3,08	0,38	2,55																																										
2	42,30	10,07	37,60	3,22	0,77	2,86																																										
3	30,55	3,86	17,29	2,69	0,34	1,52																																										
4	39,45	8,90	35,75	3,14	0,71	2,84																																										
5	48,17	6,88	43,14	3,56	0,51	3,19																																										
Esfuerzo Máximo Promedio (Mpa):				3,137																																												
Espesor promedio (mm)				2																																												
Observaciones:				Excelente fusión entre matriz y refuerzo, además las probetas se rompieron dentro de la zona angosta y de la longitud de ensayo por lo que se aceptan todos los resultados.																																												
Elaborado por:		Franco Palacios		Revisado por :		Ing. Henry Vaca																																										



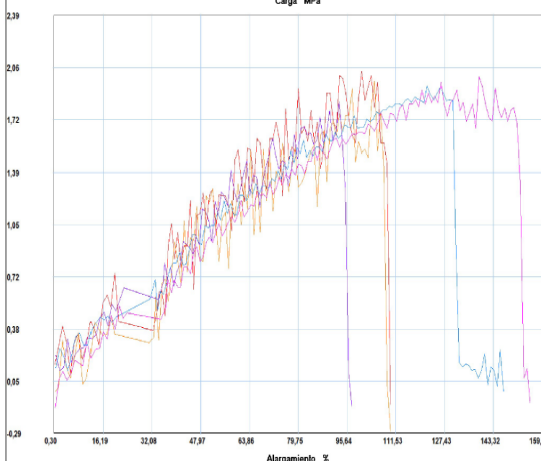
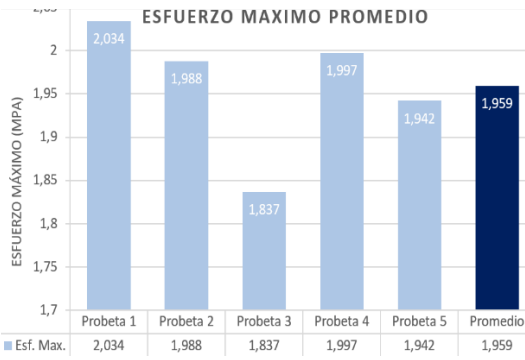
Fuente: El autor

Ficha Técnica 8. Resultados de ensayo a tracción de la configuración B4: 70%Látex - 30%Gránulo

		REGISTRO DE DATOS																																														
		ENSAYO A TRACCIÓN																																														
		NORMA - NTE INEN 1165																																														
		GRÁNULO DE CAUCHO (0,841 - 2 mm o Tamiz #20 - #10)																																														
Fecha:	23/05/2017	Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero																																													
Ciudad:	Ambato																																															
Máquina:	Máquina Universal - Metrotec MTE 50																																															
Configuración:	B4	Estratificación:	Manual																																													
Matriz:	Látex sintético	Frac. Volumétrica:	70%																																													
Refuerzo:	Gránulo de caucho reciclado	Frac. Volumétrica:	30%																																													
Número de probetas:	5	Tipo de Probeta:	Halterío																																													
Espesor promedio:	1,89 mm	Velocidad de ensayo:	500 mm/min																																													
Temperatura:	18 °C	Humedad relativa:	78%																																													
RESULTADOS OBTENIDOS																																																
Probeta N°	Fuerza Máxima (N)	Esfuerzo Máximo (Mpa)	% Elongación en la Fmax	Fuerza en la Rotura (N)	Esfuerzo en la Rotura (Mpa)	% Elongación en la Rotura																																										
1	54,05	4,413	284,035	51,7	4,221	310,81																																										
2	48,84	4,077	269,03	39,45	3,293	290,785																																										
3	42,13	3,503	217,055	40,28	3,349	244,045																																										
4	57,91	5,236	329,045	55,89	5,054	345,78																																										
5	46,33	3,519	238,765	44,15	3,353	246,545																																										
Promedio	49,852	4,149	267,586	46,294	3,854	287,593																																										
Desv. Est.	6,237	0,719	43,11	7,227	0,774	43,348																																										
GRÁFICAS DE RESULTADOS																																																
																																																
																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Probeta</th> <th>FMax N</th> <th>FYield N</th> <th>FRot N</th> <th>CMax MPa</th> <th>C.Yield MPa</th> <th>CRot MPa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>54,05</td> <td>9,06</td> <td>51,70</td> <td>4,41</td> <td>0,74</td> <td>4,22</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>48,84</td> <td>9,90</td> <td>39,45</td> <td>4,08</td> <td>0,83</td> <td>3,29</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>42,13</td> <td>4,70</td> <td>40,28</td> <td>3,50</td> <td>0,39</td> <td>3,35</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>57,91</td> <td>9,90</td> <td>55,89</td> <td>5,24</td> <td>0,90</td> <td>5,05</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>46,33</td> <td>7,55</td> <td>44,15</td> <td>3,52</td> <td>0,57</td> <td>3,35</td> </tr> </tbody> </table>							Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa	1	54,05	9,06	51,70	4,41	0,74	4,22	2	48,84	9,90	39,45	4,08	0,83	3,29	3	42,13	4,70	40,28	3,50	0,39	3,35	4	57,91	9,90	55,89	5,24	0,90	5,05	5	46,33	7,55	44,15	3,52	0,57	3,35
Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa																																										
1	54,05	9,06	51,70	4,41	0,74	4,22																																										
2	48,84	9,90	39,45	4,08	0,83	3,29																																										
3	42,13	4,70	40,28	3,50	0,39	3,35																																										
4	57,91	9,90	55,89	5,24	0,90	5,05																																										
5	46,33	7,55	44,15	3,52	0,57	3,35																																										
Esfuerzo Máximo Promedio (Mpa):				4,149																																												
Espesor promedio (mm)				1,89																																												
Observaciones:				Excelente fusión entre matriz y refuerzo, además las probetas se rompieron dentro de la zona angosta y de la longitud de ensayo por lo que se aceptan todos los resultados.																																												
Elaborado por:		Franco Palacios		Revisado por :		Ing. Henry Vaca																																										



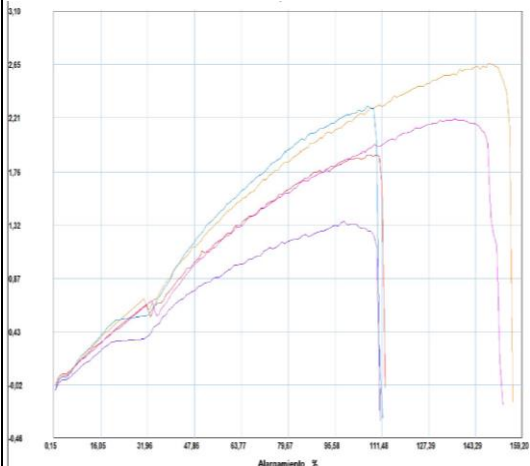
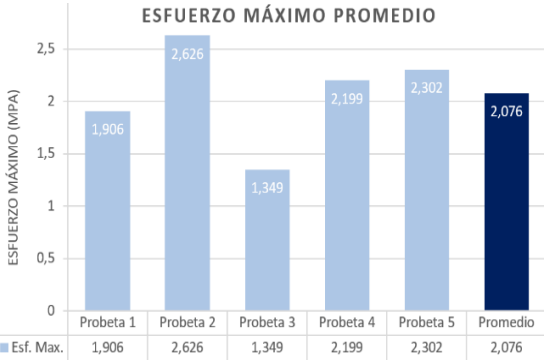
Fuente: El autor

Ficha Técnica 9. Resultados de ensayo a tracción de la configuración C1: 45%Látex - 55%Gránulo

		REGISTRO DE DATOS																																														
		ENSAYO A TRACCIÓN																																														
		NORMA - NTE INEN 1165																																														
		GRÁNULO DE CAUCHO (2 - 2,5 mm o Tamiz #10 - #8)																																														
Fecha:	23/05/2017	Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero																																													
Ciudad:	Ambato																																															
Máquina:	Máquina Universal - Metrotec MTE 50																																															
Configuración:	C1	Estratificación:	Manual																																													
Matriz:	Látex sintético	Frac. Volumétrica:	45%																																													
Refuerzo:	Gránulo de caucho reciclado	Frac. Volumétrica:	55%																																													
Número de probetas:	5	Tipo de Probeta:	Halterío																																													
Espesor promedio:	2,81 mm	Velocidad de ensayo:	500 mm/min																																													
Temperatura:	18 °C	Humedad relativa:	78%																																													
RESULTADOS OBTENIDOS																																																
Probeta N°	Fuerza Máxima (N)	Esfuerzo Máximo (Mpa)	% Elongación en la Fmax	Fuerza en la Rotura (N)	Esfuerzo en la Rotura (Mpa)	% Elongación en la Rotura																																										
1	36,42	2,034	117,485	25,85	1,444	127,785																																										
2	34,74	1,988	122,965	24,84	1,422	126,85																																										
3	29,04	1,837	107,735	20,14	1,274	110,37																																										
4	38,6	1,997	164,635	32,73	1,693	175,16																																										
5	39,11	1,942	144,35	37,1	1,842	154,745																																										
Promedio	35,582	1,959	131,434	28,132	1,535	138,982																																										
Desv. Est.	4,055	0,076	22,897	6,736	0,228	25,732																																										
GRÁFICAS DE RESULTADOS																																																
																																																
																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Probeta</th> <th>FMax N</th> <th>FYield N</th> <th>FRot N</th> <th>CMax MPa</th> <th>C.Yield MPa</th> <th>CRot MPa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>36,42</td> <td>7,22</td> <td>25,85</td> <td>2,03</td> <td>0,40</td> <td>1,44</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>34,74</td> <td>6,38</td> <td>24,84</td> <td>1,97</td> <td>0,36</td> <td>1,41</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>29,04</td> <td>5,04</td> <td>20,14</td> <td>1,84</td> <td>0,32</td> <td>1,27</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>38,60</td> <td>7,05</td> <td>32,73</td> <td>2,00</td> <td>0,36</td> <td>1,69</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>39,11</td> <td>9,23</td> <td>37,10</td> <td>1,94</td> <td>0,46</td> <td>1,84</td> </tr> </tbody> </table>							Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa	1	36,42	7,22	25,85	2,03	0,40	1,44	2	34,74	6,38	24,84	1,97	0,36	1,41	3	29,04	5,04	20,14	1,84	0,32	1,27	4	38,60	7,05	32,73	2,00	0,36	1,69	5	39,11	9,23	37,10	1,94	0,46	1,84
Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa																																										
1	36,42	7,22	25,85	2,03	0,40	1,44																																										
2	34,74	6,38	24,84	1,97	0,36	1,41																																										
3	29,04	5,04	20,14	1,84	0,32	1,27																																										
4	38,60	7,05	32,73	2,00	0,36	1,69																																										
5	39,11	9,23	37,10	1,94	0,46	1,84																																										
Esfuerzo Máximo Promedio (Mpa):					1,959																																											
Espesor promedio (mm)					2,81																																											
Observaciones:					Excelente fusión entre matriz y refuerzo, además las probetas se rompieron dentro de la zona angosta y de la longitud de ensayo por lo que se aceptan todos los resultados.																																											
Elaborado por:			Franco Palacios		Revisado por : Ing. Henry Vaca																																											



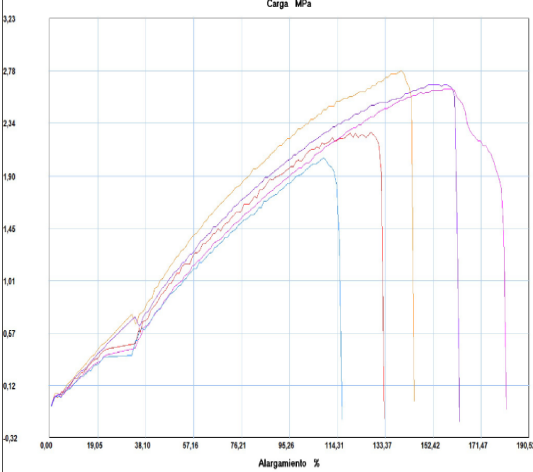
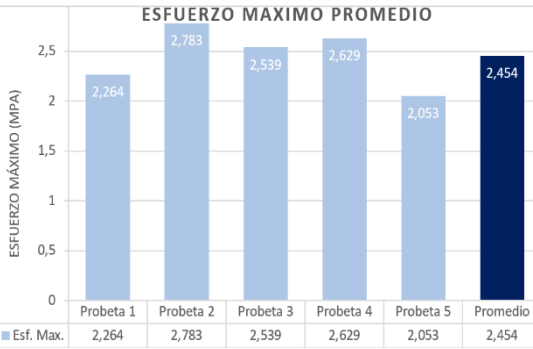
Fuente: El autor

Ficha Técnica 10. Resultados de ensayo a tracción de la configuración C2: 50%Látex - 50%Gránulo

		REGISTRO DE DATOS																																														
		ENSAYO A TRACCIÓN																																														
		NORMA - NTE INEN 1165																																														
		GRÁNULO DE CAUCHO (2 - 2,5 mm o Tamiz #10 - #8)																																														
Fecha:	23/05/2017	Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero																																													
Ciudad:	Ambato																																															
Máquina:	Máquina Universal - Metrotec MTE 50																																															
Configuración:	C2	Estratificación:	Manual																																													
Matriz:	Látex sintético	Frac. Volumétrica:	50%																																													
Refuerzo:	Gránulo de caucho reciclado	Frac. Volumétrica:	50%																																													
Número de probetas:	5	Tipo de Probeta:	Halterío																																													
Espesor promedio:	2,22 mm	Velocidad de ensayo:	500 mm/min																																													
Temperatura:	18 °C	Humedad relativa:	78%																																													
RESULTADOS OBTENIDOS																																																
Probeta N°	Fuerza Máxima (N)	Esfuerzo Máximo (Mpa)	% Elongación en la Fmax	Fuerza en la Rotura (N)	Esfuerzo en la Rotura (Mpa)	% Elongación en la Rotura																																										
1	25,01	1,906	125,295	24,84	1,893	125,365																																										
2	34,24	2,626	177,22	31,05	2,381	179,795																																										
3	22,83	1,349	115,68	19,14	0,776	129,65																																										
4	30,55	2,199	162,075	27,7	1,994	176,05																																										
5	27,19	2,302	125,27	27,02	2,288	127,77																																										
Promedio	27,964	2,076	141,108	25,95	1,866	147,726																																										
Desv. Est.	4,521	0,481	26,885	4,411	0,642	27,639																																										
GRÁFICAS DE RESULTADOS																																																
  <table border="1" data-bbox="306 1612 837 1747"> <thead> <tr> <th>Probeta</th> <th>FMax N</th> <th>FYield N</th> <th>FRot N</th> <th>CMax MPa</th> <th>C.Yield MPa</th> <th>CRot MPa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>25,01</td> <td>2,85</td> <td>24,84</td> <td>1,91</td> <td>0,22</td> <td>1,89</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>34,24</td> <td>5,37</td> <td>31,05</td> <td>2,66</td> <td>0,42</td> <td>2,42</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>22,83</td> <td>2,85</td> <td>19,14</td> <td>1,35</td> <td>0,17</td> <td>1,13</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>30,55</td> <td>4,70</td> <td>27,70</td> <td>2,20</td> <td>0,34</td> <td>1,99</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>27,19</td> <td>3,02</td> <td>27,02</td> <td>2,30</td> <td>0,26</td> <td>2,29</td> </tr> </tbody> </table>							Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa	1	25,01	2,85	24,84	1,91	0,22	1,89	2	34,24	5,37	31,05	2,66	0,42	2,42	3	22,83	2,85	19,14	1,35	0,17	1,13	4	30,55	4,70	27,70	2,20	0,34	1,99	5	27,19	3,02	27,02	2,30	0,26	2,29
Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa																																										
1	25,01	2,85	24,84	1,91	0,22	1,89																																										
2	34,24	5,37	31,05	2,66	0,42	2,42																																										
3	22,83	2,85	19,14	1,35	0,17	1,13																																										
4	30,55	4,70	27,70	2,20	0,34	1,99																																										
5	27,19	3,02	27,02	2,30	0,26	2,29																																										
Esfuerzo Máximo Promedio (Mpa):				2,076																																												
Espesor promedio (mm)				2,22																																												
Observaciones:				Excelente fusión entre matriz y refuerzo, además las probetas se rompieron dentro de la zona angosta y de la longitud de ensayo por lo que se aceptan todos los resultados.																																												
Elaborado por:		Franco Palacios		Revisado por :		Ing. Henry Vaca																																										



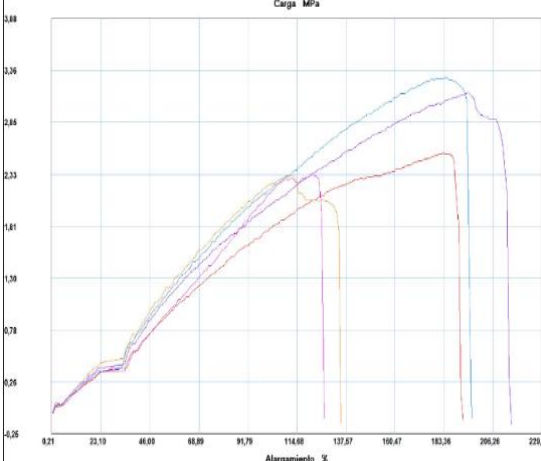
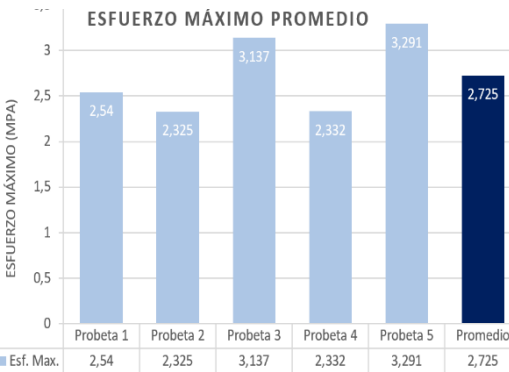
Fuente: El autor

Ficha Técnica 11. Resultados de ensayo a tracción de la configuración C3: 60%Látex - 40%Gránulo

		REGISTRO DE DATOS																																														
		ENSAYO A TRACCIÓN																																														
		NORMA - NTE INEN 1165																																														
		GRÁNULO DE CAUCHO (2 - 2,5 mm o Tamiz #10 - #8)																																														
Fecha:	23/05/2017	Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero																																													
Ciudad:	Ambato																																															
Máquina:	Máquina Universal - Metrotec MTE 50																																															
Configuración:	C3	Estratificación:	Manual																																													
Matriz:	Látex sintético	Frac. Volumétrica:	60%																																													
Refuerzo:	Gránulo de caucho reciclado	Frac. Volumétrica:	40%																																													
Número de probetas:	5	Tipo de Probeta:	Halterío																																													
Espesor promedio:	2,18 mm	Velocidad de ensayo:	500 mm/min																																													
Temperatura:	18 °C	Humedad relativa:	78%																																													
RESULTADOS OBTENIDOS																																																
Probeta N°	Fuerza Máxima (N)	Esfuerzo Máximo (Mpa)	% Elongación en la Fmax	Fuerza en la Rotura (N)	Esfuerzo en la Rotura (Mpa)	% Elongación en la Rotura																																										
1	33,23	2,264	151,11	31,72	2,161	154,985																																										
2	34,07	2,783	166,515	31,22	2,55	171,635																																										
3	36,26	2,539	179,755	34,91	2,444	192,7																																										
4	32,23	2,629	187,475	21,99	1,793	215,915																																										
5	27,19	2,053	127,88	24,17	1,825	134,345																																										
Promedio	32,596	2,454	162,547	28,802	2,155	173,916																																										
	3,367	0,293	23,801	5,466	0,346	31,805																																										
GRÁFICAS DE RESULTADOS																																																
																																																
																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Probeta</th> <th>FMax N</th> <th>FYield N</th> <th>FRot N</th> <th>CMax MPa</th> <th>C.Yield MPa</th> <th>CRot MPa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>33,23</td> <td>3,52</td> <td>31,72</td> <td>2,26</td> <td>0,24</td> <td>2,16</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>34,07</td> <td>4,03</td> <td>31,22</td> <td>2,78</td> <td>0,33</td> <td>2,55</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>36,26</td> <td>4,87</td> <td>34,91</td> <td>2,66</td> <td>0,36</td> <td>2,57</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>32,23</td> <td>4,03</td> <td>21,99</td> <td>2,63</td> <td>0,33</td> <td>1,79</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>27,19</td> <td>2,18</td> <td>24,17</td> <td>2,05</td> <td>0,16</td> <td>1,82</td> </tr> </tbody> </table>							Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa	1	33,23	3,52	31,72	2,26	0,24	2,16	2	34,07	4,03	31,22	2,78	0,33	2,55	3	36,26	4,87	34,91	2,66	0,36	2,57	4	32,23	4,03	21,99	2,63	0,33	1,79	5	27,19	2,18	24,17	2,05	0,16	1,82
Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa																																										
1	33,23	3,52	31,72	2,26	0,24	2,16																																										
2	34,07	4,03	31,22	2,78	0,33	2,55																																										
3	36,26	4,87	34,91	2,66	0,36	2,57																																										
4	32,23	4,03	21,99	2,63	0,33	1,79																																										
5	27,19	2,18	24,17	2,05	0,16	1,82																																										
Esfuerzo Máximo Promedio (Mpa):				2,454																																												
Espesor promedio (mm)				2,18																																												
Observaciones:				Excelente fusión entre matriz y refuerzo, además las probetas se rompieron dentro de la zona angosta y de la longitud de ensayo por lo que se aceptan todos los resultados.																																												
Elaborado por:		Franco Palacios		Revisado por :		Ing. Henry Vaca																																										

Fuente: El autor




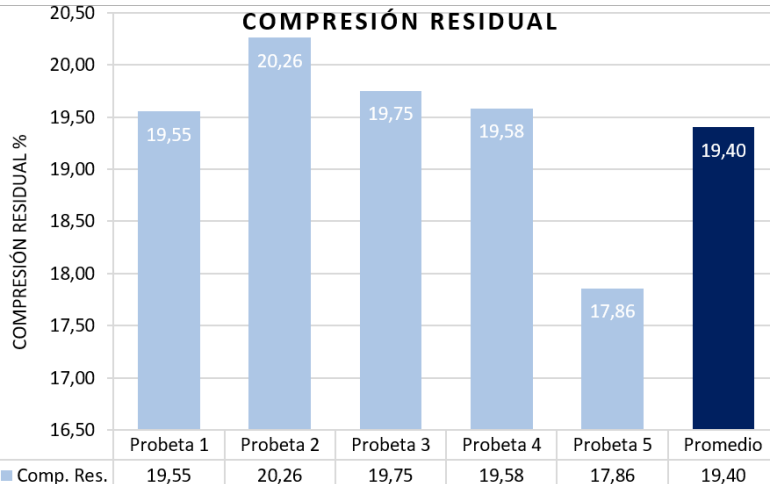

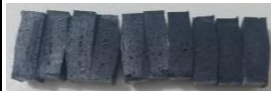
Ficha Técnica 12. Resultados de ensayo a tracción de la configuración C4: 70%Látex - 30%Gránulo

		REGISTRO DE DATOS																																														
		ENSAYO A TRACCIÓN																																														
		NORMA - NTE INEN 1165																																														
		GRÁNULO DE CAUCHO (2 - 2,5 mm o Tamiz #10 - #8)																																														
Fecha:	23/05/2017	Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero																																													
Ciudad:	Ambato																																															
Máquina:	Máquina Universal - Metrotec MTE 50																																															
Configuración:	C4	Estratificación:	Manual																																													
Matriz:	Látex sintético	Frac. Volumétrica:	70%																																													
Refuerzo:	Gránulo de caucho reciclado	Frac. Volumétrica:	30%																																													
Número de probetas:	5	Tipo de Probeta:	Halterío																																													
Espesor promedio:	2,23 mm	Velocidad de ensayo:	500 mm/min																																													
Temperatura:	18 °C	Humedad relativa:	78%																																													
RESULTADOS OBTENIDOS																																																
Probeta N°	Fuerza Máxima (N)	Esfuerzo Máximo (Mpa)	% Elongación en la Fmax	Fuerza en la Rotura (N)	Esfuerzo en la Rotura (Mpa)	% Elongación en la Rotura																																										
1	40,79	2,54	220,13	39,61	2,467	226,59																																										
2	24	2,325	130,785	18,3	1,773	159,23																																										
3	46,49	3,137	234,155	38,94	2,627	254,35																																										
4	28,53	2,332	142,44	27,7	2,264	142,61																																										
5	44,65	3,291	221,505	41,29	3,044	234,445																																										
Promedio	36,892	2,725	189,803	33,168	2,435	203,445																																										
Desv. Est.	10,045	0,458	49,036	9,896	0,468	49,356																																										
GRÁFICAS DE RESULTADOS																																																
																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Probeta</th> <th>FMax N</th> <th>FYield N</th> <th>FRot N</th> <th>CMax MPa</th> <th>C.Yield MPa</th> <th>CRot MPa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>40,79</td> <td>5,54</td> <td>39,61</td> <td>2,54</td> <td>0,34</td> <td>2,47</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>24,00</td> <td>2,69</td> <td>18,30</td> <td>2,33</td> <td>0,26</td> <td>1,77</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>46,49</td> <td>6,55</td> <td>38,94</td> <td>3,14</td> <td>0,44</td> <td>2,63</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>28,53</td> <td>2,18</td> <td>27,70</td> <td>2,33</td> <td>0,18</td> <td>2,26</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>44,65</td> <td>5,04</td> <td>41,29</td> <td>3,29</td> <td>0,37</td> <td>3,04</td> </tr> </tbody> </table>							Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa	1	40,79	5,54	39,61	2,54	0,34	2,47	2	24,00	2,69	18,30	2,33	0,26	1,77	3	46,49	6,55	38,94	3,14	0,44	2,63	4	28,53	2,18	27,70	2,33	0,18	2,26	5	44,65	5,04	41,29	3,29	0,37	3,04
Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa																																										
1	40,79	5,54	39,61	2,54	0,34	2,47																																										
2	24,00	2,69	18,30	2,33	0,26	1,77																																										
3	46,49	6,55	38,94	3,14	0,44	2,63																																										
4	28,53	2,18	27,70	2,33	0,18	2,26																																										
5	44,65	5,04	41,29	3,29	0,37	3,04																																										
Esfuerzo Máximo Promedio (Mpa):				2,725																																												
Espesor promedio (mm)				2,23																																												
Observaciones:				Excelente fusión entre matriz y refuerzo, además las probetas se rompieron dentro de la zona angosta y de la longitud de ensayo por lo que se aceptan todos los resultados.																																												
Elaborado por:		Franco Palacios		Revisado por :		Ing. Henry Vaca																																										

Fuente: El autor




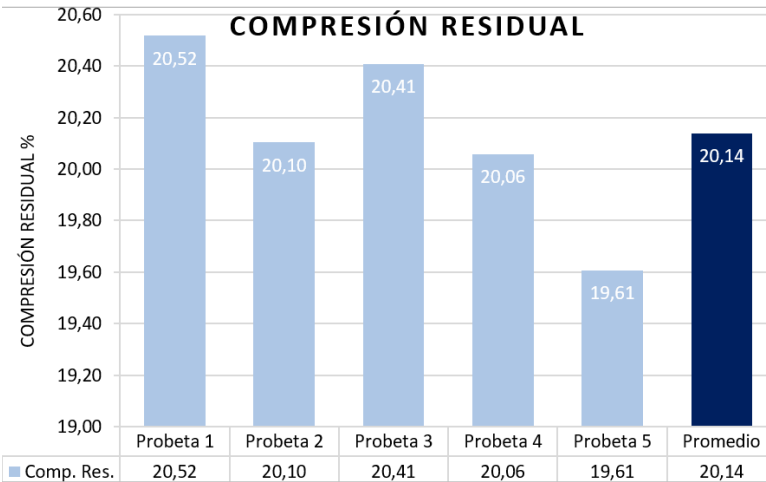


4.1.2 RECOLECCIÓN DE DATOS DE RESULTADOS DE ENSAYOS A COMPRESIÓN

Ficha Técnica 13. Resultados de ensayo a compresión de la configuración A1:45% Látex-55% Gránulo

		REGISTRO DE DATOS		
		ENSAYO A COMPRESIÓN		
		NORMA - NTE INEN 889		
		GRÁNULO DE CAUCHO (0 - 0,841 mm o Tamiz #20)		
Fecha Inicio:	08/05/2017	Ciudad:	Ambato	
Fecha Finalización:	09/05/2017	Lugar:	Color Plast	
Equipo:	Aparato de Compresión	Equipo de Medición:	Reloj Comparador Micrométrico	
Configuración:	A1	Estratificación:	Manual	
Matriz:	Látex sintético	Frac. Volumétrica:	45%	
Refuerzo:	Gránulo de caucho reciclado	Frac. Volumétrica:	55%	
Número de probetas:	5	Tipo de Probeta:	Moldeada de una lámina	
Duración del ensayo:	24 horas	Diámetro de probeta	29±0,5	
Temperatura:	20 °C	Espesor Espaciador:	9,27 mm	
RESULTADOS OBTENIDOS				
Probeta N°	Espesor Inicial de la Probeta (mm)	Espesor Final de la Probeta (mm)	Espesor Espaciador (mm)	Compresión Residual (%)
1	12,85	12,15	9,27	19,55
2	13,86	12,93	9,27	20,26
3	14,08	13,13	9,27	19,75
4	14,53	13,5	9,27	19,58
5	14,03	13,18	9,27	17,86
Promedio	13,87	12,98	9,27	19,40
Desv. Est.	0,62	0,51	-	0,91
GRÁFICAS DE RESULTADOS				
Aparato de Compresión 		 <p>COMPRESIÓN RESIDUAL</p> <p>El gráfico muestra la compresión residual (%) para cinco probetas y su promedio. El eje Y representa la compresión residual en porcentaje, desde 16,50 hasta 20,50. El eje X muestra las probetas y el promedio. Los valores son: Probeta 1 (19,55%), Probeta 2 (20,26%), Probeta 3 (19,75%), Probeta 4 (19,58%), Probeta 5 (17,86%) y Promedio (19,40%).</p>		
Probetas después del Ensayo 				
Verificación de defectos 				
Compresión Residual (%):			19,40	
Observaciones:			Excelente fusión entre matriz y refuerzo, las probetas no poseen defectos internos por lo que se aceptan todos los resultados.	
Elaborado por:	Franco Palacios	Revisado por :	Ing. Henry Vaca	




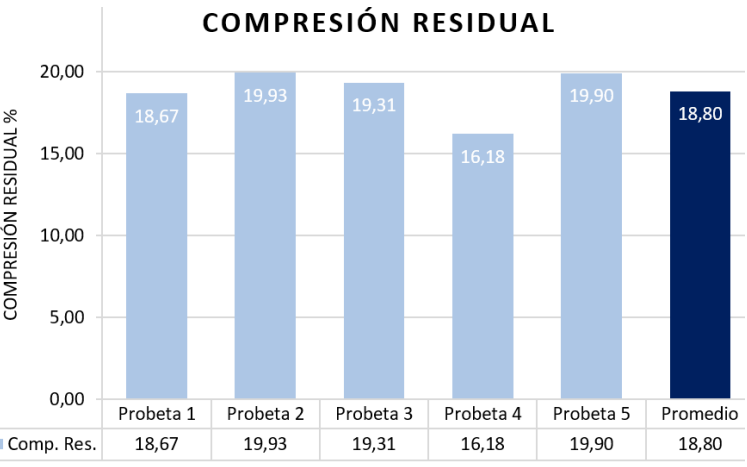


Fuente: El autor

Ficha Técnica 14. Resultados de ensayo a compresión de la configuración A2:50% Látex-50% Gránulo

		REGISTRO DE DATOS																
		ENSAYO A COMPRESIÓN																
		NORMA - NTE INEN 889																
		GRÁNULO DE CAUCHO (0 - 0,841 mm o Tamiz #20)																
Fecha Inicio:	09/05/2017	Ciudad:	Ambato															
Fecha Finalización:	10/05/2017	Lugar:	Color Plast															
Equipo:	Aparato de Compresión	Equipo de Medición:	Reloj Comparador Micrométrico															
Configuración:	A2	Estratificación:	Manual															
Matriz:	Látex sintético	Frac. Volumétrica:	50%															
Refuerzo:	Gránulo de caucho reciclado	Frac. Volumétrica:	50%															
Número de probetas:	5	Tipo de Probeta:	Moldeada de una lámina															
Duración del ensayo:	24 horas	Diámetro de probeta	29±0,5															
Temperatura:	20 °C	Espesor Espaciador:	9,27 mm															
RESULTADOS OBTENIDOS																		
Probeta N°	Espesor Inicial de la Probeta (mm)	Espesor Final de la Probeta (mm)	Espesor Espaciador (mm)	Compresión Residual (%)														
1	14,29	13,26	9,27	20,52														
2	13,15	12,37	9,27	20,10														
3	14,66	13,56	9,27	20,41														
4	12,71	12,02	9,27	20,06														
5	14,37	13,37	9,27	19,61														
Promedio	13,84	12,92	9,27	20,14														
Desv. Est.	0,85	0,68	-	0,36														
GRÁFICAS DE RESULTADOS																		
<p>Aparato de Compresión</p> 		<p>COMPRESIÓN RESIDUAL</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Probeta</th> <th>Comp. Res. (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Probeta 1</td> <td>20,52</td> </tr> <tr> <td>Probeta 2</td> <td>20,10</td> </tr> <tr> <td>Probeta 3</td> <td>20,41</td> </tr> <tr> <td>Probeta 4</td> <td>20,06</td> </tr> <tr> <td>Probeta 5</td> <td>19,61</td> </tr> <tr> <td>Promedio</td> <td>20,14</td> </tr> </tbody> </table>			Probeta	Comp. Res. (%)	Probeta 1	20,52	Probeta 2	20,10	Probeta 3	20,41	Probeta 4	20,06	Probeta 5	19,61	Promedio	20,14
Probeta	Comp. Res. (%)																	
Probeta 1	20,52																	
Probeta 2	20,10																	
Probeta 3	20,41																	
Probeta 4	20,06																	
Probeta 5	19,61																	
Promedio	20,14																	
<p>Probetas después del Ensayo</p> 																		
<p>Verificación de defectos</p> 																		
Compresión Residual (%):			20,14															
Observaciones:			Excelente fusión entre matriz y refuerzo, las probetas no poseen defectos internos por lo que se aceptan todos los resultados.															
Elaborado por:		Franco Palacios	Revisado por : Ing. Henry Vaca															




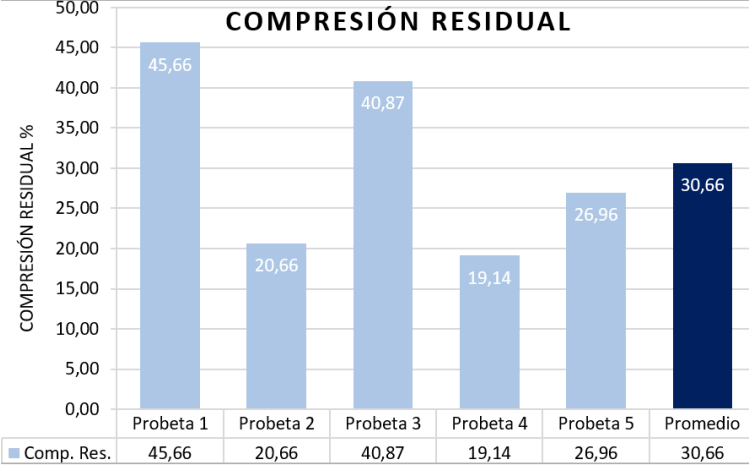


Fuente: El autor

Ficha Técnica 15. Resultados de ensayo a compresión de la configuración A3:60%Látex-40%Gránulo

		REGISTRO DE DATOS		
		ENSAYO A COMPRESIÓN		
		NORMA - NTE INEN 889		
		GRÁNULO DE CAUCHO (0 - 0,841 mm o Tamiz #20)		
Fecha Inicio:	10/05/2017	Ciudad:	Ambato	
Fecha Finalización:	11/05/2017	Lugar:	Color Plast	
Equipo:	Aparato de Compresión	Equipo de Medición:	Reloj Comparador Micrométrico	
Configuración:	A3	Estratificación:	Manual	
Matriz:	Látex sintético	Frac. Volumétrica:	60%	
Refuerzo:	Gránulo de caucho reciclado	Frac. Volumétrica:	40%	
Número de probetas:	5	Tipo de Probeta:	Moldeada de una lámina	
Duración del ensayo:	24 horas	Diámetro de probeta	29±0,5	
Temperatura:	20 °C	Espesor Espaciador:	9,27 mm	
RESULTADOS OBTENIDOS				
Probeta N°	Espesor Inicial de la Probeta (mm)	Espesor Final de la Probeta (mm)	Espesor Espaciador (mm)	Compresión Residual (%)
1	13,34	12,58	9,27	18,67
2	12,03	11,48	9,27	19,93
3	12,48	11,86	9,27	19,31
4	12,73	12,17	9,27	16,18
5	13,09	12,33	9,27	19,90
Promedio	12,73	12,08	9,27	18,80
Desv. Est.	0,51	0,43	-	1,15
GRÁFICAS DE RESULTADOS				
Aparato de Compresión 		 <p>COMPRESIÓN RESIDUAL</p> <p>El gráfico muestra la compresión residual (%) para cinco probetas y su promedio. Los valores son: Probeta 1 (18,67%), Probeta 2 (19,93%), Probeta 3 (19,31%), Probeta 4 (16,18%), Probeta 5 (19,90%) y Promedio (18,80%).</p>		
Probetas después del Ensayo 				
Verificación de defectos 				
Compresión Residual (%):			18,8	
Observaciones:			Excelente fusión entre matriz y refuerzo, las probetas no poseen defectos internos por lo que se aceptan todos los resultados.	
Elaborado por:	Franco Palacios	Revisado por :	Ing. Henry Vaca	




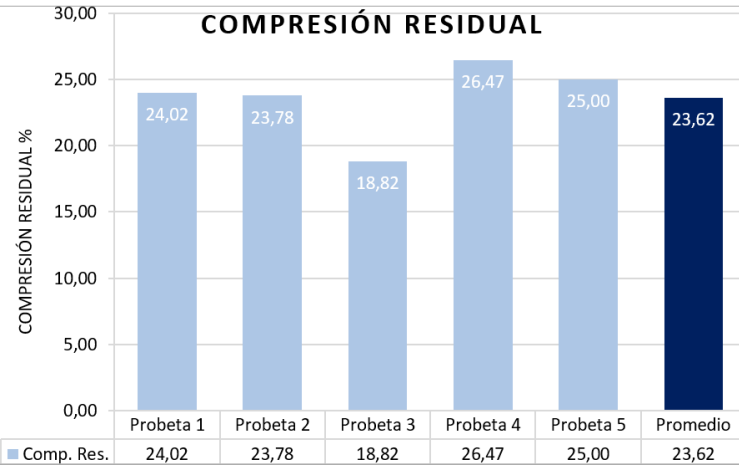


Fuente: El autor

Ficha Técnica 16. Resultados de ensayo a compresión de la configuración A4:70%Látex-30%Gránulo

		REGISTRO DE DATOS																
		ENSAYO A COMPRESIÓN																
		NORMA - NTE INEN 889																
		GRÁNULO DE CAUCHO (0 - 0,841 mm o Tamiz #20)																
Fecha Inicio:	11/05/2017	Ciudad:	Ambato															
Fecha Finalización:	12/05/2017	Lugar:	Color Plast															
Equipo:	Aparato de Compresión	Equipo de Medición:	Reloj Comparador Micrométrico															
Configuración:	A4	Estratificación:	Manual															
Matriz:	Látex sintético	Frac. Volumétrica:	70%															
Refuerzo:	Gránulo de caucho reciclado	Frac. Volumétrica:	30%															
Número de probetas:	5	Tipo de Probeta:	Moldeada de una lámina															
Duración del ensayo:	24 horas	Diámetro de probeta	29±0,5															
Temperatura:	20 °C	Espesor Espaciador:	9,27 mm															
RESULTADOS OBTENIDOS																		
Probeta N°	Espesor Inicial de la Probeta (mm)	Espesor Final de la Probeta (mm)	Espesor Espaciador (mm)	Compresión Residual (%)														
1	12,38	10,96	9,27	45,66														
2	12,32	11,69	9,27	20,66														
3	12,94	11,44	9,27	40,87														
4	11,36	10,96	9,27	19,14														
5	12,46	11,6	9,27	26,96														
Promedio	12,29	11,33	9,27	30,66														
Desv. Est.	0,58	0,35	-	12,00														
GRÁFICAS DE RESULTADOS																		
<p>Aparato de Compresión</p> 		<p>COMPRESIÓN RESIDUAL</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Probeta</th> <th>Comp. Res. (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Probeta 1</td> <td>45,66</td> </tr> <tr> <td>Probeta 2</td> <td>20,66</td> </tr> <tr> <td>Probeta 3</td> <td>40,87</td> </tr> <tr> <td>Probeta 4</td> <td>19,14</td> </tr> <tr> <td>Probeta 5</td> <td>26,96</td> </tr> <tr> <td>Promedio</td> <td>30,66</td> </tr> </tbody> </table>			Probeta	Comp. Res. (%)	Probeta 1	45,66	Probeta 2	20,66	Probeta 3	40,87	Probeta 4	19,14	Probeta 5	26,96	Promedio	30,66
Probeta	Comp. Res. (%)																	
Probeta 1	45,66																	
Probeta 2	20,66																	
Probeta 3	40,87																	
Probeta 4	19,14																	
Probeta 5	26,96																	
Promedio	30,66																	
<p>Probetas después del Ensayo</p> 																		
<p>Verificación de defectos</p> 																		
Compresión Residual (%):			30,66															
Observaciones:			Excelente fusión entre matriz y refuerzo, las probetas no poseen defectos internos por lo que se aceptan todos los resultados.															
Elaborado por:		Franco Palacios	Revisado por : Ing. Henry Vaca															




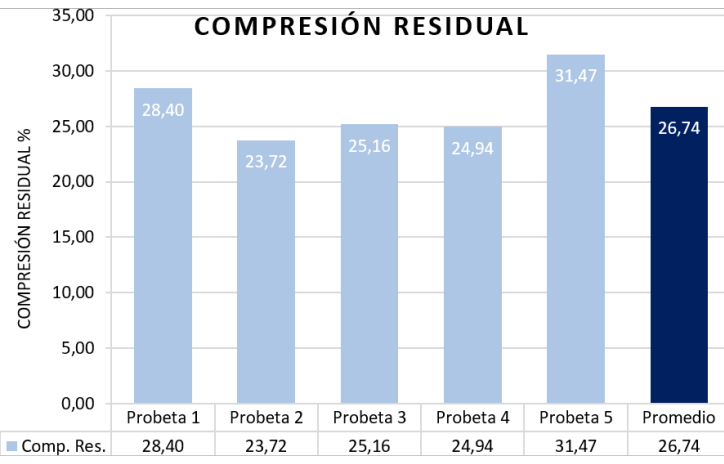


Fuente: El autor

Ficha Técnica 17. Resultados de ensayo a compresión de la configuración B1: 45%Látex-55%Gránulo

		REGISTRO DE DATOS		
		ENSAYO A COMPRESIÓN		
		NORMA - NTE INEN 889		
		GRÁNULO DE CAUCHO (0,841 -2 mm o Tamiz #20 - #10)		
Fecha Inicio:	12/05/2017	Ciudad:	Ambato	
Fecha Finalización:	13/05/2017	Lugar:	Color Plast	
Equipo:	Aparato de Compresión	Equipo de Medición:	Reloj Comparador Micrométrico	
Configuración:	B1	Estratificación:	Manual	
Matriz:	Látex sintético	Frac. Volumétrica:	45%	
Refuerzo:	Gránulo de caucho reciclado	Frac. Volumétrica:	55%	
Número de probetas:	5	Tipo de Probeta:	Moldeada de una lámina	
Duración del ensayo:	24 horas	Diámetro de probeta	29±0,5	
Temperatura:	20 °C	Espesor Espaciador:	9,27 mm	
RESULTADOS OBTENIDOS				
Probeta N°	Espesor Inicial de la Probeta (mm)	Espesor Final de la Probeta (mm)	Espesor Espaciador (mm)	Compresión Residual (%)
1	11,81	11,2	9,27	24,02
2	11,12	10,68	9,27	23,78
3	11,98	11,47	9,27	18,82
4	11,99	11,27	9,27	26,47
5	11,67	11,07	9,27	25,00
Promedio	11,71	11,14	9,27	23,62
Desv. Est.	0,36	0,29	-	2,88
GRÁFICAS DE RESULTADOS				
Aparato de Compresión 				
Probetas después del Ensayo 				
Verificación de defectos 				
Compresión Residual (%):			23,62	
Observaciones:			Excelente fusión entre matriz y refuerzo, las probetas no poseen defectos internos por lo que se aceptan todos los resultados.	
Elaborado por:	Franco Palacios	Revisado por :	Ing. Henry Vaca	




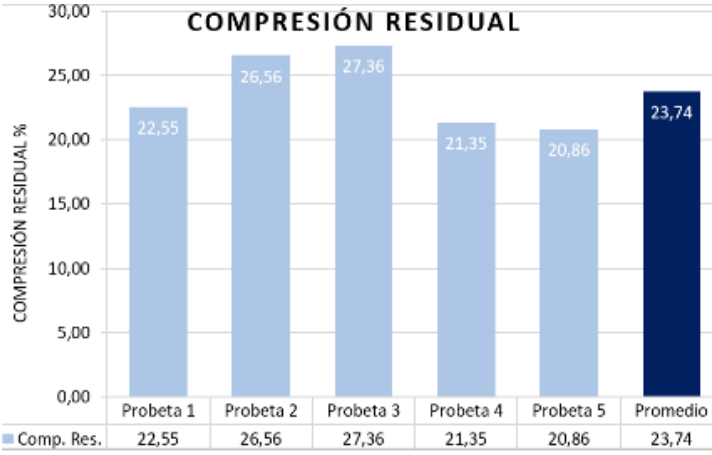


Fuente: El autor

Ficha Técnica 18. Resultados de ensayo a compresión de la configuración B2: 50% Látex-50% Gránulo

		REGISTRO DE DATOS		
		ENSAYO A COMPRESIÓN		
		NORMA - NTE INEN 889		
		GRÁNULO DE CAUCHO (0,841 -2 mm o Tamiz #20 - #10)		
Fecha Inicio:	15/05/2017	Ciudad:	Ambato	
Fecha Finalización:	16/05/2017	Lugar:	Color Plast	
Equipo:	Aparato de Compresión	Equipo de Medición:	Reloj Comparador Micrométrico	
Configuración:	B2	Estratificación:	Manual	
Matriz:	Látex sintético	Frac. Volumétrica:	50%	
Refuerzo:	Gránulo de caucho reciclado	Frac. Volumétrica:	50%	
Número de probetas:	5	Tipo de Probeta:	Moldeada de una lámina	
Duración del ensayo:	24 horas	Diámetro de probeta	29±0,5	
Temperatura:	20 °C	Espesor Espaciador:	9,27 mm	
RESULTADOS OBTENIDOS				
Probeta N°	Espesor Inicial de la Probeta (mm)	Espesor Final de la Probeta (mm)	Espesor Espaciador (mm)	Compresión Residual (%)
1	13,53	12,32	9,27	28,40
2	13,19	12,26	9,27	23,72
3	13,84	12,69	9,27	25,16
4	13,68	12,58	9,27	24,94
5	15,34	13,43	9,27	31,47
Promedio	13,92	12,66	9,27	26,74
Desv. Est.	0,83	0,47	-	3,16
GRÁFICAS DE RESULTADOS				
Aparato de Compresión 		 <p>COMPRESIÓN RESIDUAL</p> <p>El gráfico muestra la compresión residual en porcentaje para cinco probetas y su promedio. El eje Y representa la Compresión Residual % (0,00 a 35,00) y el eje X muestra las probetas y el promedio. Los valores son: Probeta 1 (28,40%), Probeta 2 (23,72%), Probeta 3 (25,16%), Probeta 4 (24,94%), Probeta 5 (31,47%) y Promedio (26,74%).</p>		
Probetas después del Ensayo 				
Verificación de defectos 				
Compresión Residual (%):			26,74	
Observaciones:			Excelente fusión entre matriz y refuerzo, las probetas no poseen defectos internos por lo que se aceptan todos los resultados.	
Elaborado por:	Franco Palacios	Revisado por :	Ing. Henry Vaca	




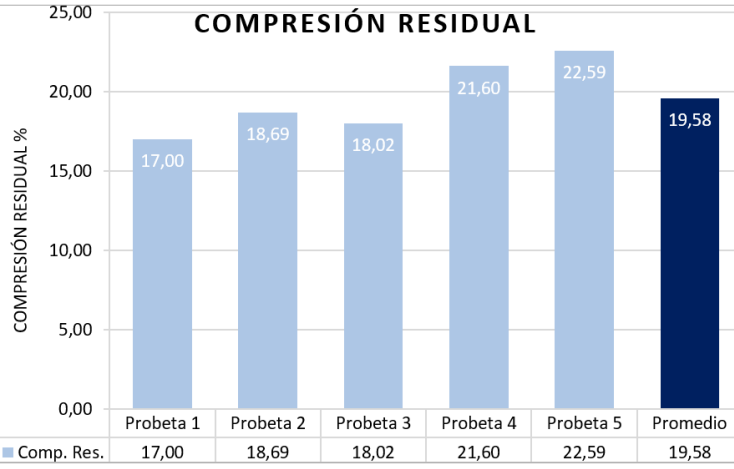


Fuente: El autor

Ficha Técnica 19. Resultados de ensayo a compresión de la configuración B3: 60%Látex-40%Gránulo

		REGISTRO DE DATOS		
		ENSAYO A COMPRESIÓN		
		NORMA - NTE INEN 889		
		GRÁNULO DE CAUCHO (0,841 -2 mm o Tamiz #20 - #10)		
Fecha Inicio:	16/05/2017	Ciudad:	Ambato	
Fecha Finalización:	17/05/2017	Lugar:	Color Plast	
Equipo:	Aparato de Compresión	Equipo de Medición:	Reloj Comparador Micrométrico	
Configuración:	B3	Estratificación:	Manual	
Matriz:	Látex sintético	Frac. Volumétrica:	60%	
Refuerzo:	Gránulo de caucho reciclado	Frac. Volumétrica:	40%	
Número de probetas:	5	Tipo de Probeta:	Moldeada de una lámina	
Duración del ensayo:	24 horas	Diámetro de probeta	29±0,5	
Temperatura:	20 °C	Espesor Espaciador:	9,27 mm	
RESULTADOS OBTENIDOS				
Probeta N°	Espesor Inicial de la Probeta (mm)	Espesor Final de la Probeta (mm)	Espesor Espaciador (mm)	Compresión Residual (%)
1	11,62	11,09	9,27	22,55
2	13,11	12,09	9,27	26,56
3	13,51	12,35	9,27	27,36
4	11,94	11,37	9,27	21,35
5	12,05	11,47	9,27	20,86
Promedio	12,45	11,67	9,27	23,74
Desv. Est.	0,82	0,53	-	3,02
GRÁFICAS DE RESULTADOS				
<p>Aparato de Compresión</p> 		 <p>COMPRESIÓN RESIDUAL</p> <p>El gráfico muestra la compresión residual (%) para cinco probetas y su promedio. Los valores son: Probeta 1 (22,55%), Probeta 2 (26,56%), Probeta 3 (27,36%), Probeta 4 (21,35%), Probeta 5 (20,86%) y Promedio (23,74%).</p>		
<p>Probetas después del Ensayo</p> 				
<p>Verificación de defectos</p> 				
Compresión Residual (%):			23,74	
Observaciones:			Excelente fusión entre matriz y refuerzo, las probetas no poseen defectos internos por lo que se aceptan todos los resultados.	
Elaborado por:		Franco Palacios	Revisado por : Ing. Henry Vaca	




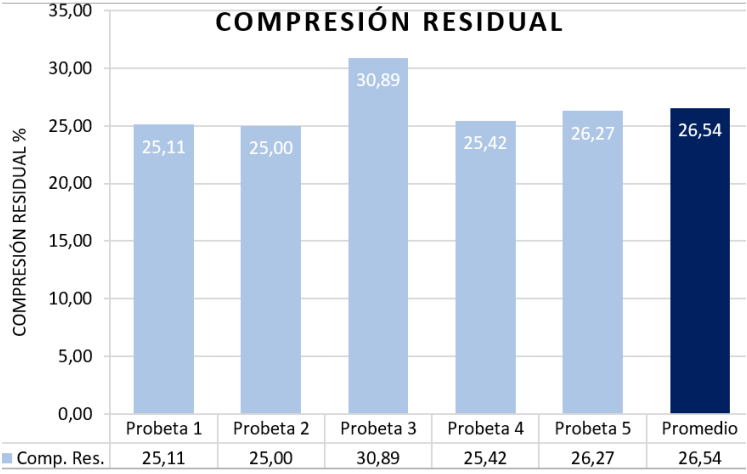


Fuente: El autor

Ficha Técnica 20. Resultados de ensayo a compresión de la configuración B4: 70%Látex-30%Gránulo

		REGISTRO DE DATOS		
		ENSAYO A COMPRESIÓN		
		NORMA - NTE INEN 889		
		GRÁNULO DE CAUCHO (0,841 -2 mm o Tamiz #20 - #10)		
Fecha Inicio:	17/05/2017	Ciudad:	Ambato	
Fecha Finalización:	18/05/2017	Lugar:	Color Plast	
Equipo:	Aparato de Compresión	Equipo de Medición:	Reloj Comparador Micrométrico	
Configuración:	B4	Estratificación:	Manual	
Matriz:	Látex sintético	Frac. Volumétrica:	70%	
Refuerzo:	Gránulo de caucho reciclado	Frac. Volumétrica:	30%	
Número de probetas:	5	Tipo de Probeta:	Moldeada de una lámina	
Duración del ensayo:	24 horas	Diámetro de probeta	29±0,5	
Temperatura:	20 °C	Espesor Espaciador:	9,27 mm	
RESULTADOS OBTENIDOS				
Probeta N°	Espesor Inicial de la Probeta (mm)	Espesor Final de la Probeta (mm)	Espesor Espaciador (mm)	Compresión Residual (%)
1	11,27	10,93	9,27	17,00
2	10,34	10,14	9,27	18,69
3	11,49	11,09	9,27	18,02
4	12,51	11,81	9,27	21,60
5	11,97	11,36	9,27	22,59
Promedio	11,52	11,07	9,27	19,58
Desv. Est.	0,81	0,62	-	2,40
GRÁFICAS DE RESULTADOS				
Aparato de Compresión 		 <p>COMPRESIÓN RESIDUAL</p> <p>El gráfico muestra la compresión residual (%) para cinco probetas y su promedio. El eje Y representa la Compresión Residual % (0,00 a 25,00). El eje X muestra las probetas y el promedio. Los valores son: Probeta 1 (17,00%), Probeta 2 (18,69%), Probeta 3 (18,02%), Probeta 4 (21,60%), Probeta 5 (22,59%) y Promedio (19,58%).</p>		
Probetas después del Ensayo 				
Verificación de defectos 				
Compresión Residual (%):			19,58	
Observaciones:			Excelente fusión entre matriz y refuerzo, las probetas no poseen defectos internos por lo que se aceptan todos los resultados.	
Elaborado por:		Franco Palacios	Revisado por : Ing. Henry Vaca	




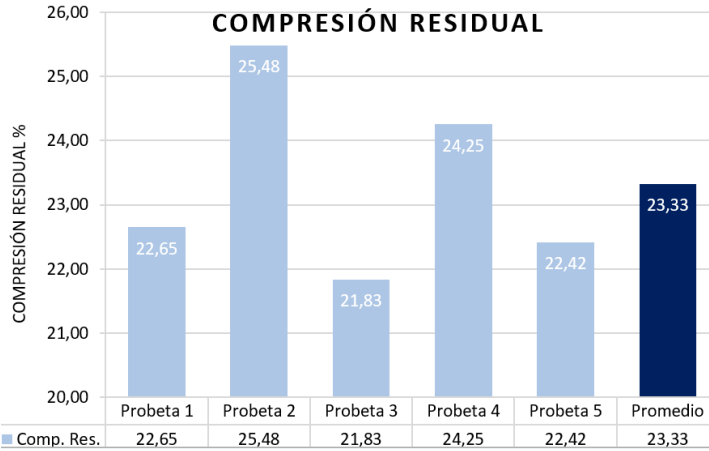


Fuente: El autor

Ficha Técnica 21. Resultados de ensayo a compresión de la configuración C1: 45%Látex-55%Gránulo

		REGISTRO DE DATOS		
		ENSAYO A COMPRESIÓN		
		NORMA - NTE INEN 889		
		GRÁNULO DE CAUCHO (2 - 2,5 mm o Tamiz #10 - #8)		
Fecha Inicio:	18/05/2017	Ciudad:	Ambato	
Fecha Finalización:	19/05/2017	Lugar:	Color Plast	
Equipo:	Aparato de Compresión	Equipo de Medición:	Reloj Comparador Micrométrico	
Configuración:	C1	Estratificación:	Manual	
Matriz:	Látex sintético	Frac. Volumétrica:	45%	
Refuerzo:	Gránulo de caucho reciclado	Frac. Volumétrica:	55%	
Número de probetas:	5	Tipo de Probeta:	Moldeada de una lámina	
Duración del ensayo:	24 horas	Diámetro de probeta	29±0,5	
Temperatura:	20 °C	Espesor Espaciador:	9,27 mm	
RESULTADOS OBTENIDOS				
Probeta N°	Espesor Inicial de la Probeta (mm)	Espesor Final de la Probeta (mm)	Espesor Espaciador (mm)	Compresión Residual (%)
1	13,97	12,79	9,27	25,11
2	14,03	12,84	9,27	25,00
3	14,19	12,67	9,27	30,89
4	13,4	12,35	9,27	25,42
5	12,62	11,74	9,27	26,27
Promedio	13,64	12,48	9,27	26,54
Desv. Est.	0,64	0,45	-	2,49
GRÁFICAS DE RESULTADOS				
Aparato de Compresión 		 <p>COMPRESIÓN RESIDUAL</p> <p>El gráfico muestra la compresión residual (%) para cinco probetas y su promedio. Los valores son: Probeta 1 (25,11%), Probeta 2 (25,00%), Probeta 3 (30,89%), Probeta 4 (25,42%), Probeta 5 (26,27%) y Promedio (26,54%).</p>		
Probetas después del Ensayo 				
Verificación de defectos 				
Compresión Residual (%):			26,54	
Observaciones:			Excelente fusión entre matriz y refuerzo, las probetas no poseen defectos internos por lo que se aceptan todos los resultados.	
Elaborado por:		Franco Palacios	Revisado por : Ing. Henry Vaca	




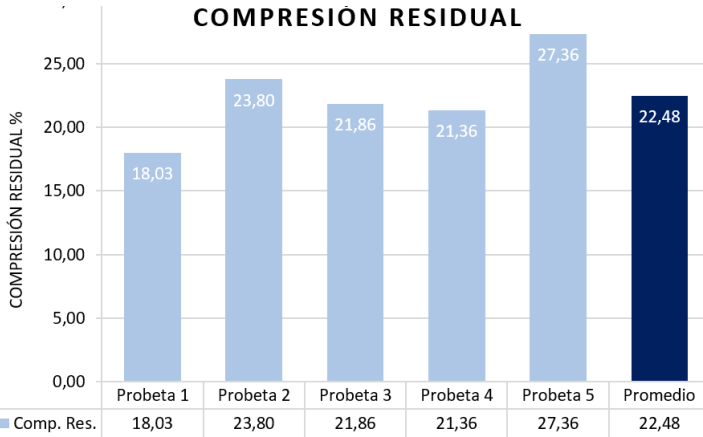


Fuente: El autor

Ficha Técnica 22. Resultados de ensayo a compresión de la configuración C2: 50%Látex-50%Gránulo

		REGISTRO DE DATOS		
		ENSAYO A COMPRESIÓN		
		NORMA - NTE INEN 889		
		GRÁNULO DE CAUCHO (2 - 2,5 mm o Tamiz #10 - #8)		
Fecha Inicio:	19/05/2017	Ciudad:	Ambato	
Fecha Finalización:	20/05/2017	Lugar:	Color Plast	
Equipo:	Aparato de Compresión	Equipo de Medición:	Reloj Comparador Micrométrico	
Configuración:	C2	Estratificación:	Manual	
Matriz:	Látex sintético	Frac. Volumétrica:	50%	
Refuerzo:	Gránulo de caucho reciclado	Frac. Volumétrica:	50%	
Número de probetas:	5	Tipo de Probeta:	Moldeada de una lámina	
Duración del ensayo:	24 horas	Diámetro de probeta	29±0,5	
Temperatura:	20 °C	Espesor Espaciador:	9,27 mm	
RESULTADOS OBTENIDOS				
Probeta N°	Espesor Inicial de la Probeta (mm)	Espesor Final de la Probeta (mm)	Espesor Espaciador (mm)	Compresión Residual (%)
1	12,14	11,49	9,27	22,65
2	12,92	11,99	9,27	25,48
3	10,69	10,38	9,27	21,83
4	12,94	12,05	9,27	24,25
5	13,24	12,35	9,27	22,42
Promedio	12,39	11,65	9,27	23,33
Desv. Est.	1,03	0,78	-	1,50
GRÁFICAS DE RESULTADOS				
Aparato de Compresión 		 <p>COMPRESIÓN RESIDUAL</p> <p>El gráfico muestra la compresión residual (%) para cinco probetas y su promedio. El eje Y representa la compresión residual en porcentaje, desde 20,00 hasta 26,00. El eje X muestra las probetas y el promedio. Los valores son: Probeta 1 (22,65%), Probeta 2 (25,48%), Probeta 3 (21,83%), Probeta 4 (24,25%), Probeta 5 (22,42%) y Promedio (23,33%).</p>		
Probetas después del Ensayo 				
Verificación de defectos 				
Compresión Residual (%):			23,33	
Observaciones:			Excelente fusión entre matriz y refuerzo, las probetas no poseen defectos internos por lo que se aceptan todos los resultados.	
Elaborado por:		Franco Palacios	Revisado por : Ing. Henry Vaca	




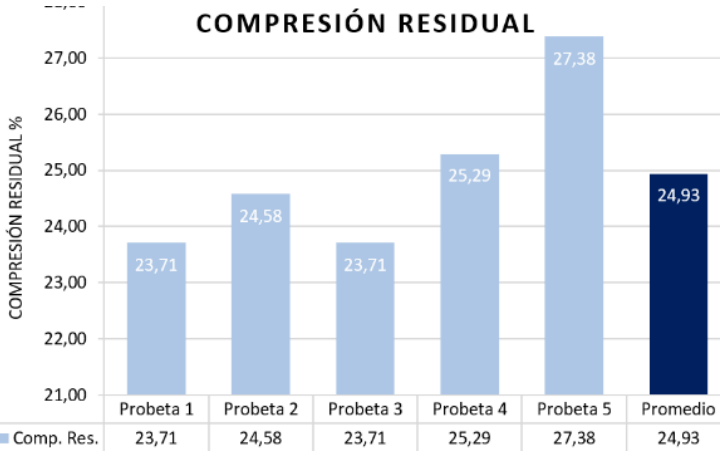


Fuente: El autor

Ficha Técnica 23. Resultados de ensayo a compresión de la configuración C3: 60%Látex-40%Gránulo

		REGISTRO DE DATOS		
		ENSAYO A COMPRESIÓN		
		NORMA - NTE INEN 889		
		GRÁNULO DE CAUCHO (2 - 2,5 mm o Tamiz #10 - #8)		
Fecha Inicio:	22/05/2017	Ciudad:	Ambato	
Fecha Finalización:	23/05/2017	Lugar:	Color Plast	
Equipo:	Aparato de Compresión	Equipo de Medición:	Reloj Comparador Micrométrico	
Configuración:	C3	Estratificación:	Manual	
Matriz:	Látex sintético	Frac. Volumétrica:	60%	
Refuerzo:	Gránulo de caucho reciclado	Frac. Volumétrica:	40%	
Número de probetas:	5	Tipo de Probeta:	Moldeada de una lámina	
Duración del ensayo:	24 horas	Diámetro de probeta	29±0,5	
Temperatura:	20 °C	Espesor Espaciador:	9,27 mm	
RESULTADOS OBTENIDOS				
Probeta N°	Espesor Inicial de la Probeta (mm)	Espesor Final de la Probeta (mm)	Espesor Espaciador (mm)	Compresión Residual (%)
1	12,21	11,68	9,27	18,03
2	13,01	12,12	9,27	23,80
3	13,25	12,38	9,27	21,86
4	12,36	11,7	9,27	21,36
5	12,23	11,42	9,27	27,36
Promedio	12,61	11,86	9,27	22,48
Desv. Est.	0,48	0,38	-	3,43
GRÁFICAS DE RESULTADOS				
<p>Aparato de Compresión</p> 		<p style="text-align: center;">COMPRESIÓN RESIDUAL</p> 		
<p>Probetas después del Ensayo</p> 				
<p>Verificación de defectos</p> 				
Compresión Residual (%):			22,48	
Observaciones:			Excelente fusión entre matriz y refuerzo, las probetas no poseen defectos internos por lo que se aceptan todos los resultados.	
Elaborado por:	Franco Palacios	Revisado por :	Ing. Henry Vaca	

Fuente: El autor



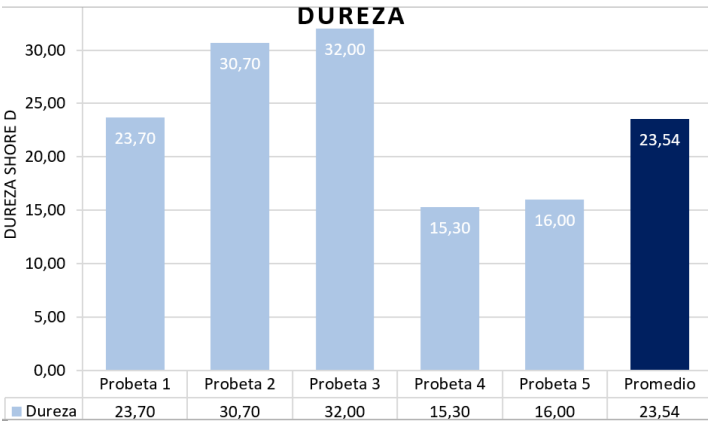
Ficha Técnica 24. Resultados de ensayo a compresión de la configuración C4: 70%Látex-30%Gránulo

		REGISTRO DE DATOS		
		ENSAYO A COMPRESIÓN		
		NORMA - NTE INEN 889		
		GRÁNULO DE CAUCHO (2 - 2,5 mm o Tamiz #10 - #8)		
Fecha Inicio:	23/05/2017	Ciudad:	Ambato	
Fecha Finalización:	24/05/2017	Lugar:	Color Plast	
Equipo:	Aparato de Compresión	Equipo de Medición:	Reloj Comparador Micrométrico	
Configuración:	C4	Estratificación:	Manual	
Matriz:	Látex sintético	Frac. Volumétrica:	70%	
Refuerzo:	Gránulo de caucho reciclado	Frac. Volumétrica:	30%	
Número de probetas:	5	Tipo de Probeta:	Moldeada de una lámina	
Duración del ensayo:	24 horas	Diámetro de probeta	29±0,5	
Temperatura:	20 °C	Espesor Espaciador:	9,27 mm	
RESULTADOS OBTENIDOS				
Probeta N°	Espesor Inicial de la Probeta (mm)	Espesor Final de la Probeta (mm)	Espesor Espaciador (mm)	Compresión Residual (%)
1	11,59	11,04	9,27	23,71
2	11,63	11,05	9,27	24,58
3	11,59	11,04	9,27	23,71
4	12,67	11,81	9,27	25,29
5	12,74	11,79	9,27	27,38
Promedio	12,04	11,35	9,27	24,93
Desv. Est.	0,60	0,41	-	1,52
GRÁFICAS DE RESULTADOS				
Aparato de Compresión 		 <p>COMPRESIÓN RESIDUAL</p> <p>El gráfico muestra la compresión residual (%) para cinco probetas y su promedio. El eje Y representa la compresión residual en porcentaje, desde 21,00 hasta 27,00. El eje X muestra las probetas y el promedio. Los valores son: Probeta 1 (23,71%), Probeta 2 (24,58%), Probeta 3 (23,71%), Probeta 4 (25,29%), Probeta 5 (27,38%) y Promedio (24,93%).</p>		
Probetas después del Ensayo 				
Verificación de defectos 				
Compresión Residual (%):			24,93	
Observaciones:			Excelente fusión entre matriz y refuerzo, las probetas no poseen defectos internos por lo que se aceptan todos los resultados.	
Elaborado por:	Franco Palacios	Revisado por :	Ing. Henry Vaca	

Fuente: El autor



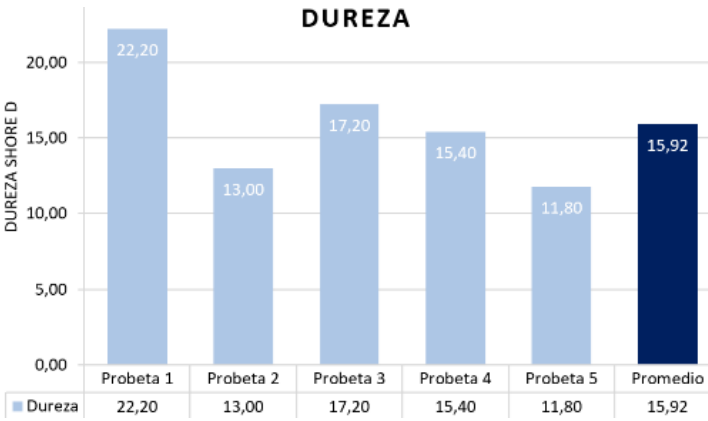

4.1.3 RECOLECCIÓN DE DATOS DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE DUREZA

Ficha Técnica 25. Resultados de ensayo de dureza de la configuración A1: 45%Látex - 55%Gránulo

		REGISTRO DE DATOS				
		ENSAYO DE DUREZA				
		NORMA - NTE INEN 887				
		GRÁNULO DE CAUCHO (0 - 0,841 mm o Tamiz #20)				
Fecha :	08/06/2017	Ciudad:	Ambato			
Equipo:	Durómetro (Shore D)	Lugar:	Color Plast			
Configuración:	A1	Estratificación:	Manual			
Matriz:	Látex sintético	Frac. Volumétrica:	45%			
Refuerzo:	Gránulo de caucho reciclado	Frac. Volumétrica:	55%			
Número de probetas:	5	Tipo de Probeta:	Moldeada			
Temperatura:	20 °C	Dimensiones Probeta	30 x 30 x 8 mm			
RESULTADOS OBTENIDOS						
Ensayo#	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Probeta 4	Probeta 5	
SHORE D	1	19,50	22,50	37,50	17,50	13,50
	2	17,00	37,50	39,50	15,50	17,00
	3	21,50	39,50	32,00	15,50	21,00
	4	29,00	34,00	26,50	16,50	11,50
	5	31,50	20,00	24,50	11,50	17,00
Promedio	23,70	30,70	32,00	15,30	16,00	
Promedio Final:		23,54		Desviación Estándar:		7,87
GRÁFICAS DE RESULTADOS						
<p>Durómetro</p> 						
<p>Probetas a Ensayar</p> 						
Dureza	SHORE D	SHORE A	IRHD			
	23,54	72,57	71,08			
Observaciones:		Excelente fusión entre matriz y refuerzo, las probetas tienen la cara inferior plana pero la superior es irregular				
Elaborado por:	Franco Palacios	Revisado por :	Ing. Henry Vaca			




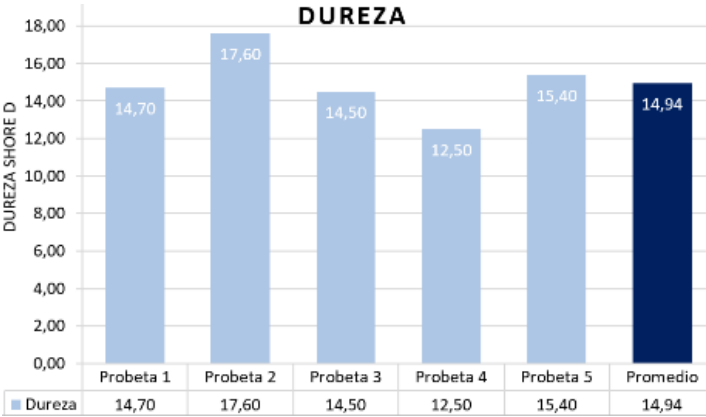

Fuente: El autor

Ficha Técnica 26. Resultados de ensayo de dureza de la configuración A2: 50%Látex - 50%Gránulo

		REGISTRO DE DATOS				
		ENSAYO DE DUREZA				
		NORMA - NTE INEN 887				
		GRÁNULO DE CAUCHO (0 - 0,841 mm o Tamiz #20)				
Fecha :	08/06/2017	Ciudad:	Ambato			
Equipo:	Durómetro (Shore D)	Lugar:	Color Plast			
Configuración:	A2	Estratificación:	Manual			
Matriz:	Látex sintético	Frac. Volumétrica:	50%			
Refuerzo:	Gránulo de caucho reciclado	Frac. Volumétrica:	50%			
Número de probetas:	5	Tipo de Probeta:	Moldeada			
Temperatura:	20 °C	Dimensiones Probeta	30 x 30 x 8 mm			
RESULTADOS OBTENIDOS						
Ensayo#	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Probeta 4	Probeta 5	
SHORE D	1	20,50	10,50	18,50	13,50	9,50
	2	18,00	11,50	17,50	15,50	11,50
	3	25,50	12,50	18,50	16,50	12,00
	4	22,00	14,00	14,50	17,00	16,00
	5	25,00	16,50	17,00	14,50	10,00
Promedio	22,20	13,00	17,20	15,40	11,80	
Promedio Final:		15,92		Desviación Estándar:		4,09
GRÁFICAS DE RESULTADOS						
<p>Durómetro</p> 		<p>DUREZA</p> 				
<p>Probetas a Ensayar</p> 						
Dureza	SHORE D	SHORE A	IRHD			
	15,92	59,8	61,68			
Observaciones:		Excelente fusión entre matriz y refuerzo, las probetas tienen la cara inferior plana pero la superior es irregular				
Elaborado por:	Franco Palacios	Revisado por :	Ing. Henry Vaca			




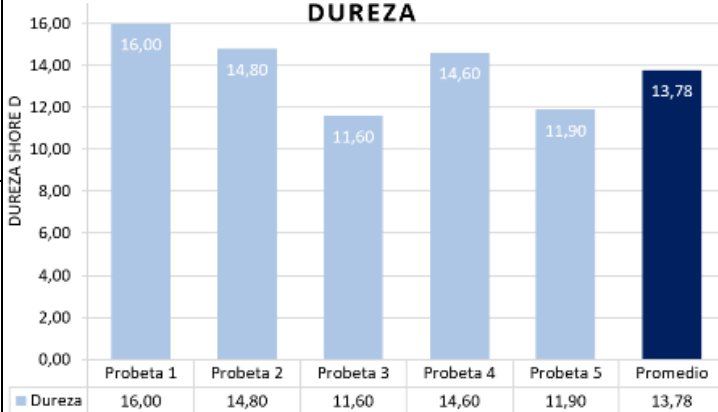

Fuente: El autor

Ficha Técnica 27. Resultados de ensayo de dureza de la configuración A3: 60%Látex - 40%Gránulo

		REGISTRO DE DATOS				
		ENSAYO DE DUREZA				
		NORMA - NTE INEN 887				
		GRÁNULO DE CAUCHO (0 - 0,841 mm o Tamiz #20)				
Fecha :	08/06/2017	Ciudad:	Ambato			
Equipo:	Durómetro (Shore D)	Lugar:	Color Plast			
Configuración:	A3	Estratificación:	Manual			
Matriz:	Látex sintético	Frac. Volumétrica:	60%			
Refuerzo:	Gránulo de caucho reciclado	Frac. Volumétrica:	40%			
Número de probetas:	5	Tipo de Probeta:	Moldeada			
Temperatura:	20 °C	Dimensiones Probeta	30 x 30 x 8 mm			
RESULTADOS OBTENIDOS						
Ensayo#	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Probeta 4	Probeta 5	
SHORE D	1	14,50	17,00	12,50	15,50	13,00
	2	16,50	16,50	12,50	10,50	17,50
	3	11,00	21,00	15,00	8,50	14,50
	4	20,50	16,50	16,00	14,50	20,50
	5	11,00	17,00	16,50	13,50	11,50
Promedio	14,70	17,60	14,50	12,50	15,40	
Promedio Final:		14,94		Desviación Estándar:		1,84
GRÁFICAS DE RESULTADOS						
<p>Durómetro</p> 		<p>DUREZA</p> 				
<p>Probetas a Ensayar</p> 						
Dureza	SHORE D		SHORE A		IRHD	
	14,94		57,35		57,76	
Observaciones:			Excelente fusión entre matriz y refuerzo, las probetas tienen la cara inferior plana pero la superior es irregular			
Elaborado por:	Franco Palacios		Revisado por :	Ing. Henry Vaca		




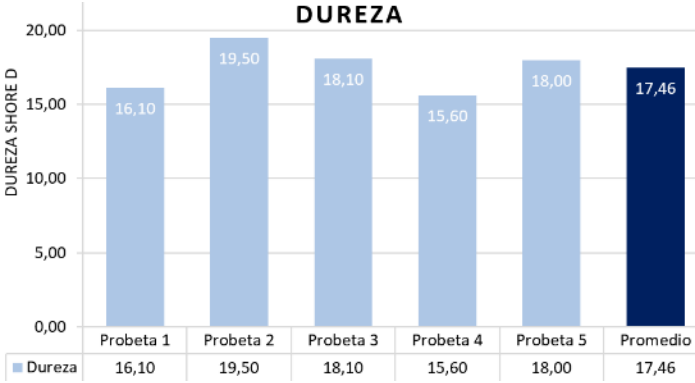

Fuente: El autor

Ficha Técnica 28. Resultados de ensayo de dureza de la configuración A4: 70%Látex - 30%Gránulo

		REGISTRO DE DATOS				
		ENSAYO DE DUREZA				
		NORMA - NTE INEN 887				
		GRÁNULO DE CAUCHO (0 - 0,841 mm o Tamiz #20)				
Fecha :	08/06/2017	Ciudad:	Ambato			
Equipo:	Durómetro (Shore D)	Lugar:	Color Plast			
Configuración:	A4	Estratificación:	Manual			
Matriz:	Látex sintético	Frac. Volumétrica:	70%			
Refuerzo:	Gránulo de caucho reciclado	Frac. Volumétrica:	30%			
Número de probetas:	5	Tipo de Probeta:	Moldeada			
Temperatura:	20 °C	Dimensiones Probeta	30 x 30 x 8 mm			
RESULTADOS OBTENIDOS						
Ensayo#	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Probeta 4	Probeta 5	
SHORE D	1	15,00	15,00	14,50	18,50	11,00
	2	21,00	16,50	10,00	16,00	16,00
	3	17,00	14,50	11,00	13,50	10,50
	4	16,50	15,50	10,50	10,00	10,50
	5	10,50	12,50	12,00	15,00	11,50
Promedio	16,00	14,80	11,60	14,60	11,90	
Promedio Final:		13,78		Desviación Estándar:		1,93
GRÁFICAS DE RESULTADOS						
<p>Durómetro</p> 		<p>DUREZA</p> 				
<p>Probetas a Ensayar</p> 						
Dureza	SHORE D		SHORE A		IRHD	
	13,78		54,45		53,45	
Observaciones:			Excelente fusión entre matriz y refuerzo, las probetas tienen la cara inferior plana pero la superior es irregular			
Elaborado por:	Franco Palacios		Revisado por :	Ing. Henry Vaca		

Fuente: El autor

Ficha Técnica 29. Resultados de ensayo de dureza de la configuración B1: 45%Látex - 55%Gránulo

		REGISTRO DE DATOS				
		ENSAYO DE DUREZA				
		NORMA - NTE INEN 887				
		GRÁNULO DE CAUCHO (0,841 -2 mm o Tamiz #20 - #10)				
Fecha :	08/06/2017	Ciudad:	Ambato			
Equipo:	Durómetro (Shore D)	Lugar:	Color Plast			
Configuración:	B1	Estratificación:	Manual			
Matriz:	Látex sintético	Frac. Volumétrica:	45%			
Refuerzo:	Gránulo de caucho reciclado	Frac. Volumétrica:	55%			
Número de probetas:	5	Tipo de Probeta:	Moldeada			
Temperatura:	20 °C	Dimensiones Probeta	30 x 30 x 8 mm			
RESULTADOS OBTENIDOS						
Ensayo#	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Probeta 4	Probeta 5	
SHORE D	1	19,50	18,00	25,00	13,50	
	2	14,50	14,00	13,00	18,50	
	3	17,00	18,50	14,00	11,00	20,50
	4	11,00	22,50	19,50	15,50	22,50
	5	18,50	17,50	25,00	13,50	15,00
Promedio	16,10	19,50	18,10	15,60	18,00	
Promedio Final:		17,46		Desviación Estándar:		1,59
GRÁFICAS DE RESULTADOS						
<p>Durómetro</p> 		<p>DUREZA</p> 				
<p>Probetas a Ensayar</p> 						
Dureza	SHORE D	SHORE A	IRHD			
	17,46	62,43	62,97			
Observaciones:		Excelente fusión entre matriz y refuerzo, las probetas tienen la cara inferior plana pero la superior es irregular				
Elaborado por:	Franco Palacios	Revisado por :	Ing. Henry Vaca			




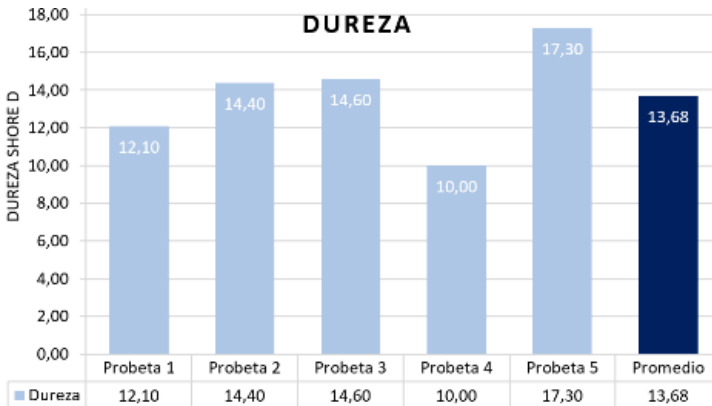

Fuente: El autor

Ficha Técnica 30. Resultados de ensayo de dureza de la configuración B2: 50%Látex - 50%Gránulo

		REGISTRO DE DATOS				
		ENSAYO DE DUREZA				
		NORMA - NTE INEN 887				
		GRÁNULO DE CAUCHO (0,841 -2 mm o Tamiz #20 - #10)				
Fecha :	08/06/2017	Ciudad:	Ambato			
Equipo:	Durómetro (Shore D)	Lugar:	Color Plast			
Configuración:	B2	Estratificación:	Manual			
Matriz:	Látex sintético	Frac. Volumétrica:	50%			
Refuerzo:	Gránulo de caucho reciclado	Frac. Volumétrica:	50%			
Número de probetas:	5	Tipo de Probeta:	Moldeada			
Temperatura:	20 °C	Dimensiones Probeta	30 x 30 x 8 mm			
RESULTADOS OBTENIDOS						
Ensayo#	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Probeta 4	Probeta 5	
SHORE D	1	18,50	20,00	19,00	15,50	19,00
	2	20,00	17,00	20,00	19,00	19,50
	3	16,00	16,50	20,50	21,00	15,50
	4	14,50	17,00	17,00	16,50	15,50
	5	13,50	10,50	18,00	14,50	12,00
Promedio	16,50	16,20	18,90	17,30	16,30	
Promedio Final:		17,04		Desviación Estándar:		1,13
GRÁFICAS DE RESULTADOS						
<p>Durómetro</p> 						
<p>Probetas a Ensayar</p> 						
Dureza	SHORE D		SHORE A		IRHD	
	17,04		61,73		62,69	
Observaciones:			Excelente fusión entre matriz y refuerzo, las probetas tienen la cara inferior plana pero la superior es irregular			
Elaborado por:	Franco Palacios		Revisado por :	Ing. Henry Vaca		



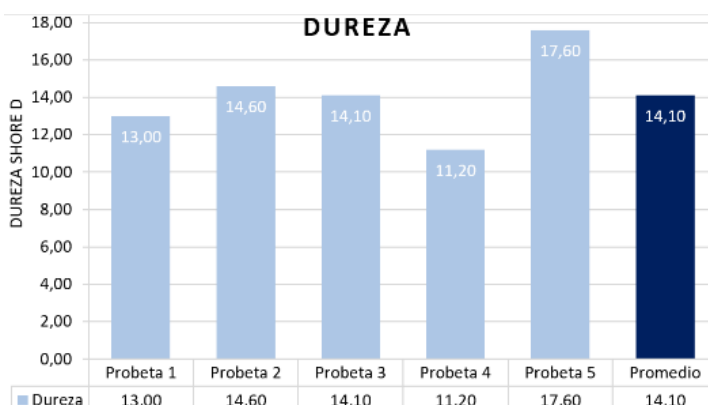
Fuente: El autor

Ficha Técnica 31. Resultados de ensayo de dureza de la configuración B3: 60%Látex - 40%Gránulo

		REGISTRO DE DATOS				
		ENSAYO DE DUREZA				
		NORMA - NTE INEN 887				
		GRÁNULO DE CAUCHO (0,841 -2 mm o Tamiz #20 - #10)				
Fecha :	08/06/2017	Ciudad:	Ambato			
Equipo:	Durómetro (Shore D)	Lugar:	Color Plast			
Configuración:	B3	Estratificación:	Manual			
Matriz:	Látex sintético	Frac. Volumétrica:	60%			
Refuerzo:	Gránulo de caucho reciclado	Frac. Volumétrica:	40%			
Número de probetas:	5	Tipo de Probeta:	Moldeada			
Temperatura:	20 °C	Dimensiones Probeta	30 x 30 x 8 mm			
RESULTADOS OBTENIDOS						
Ensayo#	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Probeta 4	Probeta 5	
SHORE D	1	13,50	15,50	9,50	10,50	20,50
	2	10,50	19,00	17,50	10,50	16,50
	3	12,50	12,50	15,50	10,50	21,00
	4	12,00	12,50	15,00	9,50	15,00
	5	12,00	12,50	15,50	9,00	13,50
Promedio	12,10	14,40	14,60	10,00	17,30	
Promedio Final:		13,68		Desviación Estándar:		2,76
GRÁFICAS DE RESULTADOS						
Durómetro 						
Probetas a Ensayar 						
Dureza	SHORE D		SHORE A		IRHD	
	13,68		54,2		53,2	
Observaciones:			Excelente fusión entre matriz y refuerzo, las probetas tienen la cara inferior plana pero la superior es irregular			
Elaborado por:	Franco Palacios		Revisado por :	Ing. Henry Vaca		



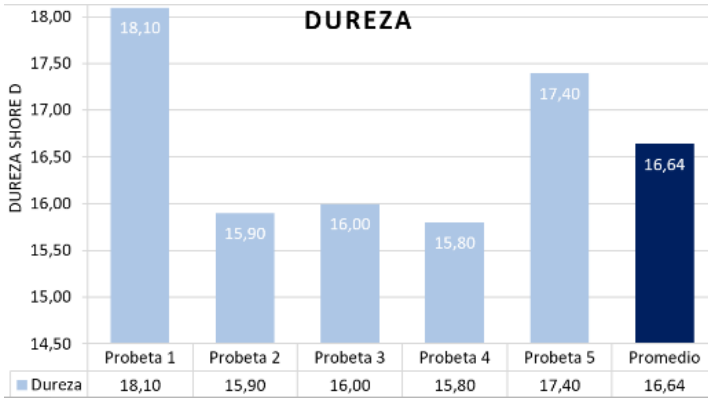

Fuente: El autor

Ficha Técnica 32. Resultados de ensayo de dureza de la configuración B4: 70%Látex - 30%Gránulo

		REGISTRO DE DATOS				
		ENSAYO DE DUREZA				
		NORMA - NTE INEN 887				
		GRÁNULO DE CAUCHO (0,841 -2 mm o Tamiz #20 - #10)				
Fecha :	08/06/2017	Ciudad:	Ambato			
Equipo:	Durómetro (Shore D)	Lugar:	Color Plast			
Configuración:	B4	Estratificación:	Manual			
Matriz:	Látex sintético	Frac. Volumétrica:	70%			
Refuerzo:	Gránulo de caucho reciclado	Frac. Volumétrica:	30%			
Número de probetas:	5	Tipo de Probeta:	Moldeada			
Temperatura:	20 °C	Dimensiones Probeta	30 x 30 x 8 mm			
RESULTADOS OBTENIDOS						
Ensayo#	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Probeta 4	Probeta 5	
SHORE D	1	13,50	17,00	18,00	10,50	17,50
	2	17,00	13,50	16,50	11,00	22,00
	3	15,00	14,00	10,00	12,50	16,50
	4	10,00	14,00	14,00	13,50	15,00
	5	9,50	14,50	12,00	8,50	17,00
Promedio	13,00	14,60	14,10	11,20	17,60	
Promedio Final:		14,10		Desviación Estándar:		2,35
GRÁFICAS DE RESULTADOS						
<p>Durómetro</p> 						
<p>Probetas a Ensayar</p> 						
Dureza	SHORE D		SHORE A		IRHD	
	14,10		55,25		54,4	
Observaciones:			Excelente fusión entre matriz y refuerzo, las probetas tienen la cara inferior plana pero la superior es irregular			
Elaborado por:	Franco Palacios		Revisado por :	Ing. Henry Vaca		



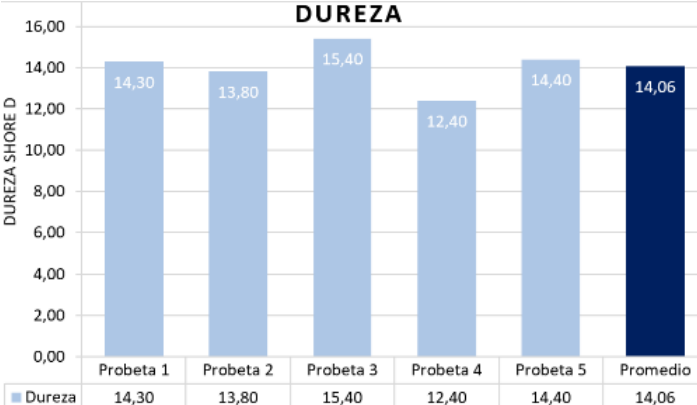

Fuente: El autor

Ficha Técnica 33. Resultados de ensayo de dureza de la configuración C1: 45%Látex - 55%Gránulo

		REGISTRO DE DATOS				
		ENSAYO DE DUREZA				
		NORMA - NTE INEN 887				
		GRÁNULO DE CAUCHO (2 - 2,5 mm o Tamiz #10 - #8)				
Fecha :	08/06/2017	Ciudad:	Ambato			
Equipo:	Durómetro (Shore D)	Lugar:	Color Plast			
Configuración:	C1	Estratificación:	Manual			
Matriz:	Látex sintético	Frac. Volumétrica:	45%			
Refuerzo:	Gránulo de caucho reciclado	Frac. Volumétrica:	55%			
Número de probetas:	5	Tipo de Probeta:	Moldeada			
Temperatura:	20 °C	Dimensiones Probeta	30 x 30 x 8 mm			
RESULTADOS OBTENIDOS						
Ensayo#	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Probeta 4	Probeta 5	
SHORE D	1	19,00	17,00	16,50	15,00	11,50
	2	24,00	17,00	12,00	11,50	17,00
	3	11,00	20,00	16,00	22,50	25,00
	4	12,50	10,50	23,00	16,50	15,50
	5	24,00	15,00	12,50	13,50	18,00
Promedio	18,10	15,90	16,00	15,80	17,40	
Promedio Final:		16,64		Desviación Estándar:		1,05
GRÁFICAS DE RESULTADOS						
<p>Durómetro</p> 						
<p>Probetas a Ensayar</p> 						
Dureza	SHORE D	SHORE A	IRHD			
	16,64	61,07	62,43			
Observaciones:		Excelente fusión entre matriz y refuerzo, las probetas tienen la cara inferior plana pero la superior es irregular				
Elaborado por:	Franco Palacios	Revisado por :	Ing. Henry Vaca			



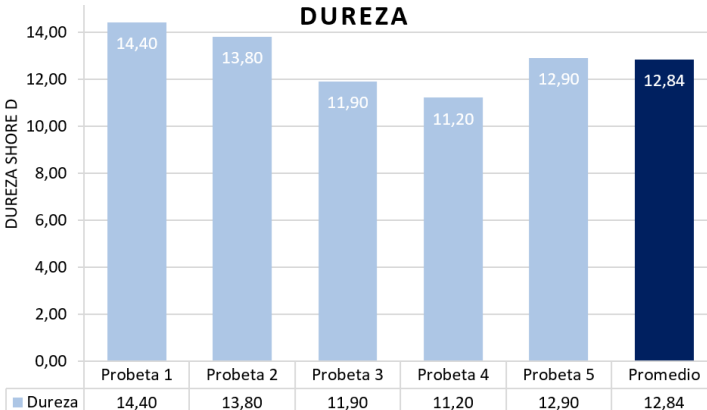
Fuente: El autor

Ficha Técnica 34. Resultados de ensayo de dureza de la configuración C2: 50%Látex - 50%Gránulo

		REGISTRO DE DATOS				
		ENSAYO DE DUREZA				
		NORMA - NTE INEN 887				
		GRÁNULO DE CAUCHO (2 - 2,5 mm o Tamiz #10 - #8)				
Fecha :	08/06/2017	Ciudad:	Ambato			
Equipo:	Durómetro (Shore D)	Lugar:	Color Plast			
Configuración:	C2	Estratificación:	Manual			
Matriz:	Látex sintético	Frac. Volumétrica:	50%			
Refuerzo:	Gránulo de caucho reciclado	Frac. Volumétrica:	50%			
Número de probetas:	5	Tipo de Probeta:	Moldeada			
Temperatura:	20 °C	Dimensiones Probeta	30 x 30 x 8 mm			
RESULTADOS OBTENIDOS						
Ensayo #	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Probeta 4	Probeta 5	
SHORE D	1	16,00	14,50	18,00	17,50	13,00
	2	13,00	11,00	13,00	12,50	20,00
	3	13,00	15,50	14,50	9,50	10,00
	4	15,00	12,50	13,50	10,00	11,00
	5	14,50	15,50	18,00	12,50	18,00
Promedio	14,30	13,80	15,40	12,40	14,40	
Promedio Final:		14,06		Desviación Estándar:		1,09
GRÁFICAS DE RESULTADOS						
<p>Durómetro</p> 		<p>DUREZA</p> 				
<p>Probetas a Ensayar</p> 						
Dureza	SHORE D	SHORE A	IRHD			
	14,06	55,15	54,24			
Observaciones:		Excelente fusión entre matriz y refuerzo, las probetas tienen la cara inferior plana pero la superior es irregular				
Elaborado por:	Franco Palacios	Revisado por :	Ing. Henry Vaca			




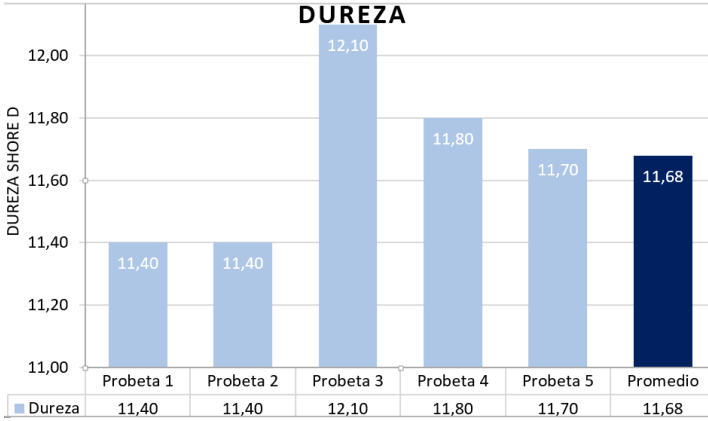

Fuente: El autor

Ficha Técnica 35. Resultados de ensayo de dureza de la configuración C3: 60%Látex - 40%Gránulo

		REGISTRO DE DATOS				
		ENSAYO DE DUREZA				
		NORMA - NTE INEN 887				
		GRÁNULO DE CAUCHO (2 - 2,5 mm o Tamiz #10 - #8)				
Fecha :	08/06/2017	Ciudad:	Ambato			
Equipo:	Durómetro (Shore D)	Lugar:	Color Plast			
Configuración:	C3	Estratificación:	Manual			
Matriz:	Látex sintético	Frac. Volumétrica:	60%			
Refuerzo:	Gránulo de caucho reciclado	Frac. Volumétrica:	40%			
Número de probetas:	5	Tipo de Probeta:	Moldeada			
Temperatura:	20 °C	Dimensiones Probeta	30 x 30 x 8 mm			
RESULTADOS OBTENIDOS						
Ensayo#	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Probeta 4	Probeta 5	
SHORE D	1	17,50	17,50	12,50	13,00	16,50
	2	11,00	15,00	14,50	11,50	10,50
	3	18,00	12,00	8,50	8,50	16,00
	4	14,00	12,50	13,00	14,50	13,50
	5	11,50	12,00	11,00	8,50	8,00
Promedio	14,40	13,80	11,90	11,20	12,90	
Promedio Final:		12,84		Desviación Estándar:		1,32
GRÁFICAS DE RESULTADOS						
<p>Durómetro</p> 		<p>DUREZA</p> 				
<p>Probetas a Ensayar</p> 						
Dureza	SHORE D		SHORE A		IRHD	
	12,84		52,1		51,1	
Observaciones:			Excelente fusión entre matriz y refuerzo, las probetas tienen la cara inferior plana pero la superior es irregular			
Elaborado por:	Franco Palacios		Revisado por :	Ing. Henry Vaca		

Fuente: El autor

Ficha Técnica 36. Resultados de ensayo de dureza de la configuración C4: 70%Látex - 30%Gránulo



		REGISTRO DE DATOS																	
		ENSAYO DE DUREZA																	
		NORMA - NTE INEN 887																	
		GRÁNULO DE CAUCHO (2 - 2,5 mm o Tamiz #10 - #8)																	
Fecha :	08/06/2017	Ciudad:	Ambato																
Equipo:	Durómetro (Shore D)	Lugar:	Color Plast																
Configuración:	C4	Estratificación:	Manual																
Matriz:	Látex sintético	Frac. Volumétrica:	70%																
Refuerzo:	Gránulo de caucho reciclado	Frac. Volumétrica:	30%																
Número de probetas:	5	Tipo de Probeta:	Moldeada																
Temperatura:	20 °C	Dimensiones Probeta	30 x 30 x 8 mm																
RESULTADOS OBTENIDOS																			
Ensayo#	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Probeta 4	Probeta 5														
SHORE D	1	11,00	11,00	12,00	8,00	10,00													
	2	13,00	12,50	13,00	16,00	13,50													
	3	13,00	12,50	11,50	15,00	11,50													
	4	10,00	11,00	16,50	10,00	12,00													
	5	10,00	10,00	7,50	10,00	11,50													
Promedio	11,40	11,40	12,10	11,80	11,70														
Promedio Final:		11,68		Desviación Estándar:		0,29													
GRÁFICAS DE RESULTADOS																			
<p>Durómetro</p> 		 <p>DUREZA</p> <p>Y-axis: DUREZA SHORE D (11,00 to 12,00)</p> <p>X-axis: Probeta 1, Probeta 2, Probeta 3, Probeta 4, Probeta 5, Promedio</p> <p>Legend: Dureza</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Probeta</th> <th>Dureza</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Probeta 1</td> <td>11,40</td> </tr> <tr> <td>Probeta 2</td> <td>11,40</td> </tr> <tr> <td>Probeta 3</td> <td>12,10</td> </tr> <tr> <td>Probeta 4</td> <td>11,80</td> </tr> <tr> <td>Probeta 5</td> <td>11,70</td> </tr> <tr> <td>Promedio</td> <td>11,68</td> </tr> </tbody> </table>				Probeta	Dureza	Probeta 1	11,40	Probeta 2	11,40	Probeta 3	12,10	Probeta 4	11,80	Probeta 5	11,70	Promedio	11,68
Probeta	Dureza																		
Probeta 1	11,40																		
Probeta 2	11,40																		
Probeta 3	12,10																		
Probeta 4	11,80																		
Probeta 5	11,70																		
Promedio	11,68																		
<p>Probetas a Ensayar</p> 																			
Dureza	SHORE D		SHORE A		IRHD														
	11,68		49,2		48,2														
Observaciones:			Excelente fusión entre matriz y refuerzo, las probetas tienen la cara inferior plana pero la superior es irregular																
Elaborado por:	Franco Palacios		Revisado por :	Ing. Henry Vaca															

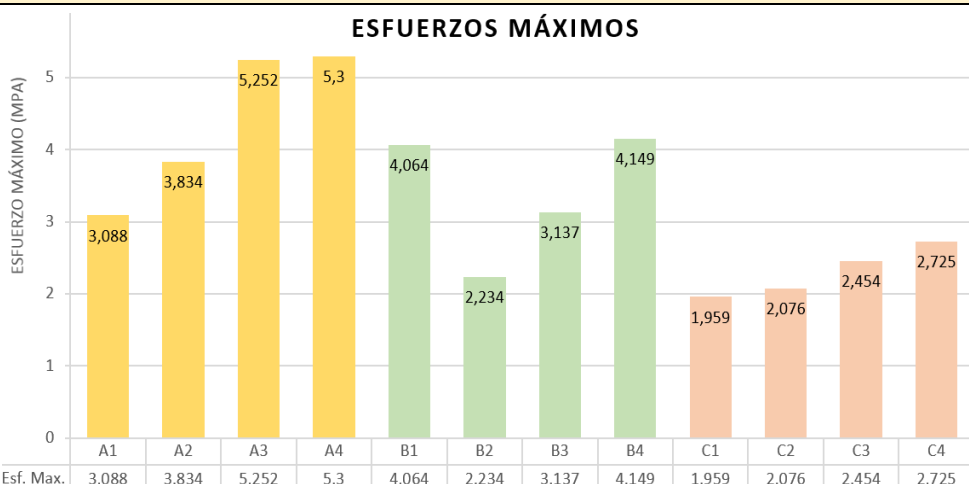
Fuente: El autor

4.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.2.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS POR ENSAYOS

Ficha Técnica 37. Resultados de esfuerzos del ensayo a tracción de cada configuración



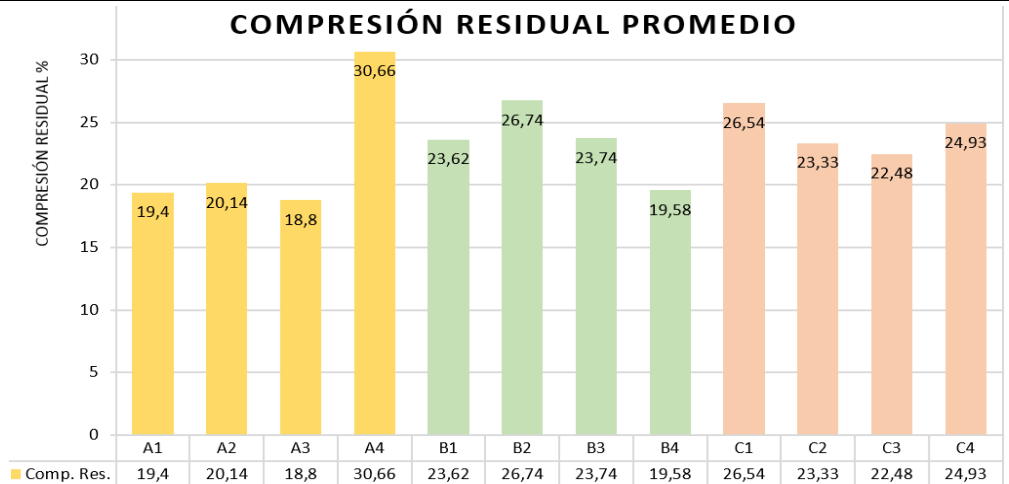
		REGISTRO DE DATOS			
		ENSAYO A TRACCIÓN			
		NORMA - NTE INEN 1165			
ANÁLISIS DE LOS ESFUERZOS EN LAS DIFERENTES CONFIGURACIONES					
Tamaño de Gránulo	Composición Volumétrica	Espesor Promedio (mm)	Esfuerzo Máximo (Mpa)	Esfuerzo de Rotura (Mpa)	
TIPO A 0 - 0,841 mm Tamiz #20	1 55% Gránulo - 45% Látex	2,39	3,088	2,926	
	2 50% Gránulo - 50% Látex	2,03	3,834	3,722	
	3 40% Gránulo - 60% Látex	1,66	5,252	5,064	
	4 30% Gránulo - 70% Látex	1,74	5,3	5,186	
TIPO B 0,841 - 2 mm Tamiz #20 - Tamiz # 10	1 55% Gránulo - 45% Látex	2,23	4,064	4,099	
	2 50% Gránulo - 50% Látex	3,43	2,234	2,03	
	3 40% Gránulo - 60% Látex	2	3,137	2,592	
	4 30% Gránulo - 70% Látex	1,89	4,149	3,854	
TIPO C - 2,5 mm Tamiz #10 - Tamiz # 8	1 55% Gránulo - 45% Látex	2,81	1,959	1,535	
	2 50% Gránulo - 50% Látex	2,22	2,076	1,866	
	3 40% Gránulo - 60% Látex	2,18	2,454	2,155	
	4 30% Gránulo - 70% Látex	2,23	2,725	2,435	

GRÁFICA DE RESULTADOS DE ESFUERZOS MÁXIMOS												
ESFUERZOS MÁXIMOS												
												
Esf. Max.	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4
	3,088	3,834	5,252	5,3	4,064	2,234	3,137	4,149	1,959	2,076	2,454	2,725

ANÁLISIS
<p>Se ha evaluado el esfuerzo máximo en todas las configuraciones, y se determinó lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - El grupo que presenta mayor resistencia a la tracción es el tipo A: granulometría de 0-0,841mm o Tamiz #20. Es el grupo con gránulo de caucho de menor tamaño. - Dos configuraciones presentaron mejor resistencia a la tracción, del tipo A3 y A4: ambas de granulometría de 0-0,841mm o Tamiz #20. A3 de composición volumétrica 60% látex – 40% gránulo de caucho y A4 de composición volumétrica 70% látex – 30% gránulo de caucho. Las dos con 5,3 MPA de resistencia a la tracción. - En general, aumenta la resistencia a la tracción mientras es mayor la cantidad de látex en el material compuesto.



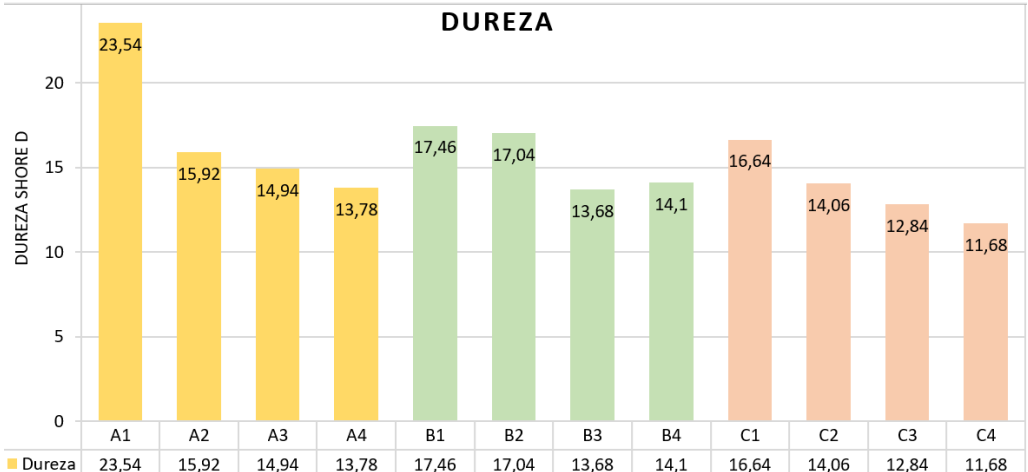
Fuente: El autor

Ficha Técnica 38. Resultados de compresión residual del ensayo a compresión de cada configuración

	REGISTRO DE DATOS																														
	ENSAYO A COMPRESIÓN																														
	NORMA - NTE INEN 889																														
ANÁLISIS DE LA COMPRESIÓN RESIDUAL EN LAS DIFERENTES CONFIGURACIONES																															
Tamaño de Gránulo	Composición Volumétrica		Espesor Inicial Probeta (mm)	Espesor Final Probeta (mm)	Compresión Residual %																										
TIPO A 0 - 0,841 mm Tamiz #20	1	55% Gránulo - 45% Látex	13,87	12,98	19,4																										
	2	50% Gránulo - 50% Látex	13,84	12,92	20,14																										
	3	40% Gránulo - 60% Látex	12,73	12,08	18,8																										
	4	30% Gránulo - 70% Látex	12,29	11,33	30,66																										
TIPO B 0,841 - 2 mm Tamiz #20 - Tamiz # 10	1	55% Gránulo - 45% Látex	11,71	11,14	23,62																										
	2	50% Gránulo - 50% Látex	13,92	12,66	26,74																										
	3	40% Gránulo - 60% Látex	12,45	11,67	23,74																										
	4	30% Gránulo - 70% Látex	11,52	11,07	19,58																										
TIPO C 2 - 2,5 mm Tamiz #10 - Tamiz # 8	1	55% Gránulo - 45% Látex	13,64	12,48	26,54																										
	2	50% Gránulo - 50% Látex	12,39	11,65	23,33																										
	3	40% Gránulo - 60% Látex	12,61	11,86	22,48																										
	4	30% Gránulo - 70% Látex	12,04	11,35	24,93																										
GRÁFICA DE RESULTADOS DE LA COMPRESIÓN RESIDUAL																															
 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Configuración</th> <th>Comp. Res. %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>A1</td><td>19,4</td></tr> <tr><td>A2</td><td>20,14</td></tr> <tr><td>A3</td><td>18,8</td></tr> <tr><td>A4</td><td>30,66</td></tr> <tr><td>B1</td><td>23,62</td></tr> <tr><td>B2</td><td>26,74</td></tr> <tr><td>B3</td><td>23,74</td></tr> <tr><td>B4</td><td>19,58</td></tr> <tr><td>C1</td><td>26,54</td></tr> <tr><td>C2</td><td>23,33</td></tr> <tr><td>C3</td><td>22,48</td></tr> <tr><td>C4</td><td>24,93</td></tr> </tbody> </table>						Configuración	Comp. Res. %	A1	19,4	A2	20,14	A3	18,8	A4	30,66	B1	23,62	B2	26,74	B3	23,74	B4	19,58	C1	26,54	C2	23,33	C3	22,48	C4	24,93
Configuración	Comp. Res. %																														
A1	19,4																														
A2	20,14																														
A3	18,8																														
A4	30,66																														
B1	23,62																														
B2	26,74																														
B3	23,74																														
B4	19,58																														
C1	26,54																														
C2	23,33																														
C3	22,48																														
C4	24,93																														
ANÁLISIS																															
<p>Se ha evaluado la compresión residual en todas las configuraciones, y se determinó lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - El grupo que presenta mejor compresión residual es el tipo A: granulometría de 0-0,841 mm o Tamiz #20. Es el grupo con gránulo de caucho de menor tamaño. -La configuración que presento mejor compresión residual es la A3: granulometría de 0-0,841mm o Tamiz #20 y composición volumétrica 60% látex – 40% gránulo de caucho, con 18,8% de compresión residual. -En el grupo del tipo A, relativamente a mayor cantidad de gránulo de caucho reciclado la compresión residual mejoró. En los casos restantes, el material se comportó de manera indeterminada. 																															

Fuente: El autor



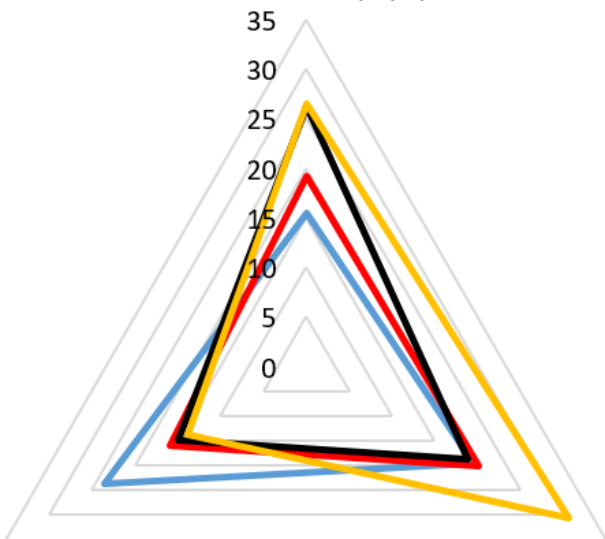
Ficha Técnica 39. Resultados de dureza shore del ensayo de dureza de cada configuración

	REGISTRO DE DATOS																														
	ENSAYO DE DUREZA																														
	NORMA - NTE INEN 887																														
ANÁLISIS DE DUREZA EN LAS DIFERENTES CONFIGURACIONES																															
Tamaño de Gránulo	Composición Volumétrica		SHORE D	SHORE A	IRHD																										
TIPO A 0 - 0,841 mm Tamiz #20	1	55% Gránulo - 45% Látex	23,54	72,57	71,08																										
	2	50% Gránulo - 50% Látex	15,92	59,8	61,68																										
	3	40% Gránulo - 60% Látex	14,94	57,35	57,76																										
	4	30% Gránulo - 70% Látex	13,78	54,45	53,45																										
TIPO B 0,841 - 2 mm Tamiz #20 - Tamiz # 10	1	55% Gránulo - 45% Látex	17,46	62,43	62,97																										
	2	50% Gránulo - 50% Látex	17,04	61,73	62,69																										
	3	40% Gránulo - 60% Látex	13,68	54,2	53,2																										
	4	30% Gránulo - 70% Látex	14,1	55,25	54,4																										
TIPO C 2 - 2,5 mm Tamiz #10 - Tamiz # 8	1	55% Gránulo - 45% Látex	16,64	61,07	62,43																										
	2	50% Gránulo - 50% Látex	14,06	55,15	54,24																										
	3	40% Gránulo - 60% Látex	12,84	52,1	51,1																										
	4	30% Gránulo - 70% Látex	11,68	49,2	48,2																										
GRÁFICA DE RESULTADOS DE DUREZA																															
 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Configuración</th> <th>Dureza Shore D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>A1</td><td>23,54</td></tr> <tr><td>A2</td><td>15,92</td></tr> <tr><td>A3</td><td>14,94</td></tr> <tr><td>A4</td><td>13,78</td></tr> <tr><td>B1</td><td>17,46</td></tr> <tr><td>B2</td><td>17,04</td></tr> <tr><td>B3</td><td>13,68</td></tr> <tr><td>B4</td><td>14,1</td></tr> <tr><td>C1</td><td>16,64</td></tr> <tr><td>C2</td><td>14,06</td></tr> <tr><td>C3</td><td>12,84</td></tr> <tr><td>C4</td><td>11,68</td></tr> </tbody> </table>						Configuración	Dureza Shore D	A1	23,54	A2	15,92	A3	14,94	A4	13,78	B1	17,46	B2	17,04	B3	13,68	B4	14,1	C1	16,64	C2	14,06	C3	12,84	C4	11,68
Configuración	Dureza Shore D																														
A1	23,54																														
A2	15,92																														
A3	14,94																														
A4	13,78																														
B1	17,46																														
B2	17,04																														
B3	13,68																														
B4	14,1																														
C1	16,64																														
C2	14,06																														
C3	12,84																														
C4	11,68																														
ANÁLISIS																															
<p>Se ha evaluado la dureza en todas las configuraciones, y se determinó lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - El material aumento su dureza según mas pequeño sea el gránulo de caucho, es decir el grupo con mayor dureza fue el tipo A: de 0-0,841mm o tamiz #20, precedido por el tipo B: 0,841-2mm o tamiz #20-#10 y el menor, el tipo C: 2-2,5mm o tamiz #10-#8. -La configuración que ganó más dureza fue la de tipo A1: de 0-0,841mm o tamiz #20, con 23,54 shore D. Pero lo que se requiere para la aplicación, es la dureza intermedia. - En general, el material compuesto gana dureza cuando existe mayor cantidad de gránulo de caucho reciclado. 																															

Fuente: El autor

4.2.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN CADA TIPO DE GRANULOMETRÍA DE CAUCHO RECICLADO



Ficha Técnica 40. Resultados de los ensayos del gránulo del caucho Tipo A: 0-0,841mm o Tamiz #20

	REGISTRO DE DATOS				
	ENSAYOS DE TRACCIÓN-COMPRESIÓN-DUREZA				
	NORMA - NTE INEN 1165-889-887				
	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS - GRÁNULO TIPO A				
Tamaño de Gránulo	Composición Volumétrica		Esfuerzo Máximo (Mpa)	Compresión Residual %	Dureza Shore D
TIPO A 0 - 0,841 mm Tamiz #20	1	55% Gránulo - 45% Látex	3,088	19,4	23,54
	2	50% Gránulo - 50% Látex	3,834	20,14	15,92
	3	40% Gránulo - 60% Látex	5,252	18,8	14,94
	4	30% Gránulo - 70% Látex	5,3	30,66	13,78
GRÁFICA RADIAL DE RESULTADOS – GRÁNULO TIPO A					
<p>Esfuerzo Máximo (Mpa) 5:1</p>  <p>Dureza Shore D Compresión Residual %</p> <p> — TIPO A: 55% Gránulo - 45% Látex — TIPO A: 50% Gránulo - 50% Látex — TIPO A: 40% Gránulo - 60% Látex — TIPO A: 30% Gránulo - 70% Látex </p>					
ANÁLISIS					
<p>Se ha evaluado el esfuerzo máximo, compresión residual y dureza shore D en la granulometría tipo A, utilizando una gráfica radial y se determinó lo siguiente:</p> <p>La configuración de material compuesto, que presenta mejores características mecánicas es el tipo A3: 40% gránulo de caucho y 60% látex.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Esfuerzo de 5,252 Mpa (consideramos mejor al que resiste el mayor esfuerzo). - Compresión residual de 18,8% (consideramos mejor al que posea la menor compresión residual). - Dureza Shore D de 14,94 (consideramos mejor al que posea una dureza intermedia). 					

Fuente: El autor

4.2.3 ANÁLISIS GENERAL DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

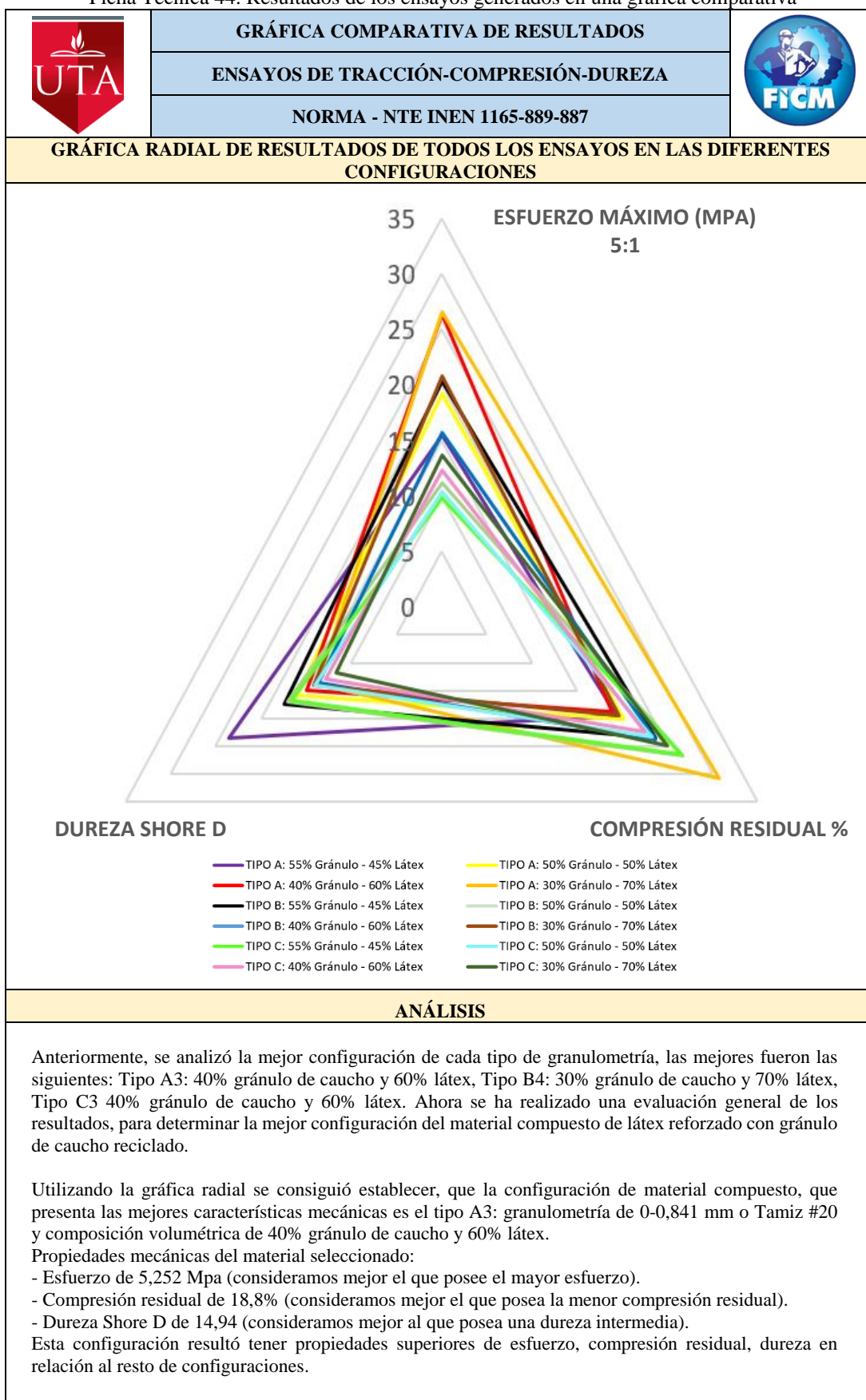
Ficha Técnica 43. Resultados de todos los ensayos en las diferentes configuraciones

		REGISTRO DE DATOS			
		ENSAYOS DE TRACCIÓN-COMPRESIÓN-DUREZA			
		NORMA - NTE INEN 1165-889-887			
RESULTADOS GENERALES DE LAS DIFERENTES CONFIGURACIONES					
Tamaño de Gránulo		Composición Volumétrica	Esfuerzo Máximo (Mpa)	Compresión Residual %	Dureza Shore D
TIPO A 0 - 0,841 mm Tamiz #20	1	55% Gránulo 45% Látex	3,088	19,4	23,54
	2	50% Gránulo 50% Látex	3,834	20,14	15,92
	3	40% Gránulo 60% Látex	5,252	18,8	14,94
	4	30% Gránulo 70% Látex	5,3	30,66	13,78
TIPO B 0,841 - 2 mm Tamiz #20 - # 10	1	55% Gránulo 45% Látex	4,064	23,62	17,46
	2	50% Gránulo 50% Látex	2,234	26,74	17,04
	3	40% Gránulo 60% Látex	3,137	23,74	13,68
	4	30% Gránulo 70% Látex	4,149	19,58	14,1
TIPO C 2 - 2,5 mm Tamiz #10 - # 8	1	55% Gránulo 45% Látex	1,959	26,54	16,64
	2	50% Gránulo 50% Látex	2,076	23,33	14,06
	3	40% Gránulo 60% Látex	2,454	22,48	12,84
	4	30% Gránulo 70% Látex	2,725	24,93	11,68

Fuente: El autor

En esta ficha (Ficha técnica 43.), podemos apreciar los datos de los resultados de los ensayos de tracción, compresión, y dureza, para cada configuración. Estos son los valores promediados de las 5 probetas analizadas para cada configuración en cada ensayo.



Para poder analizar estos datos de una manera adecuada, reunimos estos valores en conjunto en una gráfica radial, en la Ficha Técnica 14. De esta forma podremos determinar cuál es la mejor configuración del material compuesto, de forma comparativa.



Fuente: El autor

4.2.4 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Ficha Técnica 45. Ponderación de resultados de los ensayos a tracción, compresión y dureza

		INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS							
		ENSAYOS DE TRACCIÓN-COMPRESIÓN-DUREZA							
		NORMA - NTE INEN 1165-889-887							
PONDERACIÓN RESULTADOS DE LAS DIFERENTES CONFIGURACIONES									
Tamaño de Gránulo	Composición Volumétrica	Esfuerzo Máximo (Mpa)	Δ	Compresión Residual %	Δ	Dureza Shore D	Δ	Aceptación (10)	
TIPO A 0 - 0,841 mm Tamiz #20	1	55% Gránulo 45% Látex	3,088	-0,27	19,4	3,93	23,54	8,07	5
	2	50% Gránulo 50% Látex	3,834	0,47	20,14	3,19	15,92	0,45	10
	3	40% Gránulo 60% Látex	5,252	1,89	18,8	4,53	14,94	-0,53	10
	4	30% Gránulo 70% Látex	5,3	1,94	30,66	-7,33	13,78	-1,69	6,67
TIPO B 0,841 - 2 mm Tamiz #20 - Tamiz # 10	1	55% Gránulo 45% Látex	4,064	0,70	23,62	-0,29	17,46	1,99	8,33
	2	50% Gránulo 50% Látex	2,234	-1,13	26,74	-3,41	17,04	1,57	6,67
	3	40% Gránulo 60% Látex	3,137	-0,22	23,74	-0,41	13,68	-1,79	6,67
	4	30% Gránulo 70% Látex	4,149	0,79	19,58	3,75	14,1	-1,37	10
TIPO C 2 - 2,5 mm Tamiz #10 - Tamiz # 8	1	55% Gránulo 45% Látex	1,959	-1,40	26,54	-3,21	16,64	1,17	5
	2	50% Gránulo 50% Látex	2,076	-1,28	23,33	0	14,06	-1,41	5
	3	40% Gránulo 60% Látex	2,454	-0,91	22,48	0,85	12,84	-2,63	8,33
	4	30% Gránulo 70% Látex	2,725	-0,64	24,93	-1,6	11,68	-3,79	3,33
PARÁMETROS		3,36		23,33		15,47			
DESVIACIÓN ESTANDAR		1,16		3,56		3,08			

Ponderación		
10		Resultado ACEPTABLE
5		Resultado BUENO
0		Resultado RECHAZADO

PARÁMETROS DE LA PONDERACIÓN

Obtenemos el valor promedio de los doce casos existentes y también su desviación estándar, ponderamos los resultados de la siguiente manera:

- 1. Esfuerzo máximo:** Aceptables los valores superiores al promedio. Buenos los valores inferiores al promedio pero dentro de la desviación estándar. Rechazados los valores inferiores a la desviación estándar.
- 2. Compresión residual:** Aceptables los valores superiores al promedio. Buenos los valores inferiores al promedio pero dentro de la desviación estándar. Rechazados los valores inferiores a la desviación estándar.
- 3. Dureza:** Aceptables los valores superiores e inferiores al promedio dentro de la desviación estándar. Rechazados los valores superiores e inferiores que sobrepasen la desviación estándar.

Fuente: El autor

Utilizando esta ponderación de resultados, se estableció cuál es la mejor configuración del material compuesto de matriz elastomérica de látex reforzado con gránulo de caucho reciclado. Se ponderó los resultados de esfuerzo máximo, compresión residual y dureza, para esto se consideró ciertos parámetros, los cuales fueron la media aritmética y la desviación estándar.

La media aritmética, nos va a indicar el valor promedio existente de los resultados, este es el primer parámetro considerado. La desviación estándar es el rango superior e inferior, que se acepta o rechaza a partir del promedio. El detalle de la ponderación se encuentra en la Ficha Técnica 45.

Por medio de la ponderación de resultados, se consideró tres configuraciones como aceptables. Las configuraciones que alcanzaron un resultado aceptable (sobre 10), fueron las siguientes: Tipo A2: 50% látex - 50% gránulo de caucho, Tipo A3: 60% látex - 40% gránulo de caucho, Tipo B4: 70% látex - 30% gránulo de caucho. De estas configuraciones la que presenta mejores características es la del Tipo A3, las razones son las siguientes:

- Es la configuración que resiste mayor esfuerzo 5,252 Mpa.
- Posee la menor compresión residual 18,8%, es decir es el material que menos se deforma al someterse a compresión.
- La dureza de 14,94 shore D, es un valor intermedio, que es lo que se decidió como estándar.

La configuración seleccionada tiene un tamaño de gránulo de: 0 - 0,841mm o Tamiz #20, la composición volumétrica que posee es: matriz de látex 60% y el refuerzo de gránulo de caucho reciclado 40%. La denominación de su configuración es A3.

4.3 ENSAYO DE INFLAMABILIDAD




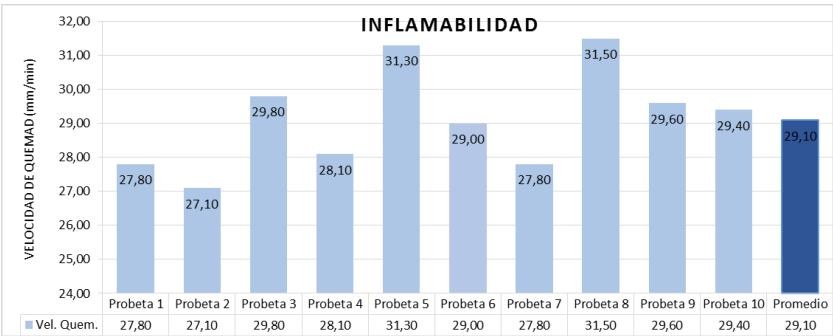

Este ensayo se planteó realizarlo a la configuración de material compuesto que tenga las mejores características mecánicas. Esta configuración de material fue la Tipo A3, que posee un tamaño de gránulo de caucho de 0-0,841mm o Tamiz #20, composición volumétrica de 40% refuerzo (gránulo de caucho reciclado) y 60% matriz (látex). El ensayo se realizó en los Laboratorios de Ensayos Metrológicos y de Materiales (LEMAT), de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

El laboratorio nos dio conocer las siguientes observaciones, acerca del ensayo:

- Para este ensayo se colocaron dos marcas de referencia a lo largo de la longitud de las probetas, una a 25mm y otra a 100 mm desde el extremo donde se aplicaría la llama.
- La probeta continuó ardiendo con llama visible después que se aplicó la llama del ensayo.
- La llama alcanzó las marcas de referencia de 25 mm y 100mm en todas las muestras.
- El tiempo de quemado se considera, desde que la llama sobrepasa la marca de referencia de 25mm hasta la longitud recorrida por la llama.
- La norma ASTM D635-14, se utiliza para medir y describir la respuesta al calor y la llama bajo condiciones controladas de materiales, productos o ensamblajes, pero no incorpora en sí factores requeridos para riesgo de incendio a condiciones reales de exposición al fuego para materiales, productos o ensamblajes.

Los datos recopilados del ensayo, se indican en la Ficha Técnica 46.

Ficha Técnica 46. Resultados de ensayo de inflamabilidad de la mejor configuración de material compuesto A3: 60%Látex - 40%Gránulo de caucho

		REGISTRO DE DATOS		
		ENSAYO DE INFLAMABILIDAD		
		NORMA - ASTM D635 - 14		
		GRÁNULO DE CAUCHO (0 - 0,841 mm o Tamiz #20)		
Fecha :	03/08/2017	Ciudad:	Guayaquil	
Equipo:	Mechero Bunsen	Lugar:	LEMAT-ESPOL	
Configuración:	A3	Estratificación:	Manual	
Matriz:	Látex sintético	Frac. Volumétrica:	60%	
Refuerzo:	Gránulo de caucho reciclado	Frac. Volumétrica:	40%	
Número de probetas:	10	Temperatura (máx/min)	22,9/21,3°C	
Dimensiones Probeta	125x13x5 mm	Humedad (máx/min)	66,3/58,6%	
RESULTADOS OBTENIDOS				
Nro. de probeta	Espesor (mm)	Tiempo de quemado (min:seg)	Longitud recorrida por la llama (mm)	Velocidad de quemado (mm/min)
1	5,03	2,42	75,00	27,80
2	5,23	2,46	75,00	27,10
3	5,24	2,31	75,00	29,80
4	5,17	2,40	75,00	28,10
5	4,89	2,24	75,00	31,30
6	5,40	2,35	75,00	29,00
7	5,26	2,42	75,00	27,80
8	5,39	2,23	75,00	31,50
9	4,74	2,32	75,00	29,60
10	4,76	2,33	75,00	29,40
Promedio		2,35	75,00	29,10
Incertidumbre expandida (k=2)				0,94
GRÁFICAS DE RESULTADOS				
<p>Inicio del ensayo</p> 				
<p>Final del ensayo</p> 				
Velocidad de quemado (mm/min)		29,10		
Observaciones:		Las probetas para utilizar en el ensayo tienen excelente fusión entre matriz y refuerzo		
Elaborado por:	Franco Palacios	Revisado por :	Ing. Henry Vaca	

Fuente: El autor

4.4 POSIBLE APLICACIÓN INDUSTRIAL

Habiendo analizando los resultados de las características mecánicas del material compuesto de matriz elastomérica de látex reforzado con gránulo de caucho reciclado, se consideró que el material puede tener diferentes aplicaciones industriales debido a sus propiedades mecánicas, un caso que se decidió analizar es en la industria carrocera, explícitamente en la construcción de pisos de buses. Se decidió evaluar la dureza del tapete (de alta frecuencia) utilizado en la construcción de pisos de buses, de forma experimental y los resultados obtenidos se comparó con los del material compuesto elaborado, para evaluar si es posible reemplazarlo, esto se detalla en la Tabla 27.

Tabla 27. Detalle de ensayo de dureza a tapete de buses y comparación de resultados

RESULTADO DE ENSAYO DE DUREZA A TAPETE DE ALTA FRECUENCIA - BUSES																																	
Ensayo#	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Probeta 4	Probeta 5																												
SHORE D	1	5,50	9,50	7,50	9,00	6,50																											
	2	6,00	8,00	8,50	8,50	8,00																											
	3	5,50	8,50	6,50	9,00	7,50																											
	4	6,00	9,00	5,50	7,00	7,50																											
	5	5,00	8,50	7,00	8,00	8,50																											
Promedio	5,60	8,70	7,00	8,30	7,60																												
Promedio Final:	7,44		Desviación Estándar:		1,22																												
COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE DUREZA MATERIAL COMPUESTO VS TAPETE																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Configuración</th> <th>Dureza Shore D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>A1</td><td>23,54</td></tr> <tr><td>A2</td><td>15,92</td></tr> <tr><td>A3</td><td>14,94</td></tr> <tr><td>A4</td><td>13,78</td></tr> <tr><td>B1</td><td>17,46</td></tr> <tr><td>B2</td><td>17,04</td></tr> <tr><td>B3</td><td>13,68</td></tr> <tr><td>B4</td><td>14,10</td></tr> <tr><td>C1</td><td>16,64</td></tr> <tr><td>C2</td><td>14,06</td></tr> <tr><td>C3</td><td>12,84</td></tr> <tr><td>C4</td><td>11,68</td></tr> <tr><td>TAPETE</td><td>7,44</td></tr> </tbody> </table>						Configuración	Dureza Shore D	A1	23,54	A2	15,92	A3	14,94	A4	13,78	B1	17,46	B2	17,04	B3	13,68	B4	14,10	C1	16,64	C2	14,06	C3	12,84	C4	11,68	TAPETE	7,44
Configuración	Dureza Shore D																																
A1	23,54																																
A2	15,92																																
A3	14,94																																
A4	13,78																																
B1	17,46																																
B2	17,04																																
B3	13,68																																
B4	14,10																																
C1	16,64																																
C2	14,06																																
C3	12,84																																
C4	11,68																																
TAPETE	7,44																																

Fuente: El autor

El material compuesto en todas sus configuraciones brindó una dureza superior a la que registró el tapete de alta frecuencia. Mayor dureza indica que el material es más resistente al desgaste, por lo que podemos decir que el material compuesto sirve como una alternativa de uso en la fabricación de pisos de buses en la industria carrocera. Además la configuración de material compuesto (Tipo A3), a la que se realizó un ensayo de inflamabilidad cumplió con la normativa INEN NTE 1323, que indica que los materiales utilizados en el interior de carrocerías, no deben superar un índice de

inflamabilidad máximo de 250mm/min, el material compuesto tuvo un índice de inflamabilidad de 29,10 mm/min, un valor muy por debajo del límite aceptado lo cual fue excelente. Por estas razones se puede concluir que el material compuesto de matriz elastomérica de látex reforzado con gránulo de caucho reciclado puede sustituir como material al tapete de buses utilizado en la industria carrocera.

4.5 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Teniendo los datos de los resultados tabulados y habiendo culminado con la ponderación e interpretación de resultados, procedemos a verificar la hipótesis planteada para nuestro estudio, la cual se ha verificado de forma estadística y comparativa.

Para la verificación de forma estadística nos servimos de la distribución T-Student, para las diferentes configuraciones de material compuesto de látex y gránulo de caucho reciclado.

Ho (Hipótesis Nula)

El análisis de las configuraciones del material compuesto de matriz elastomérica de látex reforzado con gránulo de caucho reciclado no permitirá determinar las características mecánicas óptimas para elaborar pisos.

Ha (Hipótesis Alternativa)

El análisis de las configuraciones del material compuesto de matriz elastomérica de látex reforzado con gránulo de caucho reciclado permitirá determinar las características mecánicas óptimas para elaborar pisos.

La hipótesis se comprobó utilizando una prueba bilateral es decir de dos colas, con un nivel de confianza del 95% y un nivel de significancia del 5%.

Cálculo de la probabilidad, utilizando la ecuación 16.

$$\begin{array}{l} \text{Donde:} \\ P = \text{probabilidad} \\ \alpha = \text{nivel de significancia} \end{array} \qquad P = \frac{\alpha}{100} \qquad \text{Ec. (16)}$$

$$P = \frac{5}{100}$$

$$P = 0,05$$

Prueba bilateral, dividimos para dos la probabilidad

$$P = 0,025$$

Cálculo de grados de libertad, utilizando ecuación 17.

Donde:

$$Gl = n_1 + n_2 - 2 \quad \text{Ec. (17)}$$

$Gl = \text{grados de libertad}$

$n, 1,2 = \text{número de muestras grupo 1 y 2}$

$$Gl = 5 + 5 - 2$$

$$Gl = 8$$

Con los datos calculados de Prueba y Grados de libertad, 0,025 y 8 respectivamente, encontramos el valor de t tabulado (t_{tabl}), utilizando la tabla de distribución T-Student, que se muestra en el Anexo F.

$$t_{tabl} = \pm 2,3060$$

Se acepta la Hipótesis nula H_0 , si el valor de t calculado se ubica en la región de aceptación en el rango de -2,3060 a 2,3060, caso contrario se acepta la hipótesis alternativa H_a .

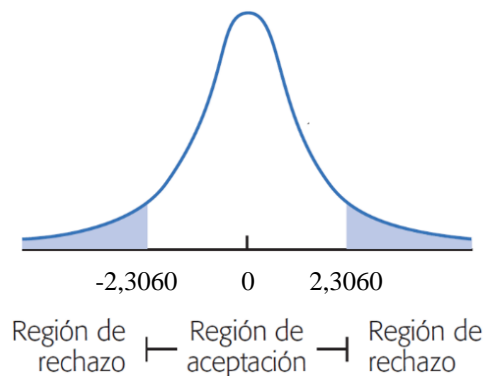


Fig. 58. Distribución T-Student

Fuente: El autor

Verificación de la hipótesis para ensayo a tracción, con respecto a la configuración Tipo A3 y Tipo A2 del material compuesto de gránulo de caucho reciclado y látex.

Para esta verificación se consideró estas configuraciones de materiales por ser de las que presentaron mejores propiedades mecánicas.

Los datos de los dos materiales, se indican en la Tabla 28.

Tabla 28. Detalle de las configuraciones del material – ensayo a tracción

Tipo de Material	Tamaño de gránulo	Composición Volumétrica
A3	0-0,841mm Tamiz #20	40% gránulo - 60% látex
A2	0-0,841mm Tamiz #20	50% gránulo - 50% látex

Fuente: El autor

Se detallan los valores del esfuerzo máximo, desviación estándar y el cálculo de la diferencia de promedios de esfuerzos, en la Tabla 29.

Tabla 29. Detalle de los esfuerzos de los dos materiales - ensayo a tracción

N° Probeta	Material Tipo A3 Esfuerzo Max. (Mpa)	Material Tipo A2 Esfuerzo Max. (Mpa)	
1	5,011	4,075	
2	5,725	3,168	
3	5,38	5,181	
4	4,352	3,155	
5	5,793	3,59	
Promedio	5,252	3,834	Diferencia de Promedios
Desviación Estándar	0,592	0,842	1,42

Fuente: El autor

Cálculo de la varianza, utilizando ecuación 18.

Donde:

S_p = varianza

Gl = grados de libertad

$s_{1,2}$ = desviación estandar
grupo 1 y 2

$n_{1,2}$ = número de muestras
grupo 1 y 2

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{Gl}} \quad \text{Ec. (18)}$$

$$S_p = \sqrt{\frac{(5-1)0,592^2 + (5-1)0,842^2}{8}}$$

$$S_p = 0,73$$

Determinación de la t calculada, utilizando ecuación 19.

Donde:

t_{cal} = t calculado

H = diferencia de promedios
de Esfuerzos

$$t_{cal} = \frac{H}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad \text{Ec. (19)}$$

$$t_{cal} = \frac{1,42}{0,73 \sqrt{\frac{1}{5} + \frac{1}{5}}}$$

$$t_{cal} = 3,0815$$

$$t_{cal} = 3,0815 > t_{tabl} = 2,3060$$

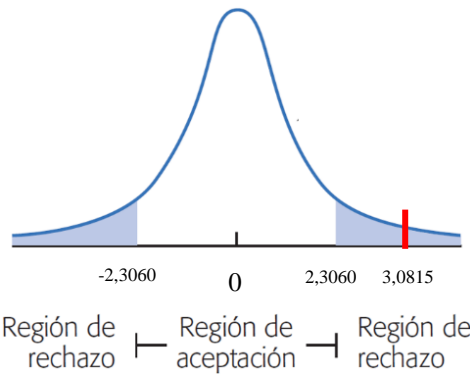


Fig. 59. Campana de distribución para verificación de hipótesis de ensayo a tracción
Fuente: El autor

Debido a que el $t_{calculado}$ es mayor que el $t_{tabulado}$, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alternativa, la cual dice:

El análisis de las configuraciones del material compuesto de matriz elastomérica de látex reforzado con gránulo de caucho reciclado permitirá determinar las características mecánicas óptimas para elaborar pisos.

Verificación de la hipótesis para ensayo a compresión, con respecto a la configuración Tipo A2 y Tipo A3 del material compuesto de gránulo de caucho reciclado y látex.

Para esta verificación se consideró estas configuraciones de materiales por ser de las que presentaron mejores propiedades mecánicas.

Los datos de los dos materiales, se indican en la Tabla 30.

Tabla 30. Detalle de las configuraciones del material - ensayo a compresión

Tipo de Material	Tamaño de gránulo	Composición Volumétrica
A3	0-0,841mm Tamiz #20	40% gránulo - 60% látex
A2	0-0,841mm Tamiz #20	50% gránulo - 50% látex

Fuente: El autor

Se detallan los valores de compresión residual, desviación estándar y el cálculo de la diferencia de promedios de compresión residual, en la Tabla 31.

Tabla 31. Detalle de compresión residual de los dos materiales – ensayo a compresión

N° Probeta	Material Tipo A2 Compresión residual (%)	Material Tipo A3 Compresión residual (%)	
1	20,52	18,67	
2	20,1	19,93	
3	20,41	19,31	
4	20,06	16,18	
5	19,61	19,9	
Promedio	20,14	18,80	Diferencia de Promedios 1,34
Desviación Estándar	0,36	1,15	

Fuente: El autor

Cálculo de la varianza, utilizando ecuación 18.

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{G_l}} \quad \text{Ec. (18)}$$

$$S_p = \sqrt{\frac{(5-1)0,36^2 + (5-1)1,15^2}{8}}$$

$$S_p = 0,85$$

Determinación de la t calculada, utilizando ecuación 19.

$$t_{cal} = \frac{H}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad \text{Ec. (19)}$$

$$t_{cal} = \frac{1,34}{0,85 \sqrt{\frac{1}{5} + \frac{1}{5}}}$$

$$t_{cal} = 2,4928$$

$$t_{cal} = 2,4928 > t_{tabl} = 2,3060$$

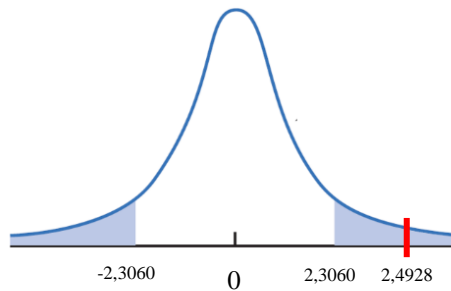


Fig. 60. Campana de distribución para verificación de hipótesis de ensayo a compresión

Fuente: El autor

Debido a que el $t_{calculado}$ es mayor que el $t_{tabulado}$, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alternativa, la cual dice:

El análisis de las configuraciones del material compuesto de matriz elastomérica de látex reforzado con gránulo de caucho reciclado permitirá determinar las características mecánicas óptimas para elaborar pisos.

Verificación de la hipótesis para ensayo de dureza, con respecto a la configuración Tipo A3 y Tipo B1 del material compuesto de gránulo de caucho reciclado y látex.

Para esta verificación se consideró estas configuraciones de materiales por ser de las que presentaron mejores propiedades mecánicas.

Los datos de los dos materiales, se indican en la Tabla 32.

Tabla 32. Detalle de las configuraciones del material – ensayo de dureza

Tipo de Material	Tamaño de gránulo	Composición Volumétrica
A3	0-0,841mm Tamiz #20	40% gránulo - 60% látex
B1	0,841- 2mm Tamiz #20 - #10	55% gránulo - 45% látex

Fuente: El autor

Se detallan los valores de dureza, desviación estándar y el cálculo de la diferencia de promedios de dureza, en la Tabla 33.

Tabla 33. Detalle de dureza de los dos materiales – ensayo de dureza

N° Probeta	Material Tipo B1 Dureza Shore D	Material Tipo A3 Dureza Shore D	
1	16,1	14,7	
2	19,5	17,6	
3	18,1	14,5	
4	15,6	12,5	Diferencia de Promedios
5	18	15,4	
Promedio	17,46	14,94	2,52
Desviación Estándar	1,59	1,84	

Fuente: El autor

Cálculo de la varianza, utilizando ecuación 18.

$$S_p = \sqrt{\frac{(n1-1)s1^2+(n2-1)s2^2}{G1}} \quad \text{Ec. (18)}$$

$$S_p = \sqrt{\frac{(5-1)1,59^2 + (5-1)1,84^2}{8}}$$

$$S_p = 1,72$$

Determinación de la t calculada, utilizando ecuación 19.

$$t_{cal} = \frac{H}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad \text{Ec. (19)}$$

$$t_{cal} = \frac{2,52}{1,72 \sqrt{\frac{1}{5} + \frac{1}{5}}}$$

$$t_{cal} = 2,3167$$

$$t_{cal} = 2,3167 > t_{tabl} = 2,3060$$

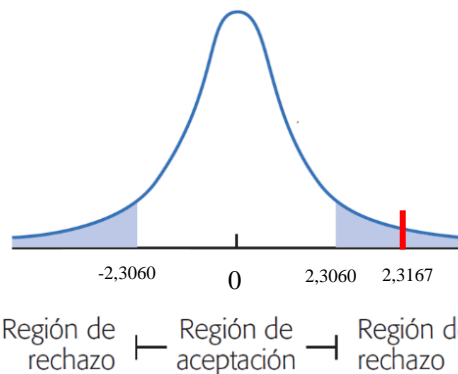


Fig. 61. Campana de distribución para verificación de hipótesis de ensayo de dureza
Fuente: El autor

Debido a que el $t_{calculado}$ es mayor que el $t_{tabulado}$, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alternativa, la cual dice:

El análisis de las configuraciones del material compuesto de matriz elastomérica de látex reforzado con gránulo de caucho reciclado permitirá determinar las características mecánicas óptimas para elaborar pisos.

RECOPIACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS EN LA VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Se generó un resumen de los resultados obtenidos en la verificación de la hipótesis por medio del T-Student, para los ensayos de tracción, compresión y dureza, en el cual se detalla los valores de t tabulado y t calculado, los cuales se presentan en la Tabla 34.

Tabla 34. Detalle de la verificación de la hipótesis en relación a los ensayos

Ensayo	t tabulado	t calculado	Hipótesis nula (H_0)	Hipótesis alterna (H_a)
Tracción	2,3060	3,0815	Rechazada	Aceptada
Compresión	2,3060	2,4928	Rechazada	Aceptada
Dureza	2,3060	2,3167	Rechazada	Aceptada

Fuente: El autor

Se puede observar que la hipótesis nula se rechazó en todos los casos y se aceptó la hipótesis alternativa, esto debido a que el $t_{calculado}$ fue mayor que el $t_{tabulado}$, en todos los casos (ensayo de tracción, compresión, dureza). Por lo que quedó aceptada la hipótesis alternativa que dice:

El análisis de las configuraciones del material compuesto de matriz elastomérica de látex reforzado con gránulo de caucho reciclado permitirá determinar las características mecánicas óptimas para elaborar pisos.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se estableció el material compuesto que presentó mejores características mecánicas para la elaboración de pisos, es el Tipo A3, con tamaño de gránulo de caucho de: 0 - 0,841 mm o Tamiz #20 y con composición volumétrica de 60% matriz (látex) - 40% refuerzo (gránulo de caucho reciclado). Esta configuración presenta las siguientes características mecánicas:

- Resistencia a la tracción máxima de 5,252 Mpa.
- Compresión residual de 14,94%.
- Dureza shore D de 14,94.

- Analizamos que el grupo que posee mayor resistencia a la tracción es el Tipo A, con tamaño de gránulo de 0 – 0,841mm o Tamiz #20, esto se debe a que su tamaño de gránulo es menor en comparación a los otros dos y la matriz con el refuerzo cohesionan de mejor manera.

- Analizamos que el grupo Tipo A, con tamaño de gránulo de 0 – 0,841mm o Tamiz #20, presenta mejor compresión residual, esto se debe a su menor tamaño de gránulo que permite una mejor fusión entre matriz y refuerzo.

- Se concluyó que mientras el tamaño del refuerzo (gránulo de caucho reciclado) sea menor, el valor de la dureza shore D, aumenta.

- Determinamos que el porcentaje máximo de refuerzo (gránulo de caucho reciclado) que se le puede agregar a la matriz (látex), es del 55 %, si se le agrega una mayor cantidad, el material no puede conformarse.

-Se establece que a mayor porcentaje de matriz (látex), se obtienen mayor resistencia a la tracción, esto ocurre debido a que el refuerzo de material particulado no aumenta este tipo de propiedad.

- Analizamos que incrementando la cantidad de refuerzo (gránulo de caucho reciclado) en la matriz (látex), la dureza del material compuesto aumenta, son directamente proporcionales.

- Concluimos que en general, a menor tamaño del refuerzo (gránulo de caucho reciclado), el material gana propiedades mecánicas.

-De la mejor configuración del material compuesto, se realizó el ensayo de inflamabilidad, obteniendo la velocidad de quemado de 29,1 mm/min.

5.2 RECOMENDACIONES

Habiendo culminado con la investigación, se indicaran ciertas recomendaciones, que se tomaron en cuenta para la ejecución de esta:

- Verificar que la normativa a utilizar este dentro del alcance de ejecución de los laboratorios disponibles en el país.

-Comprobar con una prefabricación del material compuesto, que la materia prima cumpla con estándares de calidad aceptables.

- La mezcla de matriz (látex) – refuerzo (caucho reciclado), debe realizarse de manera adecuada, de forma que el refuerzo este disperso en toda la matriz de forma homogénea, esto ayuda en la compactación adecuada del material.

- El tiempo máximo que debe permanecer el material mesclado antes de la vulcanización es de un minuto, transcurrido este tiempo se endurece y no se puede aplicar en el molde.

- Es necesario secar el granulo de caucho antes de formular el material, para evitar formación de burbujas y defectos en la vulcanización, producto de la humedad.

- Se debe contar con una o dos probetas adicionales, en caso de que alguna de estas no cumpla con los requerimientos de la normativa y necesite ser reemplazada, el reemplazo se puede dar antes o después del ensayo.
- Los ensayos se deben realizar en el periodo de tiempo que indiquen las normativas, luego de la vulcanización, esto para que su comportamiento sea adecuados y estándar durante los ensayos.
- Se debe comprobar que las probetas antes de los ensayos estén limpias y libres de defectos.
- En el ensayo de tracción se debe aplicar un precarga de 0,1 Mpa, como indica la norma NTE 1165 antes de realizar el ensayo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] R. Bellas, "Formulación y caracterización de materiales compuestos integrados por una matriz de caucho estireno-butadieno (SBR) reforzada con nanoarcilla", Universidade Da Coruña, Departamento de Física, Grupo de Polímeros, Ferrol, España, 2012.
- [2] C. Castillo, "Preparación y estudio de propiedades en Nanocompósitos de caucho natural con refuerzo híbrido de montmorrillonita y nanotubos de carbono de pared multiple", Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Departamento de Química Orgánica y Fisicoquímica, Santiago, Chile, 2014.
- [3] S. Gallegos, "Obtención de un material compuesto de matriz elástica y fibra de coco", Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria, Quito, Ecuador, 2011.
- [4] E. Correa, "Análisis de los elementos elastómeros utilizados en aisladores y neoprenos", Escuela Politécnica del Ejercito, Facultad de Ingeniería Civil, Quito, Ecuador, 2011.
- [5] D. Santamaría, "Fabricación de láminas impermeables a partir de caucho reciclado utilizando espuma de poliuretano", Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería Química, Carrera de Ingeniería Química, Quito, Ecuador, 2013.
- [6] <<Materiales Compuestos>>. [En línea]. Disponible en: <http://www.navalcomposites.com/materiales-compuestos/>. [Accedido: 06 - marzo - 2017].

- [7] M. Olivares, "Los composites: características y aplicaciones en la edificación", Escuela T. Superior de Arquitectura de la Universidad de Sevilla, España, 2003.
- [8] A. Moral, "Materiales de última generación y materiales eficientes: materiales compuestos composites", Universidad de Granada, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Granada, España, 2007.
- [9] J. Aguilar, <<Compuestos>>. [En línea]. Disponible en: <http://biblio3.url.edu.gt/Libros/2013/cmI/16-Compuestos.pdf>. [Accedido: 07 - marzo - 2017].
- [10] F. Stupenengo, "Materiales y materias primas", Instituto Nacional de Educación Tecnológica, Buenos Aires, Argentina, 2011.
- [11] S. Poveda, ""Materiales Compuestos", Universidad Politécnica de Madrid, Madrid España, 2013.
- [12] <<Material compuesto de matriz cerámica>>. [En línea]. Disponible en: https://ocw.ehu.es/pluginfile.php/7038/mod_resource/content/1/materia_comp/tema-8-materiales-compuestos-de-matriz-ceramica.pdf. [Accedido: 08 - marzo - 2017].
- [13] R. Márquez, <<Ingeniería Química - Materiales Compuestos>>. [En línea]. Disponible en: http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/marquezronald/wp-content/uploads/2009/08/8_Materiales-Compuestos1.pdf. [Accedido: 07 - marzo - 2017].
- [14] V. Amigó, "Materiales Compuestos 05", Asociacion española de materiales compuestos, Valencia, España, 2005.

- [15] A. Miravete, <<Materiales compuestos 03>>. [En línea]. Disponible en: <http://www.aemac.org/wp/wp-content/uploads/2015/05/MATCOMP03.pdf>. [Accedido: 08 - marzo - 2017].
- [16] E. Cortéz, "Comportamiento mecánico de materiales compuestos de matriz termoplástica reforzada con partículas de cobre", Universidad de Chile, Facultad de Ciencia Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Mecánica, Santiago, Chile, 2014.
- [17] N. Bekkedahl, "Caucho natural y caucho sintético", National Bureau of Standards, Whashington DC, USA.
- [18] G. Castro, "Materiales y compuestos para la industria del neumático", Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Mecánica , Buenos Aires, Argentina, 2008.
- [19] <<Materiales poliméricos y compuestos>>. [En línea]. Disponible en: <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/AP.T8.1-MPyC.Tema8.MaterialesPolimericosInteresIndustrial.pdf>. [Accedido: 09 - marzo - 2017].
- [20] M. Pérez, "Aplicaciones avanzadas de los materiales compuestos en la obra civil y la edificación", 1ra edición. Barcelona - España: Omnia Science.
- [21] M. Nogueira, "Materiales Compuestos", Universidad de Alcalá, Madrid, España, 2011.
- [22] D. Askeland, "Ciencia e ingeniería de los materiales", 4ta edición. México DF - México: Thomson.
- [23] W. Smith, "Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales", 4ta edición. México DF - México: Mc Graw - Hill.

- [24] << Reciclaje de neumáticos: proceso y usos >>. [En línea]. Disponible en: <https://reciclajeverde.wordpress.com/2012/06/26/reciclaje-de-neumaticos-procesos-y-usos/>. [Accedido: 10 - marzo - 2017].
- [25] P. Luna, "Estudio de la aplicación potencial de compuestos obtenidos con residuos de caucho reciclado provenientes de Continental Tire Andina como materiales estructurales", Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de Ingeniería Mecánica, Cuenca, Ecuador, 2013.
- [26] V. Guerrero, "Nuevos materiales: aplicaciones estructurales e industriales", 1ra edición. Quito - Ecuador: Imprefepp.
- [27] D. Fuentes, "Obtención de láminas impermeables a partir de caucho reciclado utilizando resina de mortero de uretano", Universidad Central del Ecuador, Carrera de Ingeniería Química, Quito, Ecuador, 2014.
- [28] C. Méndez, "Diseño de triturador de neumáticos usados; Capacidad 1ton/h, para la empresa municipal de aseo de Cuenca (EMAC)", Universidad Politécnica Salesiana, Facultad de Ingenierías, Cuenca, Ecuador, 2010.
- [29] C. Castro, "Estudio del comportamiento frente al fuego de los materiales utilizados en la fabricación del interior de carrocerías y su incidencia en la homologación de modelos y competitividad de la empresa carrocera Industria Metálica Cepeda", Universidad Técnica de Ambato, Carrera de Ingeniería Mecánica, Ambato, Ecuador, 2014.

ANEXOS

ANEXO A: Norma para ensayo a tracción, NTE INEN 1165.

ANEXO B: Norma para ensayo a compresión, NTE INEN 889.

ANEXO C: Norma para ensayo de dureza, NTE INEN 887.

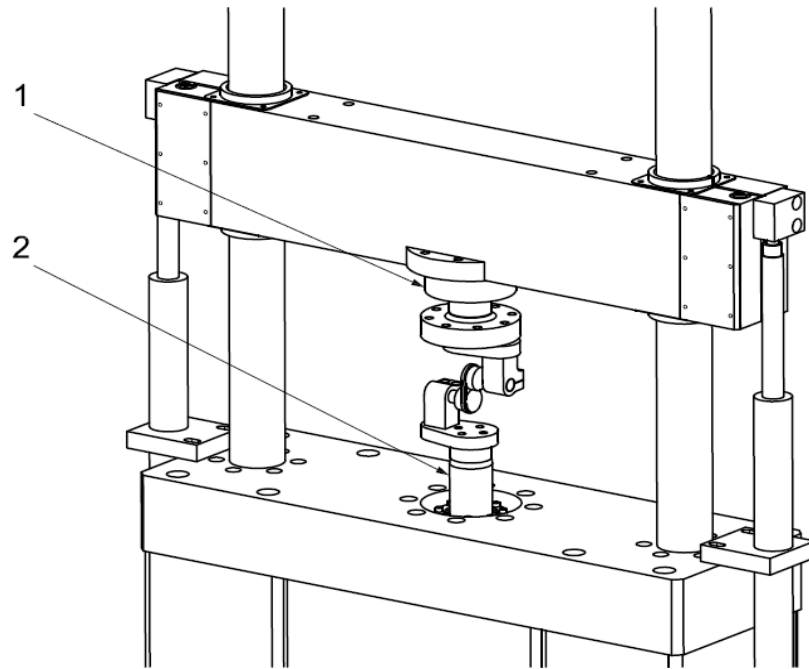
ANEXO D: Informe de ensayo a tracción, por parte del Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero.

ANEXO E: Informe de ensayo de inflamabilidad, por parte del Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales (LEMAT), de la Escuela Politécnica del Litoral.

ANEXO F: Puntos críticos para la distribución T de Student,

ANEXO G: Planos de los moldes para probetas de ensayo a tracción, compresión, dureza e inflamabilidad.

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	CAUCHO VULCANIZADO DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y DEL ALARGAMIENTO PORCENTUAL	NTE INEN 1165:2013 Primera revisión 2013-08																																				
<p>1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece el método de ensayo para la determinación de la resistencia a la tracción y del alargamiento porcentual de cauchos vulcanizados y otras propiedades relacionadas a pruebas de tracción.</p> <p>2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma se aplica para materiales cauchos vulcanizados y cauchos termoplásticos. Las propiedades que pueden determinarse son resistencia a la tracción, elongación (alargamiento) a la rotura, esfuerzo a cierta elongación, elongación a cierto esfuerzo, esfuerzo y elongación en el punto de fluencia (yield point).</p> <p>3. SIMBOLOGÍA</p> <p>3.1 En esta norma significan:</p> <table data-bbox="248 936 1053 1305"> <tbody> <tr><td>Fb</td><td>fuerza a la rotura</td><td>(newtons)</td></tr> <tr><td>Fm</td><td>fuerza máxima registrada</td><td>(newtons)</td></tr> <tr><td>Fy</td><td>fuerza en el punto de fluencia</td><td>(newtons)</td></tr> <tr><td>L0</td><td>longitud inicial de la prueba</td><td>(milímetros)</td></tr> <tr><td>Lb</td><td>longitud de la prueba a la rotura</td><td>(milímetros)</td></tr> <tr><td>Ls</td><td>Longitud de la prueba a determinado esfuerzo</td><td>(milímetros)</td></tr> <tr><td>Ly</td><td>longitud de la prueba en el punto de fluencia</td><td>(milímetros)</td></tr> <tr><td>e</td><td>espesor de la probeta</td><td>(milímetros)</td></tr> <tr><td>W</td><td>ancho de la probeta</td><td>(milímetros)</td></tr> <tr><td>Ci</td><td>circunferencia interna inicial del anillo</td><td>(milímetros)</td></tr> <tr><td>Cm</td><td>circunferencia media inicial del anillo</td><td>(milímetros)</td></tr> <tr><td>d</td><td>diámetro de las poleas</td><td>(milímetros)</td></tr> </tbody> </table> <p>3.2 Otros símbolos aplicables a las probetas se aclaran en la figura 1.</p> <p>4. MÉTODO DE ENSAYO</p> <p>4.1 Resumen</p> <p>4.1.1 Las probetas estandarizadas, sea tipo halterio o anillo, son estiradas en una máquina para ensayos de tensión, a una velocidad constante del sujetador (mordaza) o la polea. Se registran valores de fuerza y elongación durante la prueba de forma ininterrumpida y a la rotura de la probeta (ver nota 1).</p> <p>4.2 Equipos</p> <p>4.2.1 <i>Maquinaria para ensayos de tracción</i>, capaz de desplazamiento constante de la mordaza o polea móvil, con velocidad uniforme de 500 mm/min, 200 mm/min y 100 mm/min, para todo tipo de probetas.</p> <p>4.2.2 Equipo de ensayo para probetas tipo anillo como se muestra en la figura 1. Una de las poleas debe estar libre para girar con muy baja fricción, y la otra debe rotar el anillo, con una velocidad entre 10 y 15 rpm.</p> <p>NOTA 1. 1N = 1 kg · m/s²</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p> <p>DESCRIPTORES: Polímeros, caucho, resistencia a la tracción, tracción deformación, propiedades mecánicas</p>			Fb	fuerza a la rotura	(newtons)	Fm	fuerza máxima registrada	(newtons)	Fy	fuerza en el punto de fluencia	(newtons)	L0	longitud inicial de la prueba	(milímetros)	Lb	longitud de la prueba a la rotura	(milímetros)	Ls	Longitud de la prueba a determinado esfuerzo	(milímetros)	Ly	longitud de la prueba en el punto de fluencia	(milímetros)	e	espesor de la probeta	(milímetros)	W	ancho de la probeta	(milímetros)	Ci	circunferencia interna inicial del anillo	(milímetros)	Cm	circunferencia media inicial del anillo	(milímetros)	d	diámetro de las poleas	(milímetros)
Fb	fuerza a la rotura	(newtons)																																				
Fm	fuerza máxima registrada	(newtons)																																				
Fy	fuerza en el punto de fluencia	(newtons)																																				
L0	longitud inicial de la prueba	(milímetros)																																				
Lb	longitud de la prueba a la rotura	(milímetros)																																				
Ls	Longitud de la prueba a determinado esfuerzo	(milímetros)																																				
Ly	longitud de la prueba en el punto de fluencia	(milímetros)																																				
e	espesor de la probeta	(milímetros)																																				
W	ancho de la probeta	(milímetros)																																				
Ci	circunferencia interna inicial del anillo	(milímetros)																																				
Cm	circunferencia media inicial del anillo	(milímetros)																																				
d	diámetro de las poleas	(milímetros)																																				

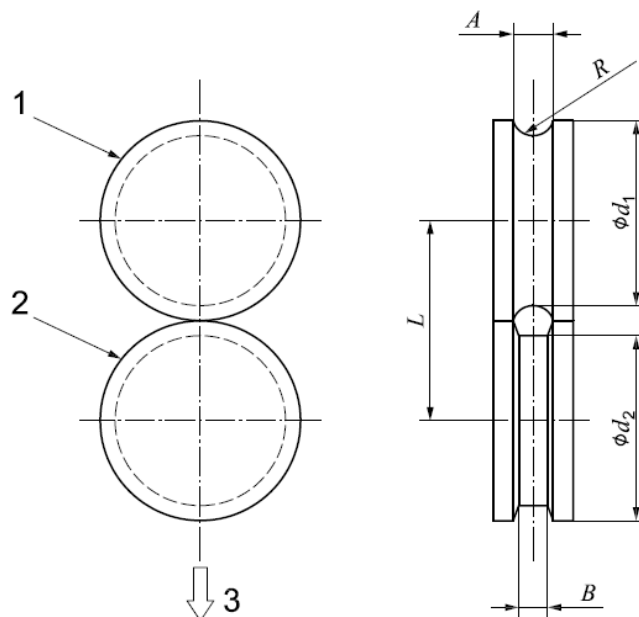
FIGURA 1. Ejemplo de equipo para probetas tipo anillo

1: celda de carga. 2: actuador

Para probetas anillo tipo A y B, las dimensiones de las poleas se especifican en la tabla 1 y figura 2.

TABLA 1. Dimensiones de poleas

Poleas	L	d1	A	R	d2	B
Polea estándar para probeta anillo tipo A	$30^{+0,5}_0$	$25 \pm 0,05$	6,0	3,0	$25 \pm 0,05$	4,3
Polea alternativa para probetas anillo tipo A	$35^{+0,5}_0$	22,3	-	-	22,3	5,0
Polea estándar para probeta anillo tipo B	$5,3^{-0,2}_0$	$4,50 \pm 0,02$	1,5	0,75	$4,50 \pm 0,02$	1,0

FIGURA 2. Arreglo de poleas para pruebas de tensión en probetas anillo tipo A y B

1: polea de rotación libre. 2: polea fija. 3: dirección de la extensión

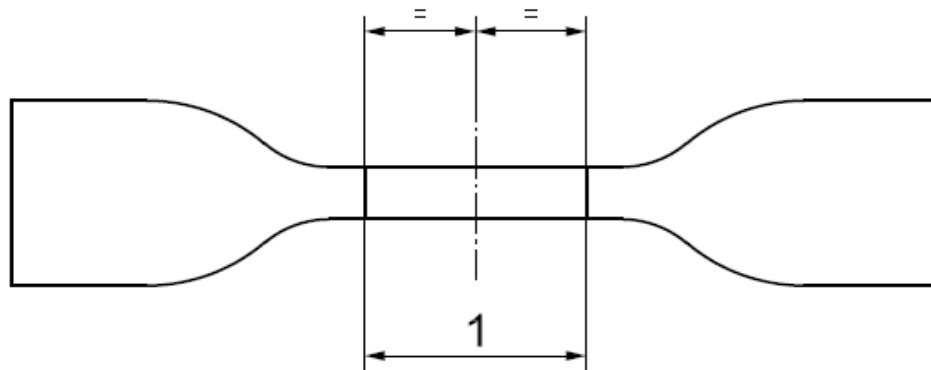
4.3 Preparación de las muestras (probetas)

4.3.1 Las probetas utilizadas para el ensayo podrán ser las probetas tipo halterio o tipo anillo, según se detalla a continuación:

4.3.1.1 *Probeta tipo halterio.* La probeta tipo halterio se muestra en la figura 3. El espesor estándar de la parte más delgada debe ser de $2,0 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$ para los tipos 1, 2, 3 y 1A y de $1,0 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ para tipo 4. La longitud de la probeta debe estar de acuerdo a la Tabla 2.

- Las otras dimensiones de las probetas deben ser producidas por el troquel apropiado (ver tabla 3 y figura 4)
- Para piezas de prueba no estándares (por ejemplo las tomadas de productos terminados), el espesor máximo de la porción más delgada debe ser 3 mm para probetas tipo 1 y 1A; 2,5 mm para probetas tipo 2 y 3; y 2,0 mm para probetas tipo 4.
- Las probetas tipo 3 y 4 deben ser usadas únicamente cuando exista muy poca cantidad de materia como para elaborar los otros tipos de probetas.

FIGURA 3. Forma de la probeta tipo halterio



1: longitud de ensayo (ver tabla 2)

TABLA 2. Longitud de las probetas halterio

Tipo de probeta	Tipo 1	Tipo 1A	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4
Longitud de prueba (mm)	$25 \pm 0,5$	$20 \pm 0,5^*$	$20 \pm 0,5$	$10 \pm 0,5$	$10 \pm 0,5$
* La longitud de prueba no debe exceder la longitud de la porción más delgada de la probeta (dimensión C en la Tabla 3)					

TABLA 3. Dimensiones del troquel de las probetas tipo halterio

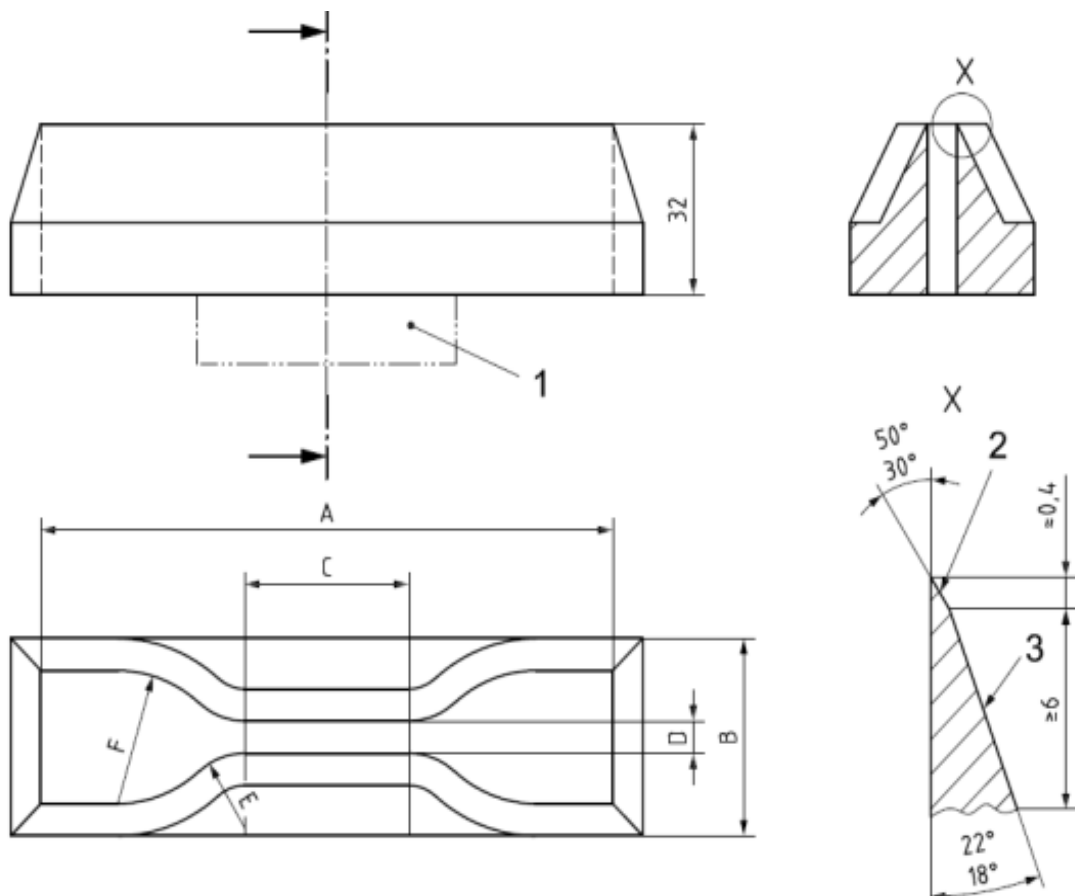
Dimensión	Tipo 1	Tipo 1A	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4
A Longitud total (mínimo) ^a (mm)	115	100	75	50	35
B Ancho de extremos (mm)	25 ± 1	25 ± 1	$12,5 \pm 1$	$8,5 \pm 0,5$	$6 \pm 0,5$
C Longitud de la porción estrecha (mm)	33 ± 2	21 ± 1	25 ± 1	16 ± 1	$12 \pm 0,52$
D Ancho de la porción estrecha (mm)	$6,2 \pm 0,2$	$5 \pm 0,1$	$4 \pm 0,1$	$4 \pm 0,1$	$2 \pm 0,1$
E Radio de transición exterior (mm)	14 ± 1	11 ± 1	$8 \pm 0,5$	$7,5 \pm 0,5$	$3 \pm 0,1$
F Radio de transición interior (mm)	25 ± 2	25 ± 2	$12,5 \pm 1$	$10,5 \pm 0,5$	$3 \pm 0,1$

^a Una longitud total mayor podría ser necesario para asegurar que solo los terminales externos anchos entren en contacto con las mordazas de la maquina, evitando así las "roturas en el hombro de la probeta"

(Continúa)

FIGURA 4. Troquel para probetas tipo halterio

Dimensiones en milímetros



* El diagrama de la derecha muestra la sección de una hoja de cuchilla fija típica

4.3.1.2 Probeta tipo anillo. La probeta anillo tipo A debe tener un diámetro interno de $44,6 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$. El espesor axial medio y el ancho medio radial deben ser de $4 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$. El ancho radial en cualquier parte no debe desviarse de la media en más de $0,2 \text{ mm}$, y el espesor axial en cualquier parte no debe desviarse de la media con más del 2%.

- La probeta anillo tipo B debe tener un diámetro interno de $8 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$. El espesor axial medio y el ancho medio radial deben ser de $1 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$. El ancho radial en cualquier parte no debe desviarse de la media en más de $0,1 \text{ mm}$. Esta probeta debe usarse solo cuando no exista la cantidad suficiente de material para obtener las probetas tipo A.
- En el apéndice Y, se presenta un dispositivo apropiado para la preparación de la probeta anillo tipo B, que no es obligatorio. La probeta puede obtenerse por otros medios, siempre y cuando cumpla con las dimensiones especificadas.

4.3.1.3 Las dimensiones de las probetas se comprobarán de la siguiente manera:

- Espesor.** Mediante micrómetro, cuyo pie ejercerá compresión de 20 kPa sobre el caucho. Medir el espesor en el centro y en cada extremo de la probeta. Usar el valor promedio para calcular el área de la sección transversal. En ningún caso, el espesor de la sección más delgada debe diferir con más del 2% del espesor promedio.

NOTA 1. Probetas de las formas halterio y anillo no dan necesariamente el mismo resultado para los parámetros de resistencia a la tracción y alargamiento porcentual. Esto se debe principalmente a que el estiramiento de los anillos no es uniforme en toda la sección transversal. Un segundo factor es la existencia del grano en las probetas tipo halterio, que causaría valores diferentes, según su longitud sea paralela o perpendicular al grano del material ensayado.

(Continua)

- b) *Ancho*. En las probetas de tipo anillo, mediante micrómetro de pies adaptados a la curvatura anular de las probetas, y también con compresión de 20 kPa. En la probeta tipo halterio, el ancho de la probeta debe tomarse como la distancia entre los borde de corte del troquel en la parte angosta. Se medirá esta distancia con error menor a 0.05 mm
- c) Para probetas tipo anillo, medir el ancho radial y el espesor axial en 6 porciones aproximadamente equidistantes alrededor del anillo. El valor medio de cada serie de medidas debe usarse para calcular la sección transversal. El diámetro interno debe medirse al cercano 0,1 mm. Calcular la circunferencia interna y la circunferencia media de la siguiente manera:

Circunferencia interna = π x diámetro interno

Circunferencia media = π x (diámetro interno + ancho radial)

4.3.1.4 La cantidad mínima de probetas para llevar a cabo el ensayo, es de 3 unidades, de la misma forma y dimensiones.

4.3.1.5 Las probetas deben acondicionarse a la temperatura requerida por lo menos 16 h antes de llevar a cabo el ensayo. Los ensayos deben realizarse a temperaturas normalizadas de $23 \pm 2^\circ \text{C}$ o $27 \pm 2^\circ \text{C}$, debiendo mantenerse una de ellas a lo largo de toda una serie de ensayos.

4.3.1.6 Para las probetas tipo halterio, se debe cortar paralela al grano del material, a menos que se intente estudiar el efecto del "grano", en cuyo caso, un lote de probetas tipo halterio debe también cortarse perpendicular al grano

4.3.1.7 Para todas las probetas, el tiempo mínimo entre la vulcanización y el ensayo debe ser de 16h. El tiempo máximo entre vulcanización y ensayo de 3 meses, cuando sea posible.

4.3.1.8 Si se requiere comparar entre dos grupos de probetas, el espesor medio de cada grupo debe estar dentro del 7,5% del espesor medio global de los dos grupos.

4.4 Procedimiento

4.4.1 Ajustar la distancia inicial correcta entre las poleas, de la siguiente manera:

$30_0^{+0.5}$ mm entre los centros de las poleas estándar para anillos tipo A

$35_0^{+0.5}$ mm entre los centros de las poleas alternas para anillos tipo A

$5,3_0^{+0.2}$ mm entre los centros de las poleas estándar para los anillos tipo B

4.4.1.1 Ajustar la carga a cero antes de montar la probeta en las poleas.

4.4.1.2 Colocar la probeta en las poleas e iniciar la máquina, monitoreando continuamente la distancia entre las poleas y el incremento de carga en el ensayo.

4.4.1.3 La tasa nominal de desplazamiento de las poleas debe ser de 500 mm/min para anillos tipo A, y de 100 mm/min para anillos tipo B.

4.4.2 Mantener las probetas de tipo halterio en mordazas que automáticamente aumenten la presión sobre las partes de sujeción, a medida que se aumenta la tensión sobre la probeta. Las probetas deben colocarse centradas respecto a las mordazas.

4.4.2.1 Coloque la probeta en la máquina de ensayo, asegurándose que colocar las mordazas simétricamente para que la tensión se distribuya uniformemente en la sección transversal. La celda de carga debe ajustarse a cero antes de cada ensayo. Si es necesario, aplique una tensión de 0,1 MPa para que la probeta no se encuentre doblada cuando se mida la distancia inicial de ensayo. Iniciar el ensayo y monitorear continuamente el cambio de longitud y de fuerza durante el ensayo.

4.4.2.2 La tasa nominal de desplazamiento de las mordazas debe ser de 500 mm/min para probetas halterio tipo 1, tipo 1A y tipo 2; y de 200 mm/min para probetas tipo 3 y tipo 4.

4.4.2.3 Cualquier probeta que se rompa fuera de la porción angosta o ceda fuera de la longitud de ensayo, debe ser descartada, y se deberá repetir el ensayo con una nueva probeta adicional.

(Continúa)

Norma Ecuatoriana	CAUCHO. DETERMINACION DE LA COMPRESION RESIDUAL.	INEN 889
----------------------	---	----------

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece el método de ensayo para determinar la compresión residual de cauchos vulcanizados de dureza 30 y 85 IHRD.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica para determinar la capacidad de los cauchos para retener las propiedades elásticas después de compresión prolongada bajo presión constante. Para cauchos con dureza mayor a 85 IHRD, es posible que no se pueda conseguir una compresión del 25^o sin producir daños, razón por la cual no se aplica el método a tales cauchos.

2.2 Esta norma no se aplica para ensayos de deformación rápida, resultante de fuerzas intermitentes.

3. DEFINICIONES

3.1 Esfuerzo de compresión. Aquel resultante de la aplicación de una carga que produce acortamiento o contracción de la probeta en la misma dirección de la carga (fuerza).

4. METODO DE ENSAYO

4.1 **Principio.** La probeta debidamente preparada se somete a compresión y, luego de determinado período, se retira la carga. Se miden los espesores de la probeta antes y después de la aplicación de la carga.

4.2 Instrumental

4.2.1 *Troqueles y cuchillas.* Utilizados para cortarlas probetas; deben tenerlos filos cortantes en buen estado, libres de dobleces o golpes que puedan dejar rastro en la probeta cortada. Un ejemplo de conjunto apropiado para el corte se presenta en la figura 1.

4.2.2 *Instrumento de medida.* Para el espesor, consiste en un reloj comparador micrométrico, con los elementos de contacto formados por una plataforma de 9,5 mm de diámetro y una esfera de 6,35 mm, o preferentemente por dos contactos esféricos de un radio de 12,5 mm, formados en cilindros de aproximadamente 10 mm de diámetro. El reloj debe tener la escala graduada en divisiones de 0,01 mm y cumplir con las normas pertinentes. El reloj comparador debe trabajar bajo una fuerza de 850 ± 30 mN. Los dos tipos de contacto pueden dar lugar a diferentes lecturas, lo cual se debe a la concavidad de la superficie en la probeta, después de la comparación.

(Continúa)

4.2.3 Aparato de compresión. Consta de dos placas paralelas, lisas y altamente pulidas, de acero inoxidable o recubiertas de cromo. La probeta se sitúa entre las dos placas. Las placas deben ser rígidas, de modo que soporten la carga sin flejar, y de tamaño adecuado para asegurar que todas las probetas ensayadas se cubran totalmente. El acabado de las superficies debe corresponder a una rugosidad media $R_a = 4\mu\text{m}$. Las placas deben sujetarse mediante tornillos de tamaño adecuado, provistos de espaciadores de acero, en forma de anillos, para evitar contacto con las probetas, y del espesor requerido para dar la compresión especificada. El espesor de otros espaciadores debe ser de $4,37 \pm 0,01$ mm para probetas del tipo 1 y de $9,38 \pm 0,01$ mm para probetas del tipo 2 (ver numeral 4.3). Cuando se aplica lubricación, las superficies de las placas deben recibir solamente lubricantes, que no tengan acción sobre el caucho. Para la mayoría de los casos, es apropiado usar fluidos de fluorosilicona con viscosidad cinemática (aproximada) $0,01 \text{ m}^2/\text{s}$. Conjuntos apropiados se representan en las figuras 2 y 3.

4.2.4 Horno. De aire, de calefacción uniforme, capaz de mantener al aparato de compresión y a las probetas dentro de la tolerancia de temperatura establecida en el numeral 4.4.4.

4.3 Probetas

4.3.1 Las probetas pueden ser de uno de los dos tipos especificados a continuación. Usar en lo posible el tipo 2 para mayor exactitud. Los dos tipos de probetas no producen necesariamente los mismos valores de compresión residual, por lo cual debe evitarse la comparación de valores obtenidos en los dos tipos de probetas.

4.3.2 Tipo 1. Disco cilíndrico de $13,0 \pm 0,5$ mm de diámetro y $6,3 \pm 0,3$ mm de espesor, preparados por moldeo o cortado. El corte debe efectuarse por medio de una cuchilla giratoria o por un troquel rotativo, circular, lubricado con agua jabonosa y aplicado cuidadosamente sobre el caucho, que debe estar montado rígidamente sobre madera, u otro material apropiado. Debe mantenerse baja la presión de corte para evitar deformaciones del caucho durante la operación. Se determina que para ciertos cauchos existe diferencia en los resultados, dependiendo de que la probeta sea moldeada o cortada y, en último caso, si el corte se efectúa antes o después del curado.

4.3.3 Tipo 2. Disco cilíndrico de $29 \pm 0,5$ mm de diámetro y $12,5 \pm 0,5$ mm de espesor, preparado de conformidad con 4.3.2.

4.3.4 Se pueden usar probetas de material laminado, que cumplan con 4.3.2 o 4.3.3, hechas de 2 a 4 discos sobrepuestos (para tipo 1) y de 2 a 7 (para tipo 2). Estas probetas no dan por lo general los mismos resultados de compresión residual que un disco único.

4.4 Procedimiento

4.4.1 Si existen textiles adhesivos en la muestra, deberán quitarse antes de cortar la probeta. El método de separación debe evitar el uso de líquidos absorbibles, pero se puede usar benceno, cloroformo o tetra cloruro de carbono (o cualquier otro líquido no tóxico - volátil) para humedecer las superficies de contacto. Se debe tener cuidado de no estirar el caucho durante la separación de los textiles, y el líquido debe evaporarse completamente después de la separación. Las superficies que tengan marcas del tejido, deben pulirse. Las piezas moldeadas deben limpiarse y no deben presentar ni líquidos lubricantes

(Continúa)

ni polvo en su superficie. Los ensayos no deben realizarse antes de las primeras 16 horas después de la vulcanización, ni después de 800 horas. Para productos vulcanizados, sin precisar cuando, el período máximo deberá ser de 800 horas después de recibido el producto por el cliente. Las muestras y probetas de ensayo deben protegerse de la luz, en el período comprendido entre el vulcanizado y el ensayo. Las probetas deben condicionarse a $20 \pm 2^\circ\text{C}$, por lo menos 3 horas antes del ensayo. Si son pulidas, deberán usarse dentro de las 72 horas siguientes al pulimentado.

4.4.2 El espesor de las probetas debe medirse con el instrumento de 4.2.2 en el centro de la misma.

4.4.3 Colocar 3 probetas tipo 1 simétricamente (ver figura 2) o una de tipo 2 exactamente en el centro (ver figura 3), juntamente con el espaciador adecuado, entre las placas del aparato, a temperatura de $20 \pm 2^\circ\text{C}$. En cualquier caso, deben usarse tres probetas para la determinación. Los tornillos (o tornillo) deben apretarse de modo que las placas se aproximen paralelamente hasta que hagan contacto con los espaciadores. Inmediatamente, introducir todo el conjunto en un horno, situarlo en el centro del mismo, estando alcanzada ya la temperatura de ensayo.

4.4.4 La temperatura, durante el período de compresión, debe ser una de las siguientes: $70 \pm 1^\circ\text{C}$; $85 \pm 1^\circ\text{C}$; $100 \pm 1^\circ\text{C}$; $125 \pm 2^\circ\text{C}$; $150 \pm 2^\circ\text{C}$; $175 \pm 2^\circ\text{C}$; $200 \pm 2^\circ\text{C}$; $225 \pm 2^\circ\text{C}$ y $250 \pm 2^\circ\text{C}$.

4.4.5 La duración del período de compresión debe ser de 24_{-2}^0 horas para ensayos a 20°C .

4.4.6 Al finalizar el período de compresión, aflojar los tornillos y retirar las probetas. Transferirlas rápidamente a un banco de madera donde deben reposar por 30 ± 3 minutos a $20 \pm 2^\circ\text{C}$. Medir nuevamente el espesor de las probetas. Cortar luego las probetas en dos partes por un diámetro y comprobar la existencia o no de defectos internos, tales como burbujas de aire. Si existen defectos, descartar el ensayo.,

4.5 Resultados

$$C = \frac{t_o - t_r}{t_o - t_s} \times 100$$

4.5.1 Calcular la compresión residual bajo carga constante como sigue:

Donde:

- C = compresión residual;
- t_o = espesor original de la probeta;
- t_r = espesor final de la probeta;
- t_s = espesor del espaciador.

Promediar aritméticamente los resultados de las tres probetas.

(Continúa)

4.5.2 Hacer un reporte de ensayo que contenga:

- a) la compresión residual calculada según 4.5.1;
- b) tipo de probeta usado, moldeada o cortada, de una o varias láminas;
- c) valores de t_o y t_r ;
- d) duración y temperatura del ensayo;
- e) estado de lubricación de las placas; y
- f) tipo de instrumento de medida.

(Continúa)



Norma Ecuatoriana	CAUCHO. DETERMINACIÓN DE LA DUREZA (ESCALA IRHD).	INEN 887 1982-10
----------------------	--	-----------------------------------

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece el método de ensayo para la determinación de la dureza de productos de caucho vulcanizado.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica a caucho de dureza entre 50 y 85 IRHD y puede usarse también para rangos entre 30 y 95 IRHD.

2.2 Esta norma no se aplica a cauchos muy blandos o muy duros, que serán objeto de las otras normas.

3. METODO DE ENSAYO

3.1 **Principio.** El ensayo de la dureza consiste en medir la diferencia de indentación de la esfera en el caucho, una vez bajo carga pequeña y otra bajo carga elevada. De esta diferencia se determina el valor de la dureza internacional del caucho (internacional rubber hardness degree - IRHD), de una tabla (o de un gráfico) o de una escala para lectura directa en grados de dureza IRHD, fijada en el instrumento de indentación. (ver también Anexo A) .

3.2 Instrumental

3.2.1 El aparato para medición de la dureza debe constar de los siguientes dispositivos, con las dimensiones y fuerzas de la Tabla 1.

3.2.1.1 Eje vertical que tenga una bola rígida o superficie esférica en la parte inferior, con mecanismo para sujetar el eje de modo que la superficie esférica se pueda mantener ligeramente sobre la superficie antes de aplicar la fuerza.

TABLA 1. Fuerzas y dimensiones del instrumental

Ensayo	Diámetros	Fuerza en la superficie esférica			Fuerza en el pie
		contacto	intentado	total	
Normal	mm	N	N	N	N
	esfera 2,38±0,01 pie - 20 ± 1 perfor. 6±1 o también esfera 2,5±0,01 pie 20 ± 1 perfor. 6 ± 1	0,30 ± 0,02	5,23 ± 0,01	5,53± 0,3	8,3 ± 1,5
		0,30 ± 0,02	5,40 ± 0,01 -	5,70± 0,03	8,3 ± 1,5
Micro	mm	mN	mN	mN	mN
	esfera 0,395±0,005 pie 3,35±0,15 perfor. 1,00±0,15	8,3 ± 0,5	145 ± 0,5	153 ± 1	235 ± 30

(Continúa)

3.2.1.2 Dispositivo para aplicación de la fuerza de contacto y de indentación con margen para soportar el peso del eje vertical y de cualquier accesorio o mecanismo requerido, o de resortes que actúen sobre él, de modo que se puedan aplicar fuerzas especificadas sobre la superficie esférica.

3.2.1.3 Dispositivos, mecánicos, eléctricos u ópticos para medir el incremento de la profundidad de indentación de la superficie esférica, causada por aplicación de la fuerza, ya sea con lectura en unidades métricas o directamente en grados IRHD.

3.2.1.4 Pie anular plano, perpendicular al eje vertical, con perforación central para paso del eje. El pie se apoya sobre la probeta de ensayo y ejerce sobre esta una presión de $0,3 \pm 0,05$ bar, siempre que la fuerza total sobre el pie no esté fuera de los establecidos en la Tabla 1; el pie está conectado rígidamente con el dispositivo de medición de la indentación, de modo que se mide el movimiento relativo del eje respecto al pie (esto, es, del tope de la superficie esférica), no relativo a la superficie que soporta a la probeta.

3.2.1.5 Medios para evitar la fricción en el instrumental, que puede omitirse en aparatos muy precisos.

3.2.1.6 Cámara de ensayo para la probeta, cuando el ensayo se realiza a temperaturas diferentes que las normalizadas para el laboratorio. Esta cámara debe estar equipada con dispositivos para mantener la temperatura en un valor determinado $\pm 1^\circ\text{C}$. Debe permitir colocar el pie y el eje del instrumento de medición en el interior de la cámara. Se requiere un sensor en el interior, en la proximidad de la pieza a ensayarse, para medir la temperatura.

3.3 Probeta. La probeta debe tener las caras superior e inferior planas, lisas y paralelas. Los ensayos que deben ser comparados con otros, deben llevarse a cabo en probetas del mismo espesor. Para obtener el espesor necesario, está permitido sobreponer dos piezas de caucho, pero no más de dos, siempre y cuando las superficies sean paralelas.

3.3.1 Probeta para ensayo normal. Debe tener entre 8 y 10mm de espesor, en casos especiales se permiten otros espesores, pero no menos de 4 mm. Las dimensiones laterales de probetas normalizadas (8 a 10mm de espesor) o de probetas fuera de norma deben ser tales, que el ensayo debe hacerse a distancia menor del borde de la pieza, según lo establecido en la Tabla 2.

TABLA 2. Distancias laterales mínimas

Esesor total de la probeta	Distancia mínima del punto de impacto al borde de la probeta
mm	mm
4	7,0
6	8,0
8	9,0
10	10,0
15	11,5
25	13,0

(Continúa)

3.3.2 Probeta para micro - ensayo: La probeta normalizada debe tener un espesor de $2,0 \pm 0,5$ mm. Debido a los efectos variables en el endurecimiento de la superficie del caucho y de cualquier rugosidad superficial, no se obtendrá resultados exactamente iguales a los determinados, con probetas para ensayo normal. Un espesor en el intervalo 1,6 a 2,0 mm puede producir medidas iguales, pero no siempre es éste el caso. Se pueden utilizar probetas más gruesas o más delgadas, pero no menos de 1 mm. Las dimensiones laterales deben ser tales, que no tomen mediciones menos de 2 mm del borde de la probeta. Piezas curvadas: (anillos) por ejemplo, se pueden ensayar con el micro ensayo, pero los valores no son comparables a los de las probetas planas. Cuando se ensayan probetas de espesor mayor a 4 mm en el micro - ensayo, debido a que las dimensiones laterales no permiten el ensayo normal, el micro - ensayo se aplicará lo más lejos posible de los bordes de la probeta.

3.3.3 Otras condiciones de la probeta

3.3.3.1 Los ensayos no deben llevarse a cabo dentro de las primeras 16 horas subsiguientes al vulcanizado y, en caso de arbitrio, no más de 72 horas después de la vulcanización. Cuando el ensayo se realiza en un laboratorio normalizado, las probetas deberán ser mantenidas en las condiciones de ensayo, por lo menos 3 horas inmediatamente antes de proceder al ensayo. Cuando los ensayos se llevan a cabo a más o menos temperatura que las normalizadas, las probetas deberán mantenerse en las condiciones de ensayo por un período que permita que las probetas adquieran equilibrio térmico con el ambiente de ensayo, o por el tiempo requerido en la norma específica del producto, en caso de haberla.

3.3.3.2 El ensayo debe llevarse a cabo a temperaturas normalizadas de laboratorio. Estas temperaturas son: $20 \pm 2^\circ\text{C}$; $23 \pm 2^\circ\text{C}$; $27 \pm 2^\circ\text{C}$.

3.4 Procedimiento

3.4.1 Controlar que la probeta cumpla las condiciones de 3.3. Las superficies superior e inferior de la probeta deben polvearse ligeramente con talco fino y colocárselas sobre una superficie plana rígida. Aplicar el pie del instrumento sobre la probeta. Aplicar luego la fuerza sobre la esfera (o superficie esférica) durante 5 minutos, y también la fuerza de contacto.

3.4.1.1 Si la lectura es directa en grados de la dureza IRHD, la escala deberá ajustarse para que marque 100 al final del período de 5 segundos. La fuerza adicional de indentación debe aplicarse después y mantenerse por 30 segundos. Leer luego el valor directamente en la escala.

3.4.1.2 Si la lectura es en unidades métricas, la diferencia D de las indentaciones (en centésimas de milímetro) causadas por el eje vertical a causa de la fuerza de indentación, aplicada durante 30 segundos, deberá ser registrada. Este valor se convierte en dureza IRHD mediante la Tabla 3. Para el micro -ensayo, debe multiplicarse el valor D por seis, antes de convertirlo en dureza IRHD.

3.4.2 Durante los períodos de ensayo, hacer vibrar todo el instrumento de ensayo, para vencer cualquier fricción de los mecanismos.

3.4.3 Se tomarán tres o cinco diferentes puntos de medición sobre la superficie ensayada.

(Continúa)

3.5 Resultados

3.5.1 La dureza en grados IRHD es el número entero más aproximado (ver nota 1) a la media aritmética de los tres o cinco valores medidos.

3.5.2 El reporte de ensayo debe incluir:

- a) dimensiones de la probeta y la declaración de estar constituida por una o dos piezas.
- b) temperatura de ensayo;
- c) tipo de superficie ensayada (moldeada, pulida, etc); y
- d) tipo de aparato usado (normal - micro) .

(Continúa)

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES
ENSAYO DE TRACCIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS
INFORME N°: 050157454520170508-ETC

Designación del material: Látex reforzado con granulo de caucho reciclado.

Método de ensayo: NTE INEN 1165:2013

Empresa / Cliente: Sr. Franco Palacios

Fecha de Inicio de Ensayo: 23 de mayo de 2017.

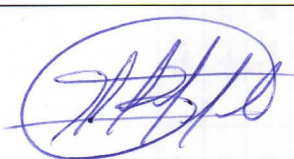
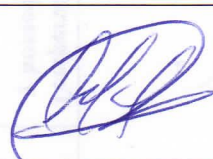
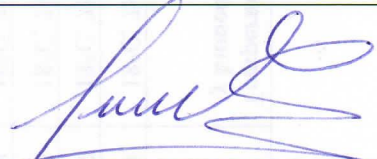
Fecha de Finalización de Ensayo: 23 de mayo de 2017.

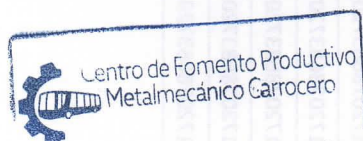
Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en muestras de materiales compuestos. Las muestras fueron entregadas en el Laboratorio de Resistencia de Materiales del CFPMC del H.G.P. Tungurahua.

Configuración del ensayo:

N°	Tamaño del grano (mm)	N° Tamiz	Fracción Volumétrica de Resina Látex	Fracción Volumétrica de fibra de caucho reciclado	Cantidad de Probetas a Ensayar
1T	0 - 0,841	20	45%	55%	5
2T	0 - 0,841	20	50%	50%	5
3T	0 - 0,841	20	60%	40%	5
4T	0 - 0,841	20	70%	30%	5
5T	0,841 - 2	20 - 10	45%	55%	5
6T	0,841 - 2	20 - 10	50%	50%	5
7T	0,841 - 2	20 - 10	60%	40%	5
8T	0,841 - 2	20 - 10	70%	30%	5
9T	2 - 2,5	10 - 8	45%	55%	5
10T	2 - 2,5	10 - 8	50%	50%	5
11T	2 - 2,5	10 - 8	60%	40%	5
12T	2 - 2,5	10 - 8	70%	30%	5
TOTAL DE PROBETAS					60

Nota: En Proceso de fabricación del material polimérico, se lo realizo según el método de estratificación manual a todas las probetas y según la especificación y declaración del cliente.

		
Elaborado por:		Aprobado por:
Ing. Fernando Galarza	Ing. Ángel Balseca	Ing. Esteban López Espinel
Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC



Ambato, 06 de Junio de 2017.
N°. Factura. 001-002-000002739



Resultados:

Pro beta	Identificación de probeta	Temperatura y humedad	Dimensiones	Resistencia a la tracción (Mpa)	% de elongación a la tracción	Resistencia a la tracción a la rotura (Mpa)	% de elongación a la rotura	Resistencia a la fluencia (Mpa)	% de elongación a la fluencia
1	172078683720170512-ETP 01-1	18°C, 78%	a= 6.53 b=2.86	2,759	258,325	2,741	262,17	0,477	33,895
2	172078683720170512-ETP 01-2	18°C, 78%	a= 6.41 b=1.78	3,398	237,96	3,383	245,67	0,692	32,205
3	172078683720170512-ETP 01-3	18°C, 78%	a= 6.32 b=1.92	2,697	162,46	2,13	175,325	0,359	16,18
4	172078683720170512-ETP 01-4	18°C, 78%	a= 6.19 b=2.35	3,415	258,905	3,347	267,96	0,542	34,34
5	172078683720170512-ETP 01-5	18°C, 78%	a= 6.3 b=3.05	3,171	248,815	3,031	291,2	0,559	35,21
Promedio \bar{x}				3,088	233,293	2,9264	248,465	0,5258	30,366
Desviación estándar S_{n-1}				0,343	40,505	0,516	44,021	0,122	8,005
Coeficiente de variación CV				11,108	17,362	17,633	17,717	23,203	26,362

Pro beta	Identificación de probeta	Temperatura y humedad	Dimensiones	Resistencia a la tracción (Mpa)	% de elongación a la tracción	Resistencia a la tracción a la rotura (Mpa)	% de elongación a la rotura	Resistencia a la fluencia (Mpa)	% de elongación a la fluencia
6	172078683720170512-ETP 02-1	17°C, 76%	a= 6.36 b=1.93	4,075	258,025	3,938	265,735	0,657	36,15
7	172078683720170512-ETP 02-2	17°C, 76%	a= 6.26 b=2.26	3,168	324,34	3,049	331,305	0,558	41,765
8	172078683720170512-ETP 02-3	17°C, 76%	a= 6.2 b=1.74	5,181	276,92	5,15	282,085	0,933	36,585
9	172078683720170512-ETP 02-4	17°C, 76%	a= 6.38 b=2.21	3,155	278,575	2,988	288,885	0,595	33,86
10	172078683720170512-ETP 02-5	17°C, 76%	a= 6.36 b=2	3,59	261,255	3,483	265,135	0,56	35,815
Promedio \bar{x}				3,8338	279,823	3,7216	286,629	0,6606	36,835
Desviación estándar S_{n-1}				0,842	26,513	0,885	27,02	0,157	2,947
Coeficiente de variación CV				21,963	9,475	23,780	9,427	23,766	8,001



Pro beta	Identificación de probeta	Temperatura y humedad	Dimensiones	Resistencia a la tracción (Mpa)	% de elongación a la tracción	Resistencia a la tracción a la rotura (Mpa)	% de elongación a la tracción a la rotura	Resistencia a la fluencia (Mpa)	% de elongación a la fluencia
11	172078683720170512-ETP 03-1	18°C, 77%	a= 6.38 b=1.99	5,011	440,155	4,998	447,74	0,992	51,755
12	172078683720170512-ETP 03-2	18°C, 77%	a= 6.35 b=1.45	5,725	395,42	5,505	404,365	1,203	48,51
13	172078683720170512-ETP 03-3	18°C, 77%	a= 6.36 b=1.3	5,38	347,915	4,973	359,45	0,913	43,045
14	172078683720170512-ETP 03-4	18°C, 77%	a= 6.5 b=2.13	4,352	319,14	4,147	339,625	0,8	42,835
15	172078683720170512-ETP 03-5	18°C, 77%	a= 6.33 b=1.41	5,793	433,76	5,698	445,255	1,316	52,85
			Promedio \bar{x}	5,2522	387,278	5,0642	399,287	1,0448	47,799
			Desviación estándar S_{n-1}	0.592	52,951	0,602	49,074	0,211	4,715
			Coefficiente de variación CV	13.832	13.673	11.887	12.290	20.195	9.864

Pro beta	Identificación de probeta	Temperatura y humedad	Dimensiones	Resistencia a la tracción (Mpa)	% de elongación a la tracción	Resistencia a la tracción a la rotura (Mpa)	% de elongación a la tracción a la rotura	Resistencia a la fluencia (Mpa)	% de elongación a la fluencia
16	172078683720170512-ETP 04-1	17°C, 77%	a= 6.38 b=1.8	5,013	346,355	4,75	364,27	0,906	44,09
17	172078683720170512-ETP 04-2	17°C, 77%	a= 6.28 b=1.56	5,86	426,715	5,654	435,73	1,285	52,01
18	172078683720170512-ETP 04-3	17°C, 77%	a= 6.34 b=2.1	4,892	368,87	4,803	383,05	0,983	46,745
19	172078683720170512-ETP 04-4	17°C, 77%	a= 6.24 b=1.53	6,13	439,99	6,118	445,4	1,319	51,835
20	172078683720170512-ETP 04-5	17°C, 77%	a= 6.23 b=1.72	4,605	276,65	4,605	284,23	0,799	35,775
			Promedio \bar{x}	5,3	371,716	5,186	382,536	1,0584	46,091
			Desviación estándar S_{n-1}	0,658	65,907	0,664	64,768	0,232	6,687
			Coefficiente de variación CV	12.415	17.730	12.804	16.931	21.920	14.508



Pro beta	Identificación de probeta	Temperatura y humedad	Dimensiones	Resistencia a la tracción (Mpa)	% de elongación a la tracción	Resistencia a la tracción a la rotura (Mpa)	% de elongación a la tracción a la rotura	Resistencia a la fluencia (Mpa)	% de elongación a la fluencia
21	172078683720170512-ETP 05-1	18°C, 76%	a= 6.26 b=2.68	3,432	115,3	3,252	130,78	0,62	11,25
22	172078683720170512-ETP 05-2	18°C, 76%	a= 6.34 b=2.2	4,116	167,005	3,971	176,06	0,903	16,425
23	172078683720170512-ETP 05-3	18°C, 76%	a= 6.48 b=2.03	4,799	118,215	4,861	120,805	0,995	9,98
24	172078683720170512-ETP 05-4	18°C, 76%	a= 6.33 b=2.1	4,402	154,315	4,394	158,195	0,947	13,85
25	172078683720170512-ETP 05-5	18°C, 76%	a= 6.43 b=2.15	3,57	123,285	3,57	129,71	0,619	9,965
Promedio \bar{x}				4,0638	135,624	4,0096	143,11	0,8168	12,294
Desviación estándar S_{n-1}				0,57	23,465	0,641	23,143	0,183	2,8
Coeficiente de variación CV				14,026	17,302	15,987	16,171	22,405	22,775

Pro beta	Identificación de probeta	Temperatura y humedad	Dimensiones	Resistencia a la tracción (Mpa)	% de elongación a la tracción	Resistencia a la tracción a la rotura (Mpa)	% de elongación a la tracción a la rotura	Resistencia a la fluencia (Mpa)	% de elongación a la fluencia
26	172078683720170512-ETP 06-1	18°C, 76%	a= 6.13 b=2.89	2,549	162,115	2,35	177,65	0,331	16,29
27	172078683720170512-ETP 06-2	18°C, 76%	a= 6.46 b=3.63	2,072	146,25	1,854	172,09	0,258	14,96
28	172078683720170512-ETP 06-3	18°C, 76%	a= 6.51 b=4.01	1,955	157	1,833	169,945	0,251	15,15
29	172078683720170512-ETP 06-4	18°C, 76%	a= 6.26 b=3.93	2,19	167,05	1,917	179,965	0,307	15,015
30	172078683720170512-ETP 06-5	18°C, 76%	a= 6.61 b=2.68	2,406	145,2	2,198	155,605	0,275	13,67
Promedio \bar{x}				2,2344	155,523	2,0304	171,051	0,2844	15,017
Desviación estándar S_{n-1}				0,242	9,631	0,231	9,538	0,034	0,929
Coeficiente de variación CV				10,831	6,193	11,377	5,576	11,955	6,186



Pro beta	Identificación de probeta	Temperatura y humedad	Dimensiones	Resistencia a la tracción (Mpa)	% de elongación a la tracción	Resistencia a la tracción a la rotura (Mpa)	% de elongación a la tracción a la rotura	Resistencia a la fluencia (Mpa)	% de elongación a la fluencia
31	172078683720170512-ETP 07-1	18°C, 76%	a= 6.39 b=2.01	3,084	190,515	2,548	196,985	0,379	17,465
32	172078683720170512-ETP 07-2	18°C, 76%	a= 5.98 b=2.2	3,215	215,285	2,858	245,32	0,765	22,81
33	172078683720170512-ETP 07-3	18°C, 76%	a= 6.48 b=1.75	2,694	172,155	1,525	210,96	0,34	11,975
34	172078683720170512-ETP 07-4	18°C, 76%	a= 6.26 b=2.01	3,135	207,54	2,841	225,475	0,707	19,955
35	172078683720170512-ETP 07-5	18°C, 76%	a= 6.67 b=2.03	3,558	258,26	3,186	262,16	0,508	16,12
			Promedio \bar{x}	3,1372	208,751	2,5916	228,18	0,5398	17,665
			Desviación estándar S_{n-1}	0,309	32,277	0,638	26,103	0,191	4,078
			Coefficiente de variación CV	9,850	15,462	24,618	11,440	35,383	23,085

Pro beta	Identificación de probeta	Temperatura y humedad	Dimensiones	Resistencia a la tracción (Mpa)	% de elongación a la tracción	Resistencia a la tracción a la rotura (Mpa)	% de elongación a la tracción a la rotura	Resistencia a la fluencia (Mpa)	% de elongación a la fluencia
36	172078683720170512-ETP 08-1	18°C, 75%	a= 6.48 b=1.89	4,413	284,035	4,221	310,81	0,74	36,725
37	172078683720170512-ETP 08-2	18°C, 75%	a= 6.51 b=1.84	4,077	269,03	3,293	290,785	0,826	36,255
38	172078683720170512-ETP 08-3	18°C, 75%	a= 6.33 b=1.9	3,503	217,055	3,349	244,045	0,391	21,17
39	172078683720170512-ETP 08-4	18°C, 75%	a= 6.43 b=1.72	5,236	329,045	5,054	345,78	0,895	43,295
40	172078683720170512-ETP 08-5	18°C, 75%	a= 6.33 b=2.08	3,519	238,765	3,353	246,545	0,573	14,885
			Promedio \bar{x}	4,1496	267,586	3,854	287,593	0,685	30,466
			Desviación estándar S_{n-1}	0,719	43,11	0,774	43,348	0,204	11,9
			Coefficiente de variación CV	17,327	16,111	20,083	15,073	29,781	39,060



Pro beta	Identificación de probeta	Temperatura y humedad	Dimensiones		Resistencia a la tracción (Mpa)	% de elongación a la tracción	Resistencia a la tracción a la rotura (Mpa)	% de elongación a la tracción a la rotura	Resistencia a la fluencia (Mpa)	% de elongación a la fluencia
41	172078683720170512-ETP 09-1	18°C, 75%	a= 6.51	b=2.75	2,034	117,485	1,444	127,785	0,403	3,16
42	172078683720170512-ETP 09-2	18°C, 75%	a= 6.33	b=2.76	1,988	122,965	1,422	126,85	0,365	8,365
43	172078683720170512-ETP 09-3	18°C, 75%	a= 6.35	b=2.49	1,837	107,735	1,274	110,37	0,319	4,785
44	172078683720170512-ETP 09-4	18°C, 75%	a= 6.4	b=3.02	1,997	164,635	1,693	175,16	0,365	16,215
45	172078683720170512-ETP 09-5	18°C, 75%	a= 6.67	b=3.02	1,942	144,35	1,842	154,745	0,458	15,115
			Promedio \bar{x}		1,9596	131,434	1,535	138,982	0,382	9,528
			Desviación estándar S_{n-1}		0,076	22,897	0,228	25,732	0,052	5,923
			Coeficiente de variación CV		3,878	17,421	14,853	18,515	13,613	62,164

Pro beta	Identificación de probeta	Temperatura y humedad	Dimensiones		Resistencia a la tracción (Mpa)	% de elongación a la tracción	Resistencia a la tracción a la rotura (Mpa)	% de elongación a la tracción a la rotura	Resistencia a la fluencia (Mpa)	% de elongación a la fluencia
46	172078683720170512-ETP 10-1	18°C, 75%	a= 6.25	b=2.1	1,906	125,295	1,893	125,365	0,217	15,67
47	172078683720170512-ETP 10-2	18°C, 75%	a= 6.33	b=2.06	2,626	177,22	2,381	179,795	0,412	17,245
48	172078683720170512-ETP 10-3	18°C, 75%	a= 6.2	B=2.73	1,349	115,68	0,776	129,65	0,168	10,775
49	172078683720170512-ETP 10-4	18°C, 75%	a= 6.12	b=2.27	2,199	162,075	1,994	176,05	0,338	16,1
50	172078683720170512-ETP 10-5	18°C, 75%	a= 6.12	b=1.93	2,302	125,27	2,288	127,77	0,256	10,785
			Promedio \bar{x}		2,0764	141,108	1,8664	147,726	0,2782	14,115
			Desviación estándar S_{n-1}		0,481	26,885	0,642	27,639	0,097	3,098
			Coeficiente de variación CV		23,165	19,053	34,398	18,710	34,867	21,948



Pro beta	Identificación de probeta	Temperatura y humedad	Dimensiones	Resistencia a la tracción (Mpa)	% de elongación a la tracción	Resistencia a la tracción a la rotura (Mpa)	% de elongación a la tracción a la rotura	Resistencia a la fluencia (Mpa)	% de elongación a la fluencia
51	172078683720170512-ETP 11-1	18°C, 76%	a= 6.22 b=2.36	2,264	151,11	2,161	154,985	0,24	13,78
52	172078683720170512-ETP 11-2	18°C, 76%	a= 6.03 b=2.03	2,783	166,515	2,55	171,635	0,329	15,08
53	172078683720170512-ETP 11-3	18°C, 76%	a= 6.13 b=2.33	2,539	179,755	2,444	192,7	0,341	17,665
54	172078683720170512-ETP 11-4	18°C, 76%	a= 6.1 b=2.01	2,629	187,475	1,793	215,915	0,329	23,06
55	172078683720170512-ETP 11-5	18°C, 76%	a= 6.16 b=2.15	2,053	127,88	1,825	134,345	0,165	11,14
			Promedio \bar{x}	2,4536	162,547	2,1546	173,916	0,2808	16,145
			Desviación estándar S_{n-1}	0,293	23,801	0,346	31,805	0,076	4,525
			Coefficiente de variación CV	11,942	14,643	16,059	18,288	27,066	28,027

Pro beta	Identificación de probeta	Temperatura y humedad	Dimensiones	Resistencia a la tracción (Mpa)	% de elongación a la tracción	Resistencia a la tracción a la rotura (Mpa)	% de elongación a la tracción a la rotura	Resistencia a la fluencia (Mpa)	% de elongación a la fluencia
56	172078683720170512-ETP 12-1	18°C, 76%	a= 6.06 b=2.95	2,54	220,13	2,467	226,59	0,345	21,59
57	172078683720170512-ETP 12-2	18°C, 76%	a= 6.18 b=1.67	2,325	130,785	1,773	159,23	0,261	13,645
58	172078683720170512-ETP 12-3	18°C, 76%	a= 6.15 b=2.41	3,137	234,155	2,627	254,35	0,442	33,905
59	172078683720170512-ETP 12-4	18°C, 76%	a= 6.18 b=1.98	2,332	142,44	2,264	142,61	0,178	12,41
60	172078683720170512-ETP 12-5	18°C, 76%	a= 6.31 b=2.15	3,291	221,505	3,044	234,445	0,372	21,46
			Promedio \bar{x}	2,725	189,803	2,435	203,445	0,3196	20,602
			Desviación estándar S_{n-1}	0,458	49,036	0,468	49,356	0,102	8,576
			Coefficiente de variación CV	16,807	28,835	19,220	24,260	31,915	41,627



RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

Informe N°: 172078683720170512-ETP	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa / Cliente: Sr. Franco Giovanny Palacios Pérez	
DIRECCIÓN: Cdla. Nuevo Ambato, Ambato	
NÚM. DE CEDULA / RUC: 1720786837	TELÉFONO: 0995074159
E-MAIL: machgio@gmail.com	

DATOS INFORMATIVOS
Laboratorio: Resistencia de Materiales.
Designación del material: Látex reforzado con gránulo de caucho reciclado.
Método de ensayo: NTE INEN 1165:2013

Configuración del ensayo:

N°	Tamaño del grano (mm)	N° Tamiz	Fracción Volumétrica de Resina Látex	Fracción Volumétrica de fibra de caucho reciclado	Cantidad de Probetas a Ensayar
1T	0 - 0,841	20	45%	55%	5
2T	0 - 0,841	20	50%	50%	5
3T	0 - 0,841	20	60%	40%	5
4T	0 - 0,841	20	70%	30%	5
5T	0,841 - 2	20 - 10	45%	55%	5
6T	0,841 - 2	20 - 10	50%	50%	5
7T	0,841 - 2	20 - 10	60%	40%	5
8T	0,841 - 2	20 - 10	70%	30%	5
9T	2 - 2,5	10 - 8	45%	55%	5
10T	2 - 2,5	10 - 8	50%	50%	5
11T	2 - 2,5	10 - 8	60%	40%	5
12T	2 - 2,5	10 - 8	70%	30%	5
TOTAL DE PROBETAS					60

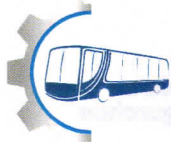
Nota: En Proceso de fabricación del material polimérico, se lo realizo según el método de estratificación manual a todas las probetas y según la especificación y declaración del cliente.



No.	No. DE MUESTRA	DESCRIPCIÓN	FECHAS	
			RECEPCIÓN	ENSAYO
1	172078683720170512-ETP 01-1	Cumple criterios dimensionales.	22/05/2017	23/05/2017
2	172078683720170512-ETP 01-2	Cumple criterios dimensionales	22/05/2017	23/05/2017
3	172078683720170512-ETP 01-3	Cumple criterios dimensionales	22/05/2017	23/05/2017
4	172078683720170512-ETP 01-4	Cumple criterios dimensionales	22/05/2017	23/05/2017
5	172078683720170512-ETP 01-5	Cumple criterios dimensionales	22/05/2017	23/05/2017
6	172078683720170512-ETP 02-1	Cumple criterios dimensionales	22/05/2017	23/05/2017
7	172078683720170512-ETP 02-2	Cumple criterios dimensionales	22/05/2017	23/05/2017
8	172078683720170512-ETP 02-3	Cumple criterios dimensionales	22/05/2017	23/05/2017
9	172078683720170512-ETP 02-4	Cumple criterios dimensionales	22/05/2017	23/05/2017
10	172078683720170512-ETP 02-5	Cumple criterios dimensionales	22/05/2017	23/05/2017
11	172078683720170512-ETP 03-1	Cumple criterios dimensionales	22/05/2017	23/05/2017
12	172078683720170512-ETP 03-2	Cumple criterios dimensionales	22/05/2017	23/05/2017
13	172078683720170512-ETP 03-3	Cumple criterios dimensionales	22/05/2017	23/05/2017
14	172078683720170512-ETP 03-4	Cumple criterios dimensionales	22/05/2017	23/05/2017
15	172078683720170512-ETP 03-5	Cumple criterios dimensionales	22/05/2017	23/05/2017
16	172078683720170512-ETP 04-1	Cumple criterios dimensionales	22/05/2017	23/05/2017
17	172078683720170512-ETP 04-2	Cumple criterios dimensionales	22/05/2017	23/05/2017
18	172078683720170512-ETP 04-3	Cumple criterios dimensionales	22/05/2017	23/05/2017
19	172078683720170512-ETP 04-4	Cumple criterios dimensionales	22/05/2017	23/05/2017
20	172078683720170512-ETP 04-5	Cumple criterios dimensionales	22/05/2017	23/05/2017
21	172078683720170512-ETP 05-1	Cumple criterios dimensionales	22/05/2017	23/05/2017
22	172078683720170512-ETP 05-2	Cumple criterios dimensionales	22/05/2017	23/05/2017
23	172078683720170512-ETP 05-3	Cumple criterios dimensionales	22/05/2017	23/05/2017
24	172078683720170512-ETP 05-4	Cumple criterios dimensionales	22/05/2017	23/05/2017
25	172078683720170512-ETP 05-5	Cumple criterios dimensionales	22/05/2017	23/05/2017



26	172078683720170512-ETP 06-1	Cumple criterios dimensionales.	22/05/2017	23/05/2017
27	172078683720170512-ETP 06-2	Cumple criterios dimensionales.	22/05/2017	23/05/2017
28	172078683720170512-ETP 06-3	Cumple criterios dimensionales.	22/05/2017	23/05/2017
29	172078683720170512-ETP 06-4	Cumple criterios dimensionales.	22/05/2017	23/05/2017
30	172078683720170512-ETP 06-5	Cumple criterios dimensionales.	22/05/2017	23/05/2017
31	172078683720170512-ETP 07-1	Cumple criterios dimensionales.	22/05/2017	23/05/2017
32	172078683720170512-ETP 07-2	Cumple criterios dimensionales.	22/05/2017	23/05/2017
33	172078683720170512-ETP 07-3	Cumple criterios dimensionales.	22/05/2017	23/05/2017
34	172078683720170512-ETP 07-4	Cumple criterios dimensionales.	22/05/2017	23/05/2017
35	172078683720170512-ETP 07-5	Cumple criterios dimensionales.	22/05/2017	23/05/2017
36	172078683720170512-ETP 08-1	Cumple criterios dimensionales.	22/05/2017	23/05/2017
37	172078683720170512-ETP 08-2	Cumple criterios dimensionales.	22/05/2017	23/05/2017
38	172078683720170512-ETP 08-3	Cumple criterios dimensionales.	22/05/2017	23/05/2017
39	172078683720170512-ETP 08-4	Cumple criterios dimensionales.	22/05/2017	23/05/2017
40	172078683720170512-ETP 08-5	Cumple criterios dimensionales.	22/05/2017	23/05/2017
41	172078683720170512-ETP 09-1	Cumple criterios dimensionales.	22/05/2017	23/05/2017
42	172078683720170512-ETP 09-2	Cumple criterios dimensionales.	22/05/2017	23/05/2017
43	172078683720170512-ETP 09-3	Cumple criterios dimensionales.	22/05/2017	23/05/2017
44	172078683720170512-ETP 09-4	Cumple criterios dimensionales.	22/05/2017	23/05/2017
45	172078683720170512-ETP 09-5	Cumple criterios dimensionales.	22/05/2017	23/05/2017
46	172078683720170512-ETP 10-1	Cumple criterios dimensionales.	22/05/2017	23/05/2017
47	172078683720170512-ETP 10-2	Cumple criterios dimensionales.	22/05/2017	23/05/2017
48	172078683720170512-ETP 10-3	Cumple criterios dimensionales.	22/05/2017	23/05/2017
49	172078683720170512-ETP 10-4	Cumple criterios dimensionales.	22/05/2017	23/05/2017
50	172078683720170512-ETP 10-5	Cumple criterios dimensionales.	22/05/2017	23/05/2017
51	172078683720170512-ETP 11-1	Cumple criterios dimensionales.	22/05/2017	23/05/2017



52	172078683720170512-ETP 11-2	Cumple criterios dimensionales.	22/05/2017	23/05/2017
53	172078683720170512-ETP 11-3	Cumple criterios dimensionales.	22/05/2017	23/05/2017
54	172078683720170512-ETP 11-4	Cumple criterios dimensionales.	22/05/2017	23/05/2017
55	172078683720170512-ETP 11-5	Cumple criterios dimensionales.	22/05/2017	23/05/2017
56	172078683720170512-ETP 12-1	Cumple criterios dimensionales.	22/05/2017	23/05/2017
57	172078683720170512-ETP 12-2	Cumple criterios dimensionales.	22/05/2017	23/05/2017
58	172078683720170512-ETP 12-3	Cumple criterios dimensionales.	22/05/2017	23/05/2017
59	172078683720170512-ETP 12-4	Cumple criterios dimensionales.	22/05/2017	23/05/2017
60	172078683720170512-ETP 12-5	Cumple criterios dimensionales.	22/05/2017	23/05/2017

DATOS INFORMATIVOS: De acuerdo a los criterios de aceptación y rechazo las probetas cumplen con el número mínimo de muestras para el ensayo, mas no en las dimensiones. El cliente acepta que se ensaye con estas observaciones.

Elaborado por:	Aprobado por:
Ing. Angel Balseca P. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Ing. Esteban López Espinel MEng Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
Cliente	

NOTA: LA INFORMACIÓN CONSIGNADA EN ESTE FORMULARIO ES DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE. POSTERIORMENTE A LA EJECUCIÓN DEL(LOS) ENSAYO(S) NO SE ADMITIRÁ ARREGLOS DE ESTA INFORMACIÓN NI DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS. FAVOR REVISAR ANTES DE SU FIRMA.

Hoja: 1 de 2
N° Informe: 17-190

Fecha de emisión: 03/08/2017
Número de Orden: OT-1207-17

DATOS GENERALES DEL CLIENTE						
Nombre: PALACIOS PEREZ FRANCO GIOVANNY						
Dirección: Ambato - Ecuador, Urb. Nueva Ambato, calle Miguel de Cervantes y Saavedra y Rio Pucahauycu						
Teléfono: No comunicó			Correo electrónico: machgio@hotmail.com			
Persona de Contacto: Ing. Franco Palacios						
DATOS DE LA MUESTRA						
Código de Muestra LEMAT	Descripción de la muestra proporcionada por el cliente	Fecha de Recepción	Muestreo realizado por	Preparación de muestra realizada por	Condición de entrega de la muestra previo al ensayo	Fecha de Ensayo
17-0603	Material compuesto a partir de látex y caucho reciclado.	28/07/2017	<input checked="" type="checkbox"/> Cliente <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/> No aplica	<input checked="" type="checkbox"/> Cliente <input type="checkbox"/> LEMAT <input type="checkbox"/> No aplica	<input checked="" type="checkbox"/> Acorde a norma <input type="checkbox"/> No acorde a norma <input type="checkbox"/> No aplica	01/08/2017

INFORMACIÓN ADICIONAL PROPORCIONADA POR EL CLIENTE
- Material compuesto de matriz elastomérica de látex reforzado con gránulo de caucho reciclado. - Tamaño de gránulo TIPO A: 0 - 0,841 mm o Tamiz #20. - Composición volumétrica Tipo 3: 60% látex sintético - 40% gránulo de caucho reciclado.

MC2203-02

NOTA: Las opiniones, interpretaciones, inspecciones, etc., que se indiquen en este informe se encuentra fuera del alcance de acreditación del SAE.

LOS RESULTADOS DECLARADOS EN ESTE INFORME SE REFIEREN ÚNICAMENTE A LOS OBJETOS ENSAYADOS O CALIBRADOS.

Se prohíbe la reproducción total o parcial del presente informe, salvo aprobación escrita del LEMAT.

Guayaquil: Campus "Gustavo Galindo" Km. 30.5 vía perimetral, contiguo a la Cdda. Santa Cecilia.

Fax: (593-4)2269293 - Teléfono: 2269375

E-mail: lemat@espol.edu.ec

MC2201-05

Hoja: 2 de 2
Nº de informe: 17-190

Fecha de emisión: 03/08/2017
Número de orden: OT-1207-17

ENSAYO DE VELOCIDAD DE QUEMADO

NORMA DE ENSAYO.

Método Interno Basado en ASTM D 635:14

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA PROPORCIONADA POR EL CLIENTE.

Producto: Material compuesto a partir de látex y caucho reciclado.

INFORMACIÓN DEL ENSAYO.

Equipos utilizados: Vernier Pic de Rey (A-IM-222)

Cronómetro (EA-075)

CONDICIONES AMBIENTALES.

Temperatura (máx./mín.): 22.9 / 21.3 °C

Humedad (máx./mín.): 66.3 / 58.6

Muestra: 17-0603

Código de Submuestras	Espesor (mm)	Tiempo de quemado * (mm:ss)	Longitud recorrida por la llama (mm)	Velocidad de quemado** (mm/min)
17-0603-1	5.03	2:42	75.0	27.8
17-0603-2	5.23	2:46	75.0	27.1
17-0603-3	5.24	2:31	75.0	29.8
17-0603-4	5.17	2:40	75.0	28.1
17-0603-5	4.89	2:24	75.0	31.3
17-0603-6	5.40	2:35	75.0	29.0
17-0603-7	5.26	2:42	75.0	27.8
17-0603-8	5.39	2:23	75.0	31.5
17-0603-9	4.74	2:32	75.0	29.6
17-0603-10	4.76	2:33	75.0	29.4
Promedio		2:35	75.0	29.1
Incertidumbre expandida (k=2)				0.94


Tabla 1. Resultados. Ensayo de velocidad de quemado.

OBSERVACIONES:

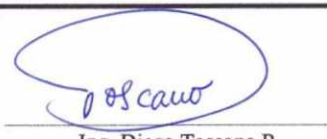
- Las muestras y la información de las mismas fueron proporcionadas por el cliente.
- Para este ensayo se colocaron dos marcas de referencia a lo largo de la longitud de las probetas, una a 25 mm y otra a 100 mm desde el extremo donde se aplicaría la llama.
- La probeta continuó ardiendo con llama visible después de que se aplicó la llama de ensayo.
- La llama alcanzó las marcas de referencia a 25 mm en todas las submuestras, y las 10 submuestras alcanzaron las marcas de 100 mm.
- Para la realización del ensayo se utilizó un mechero de Bunsen con regulador y el gas empleado fue GLP.
- La norma ASTM D635:14 se utiliza para medir y describir la respuesta al calor y la llama bajo condiciones controladas de materiales, productos o ensamblajes, pero no incorpora en sí factores requeridos para riesgos de incendio a condiciones reales de exposición al fuego para materiales, productos o ensamblajes.

* El tiempo de quemado se considera desde que la llama sobrepasa la marca de referencia de 25 mm hasta la longitud recorrida por la llama.

** Para calcular la velocidad de quemado se utilizó la fórmula $V = L/t$, donde: t = tiempo de quemado (min), L = longitud de quemado (mm).



Ing. Rodrigo Perugachi B.
Dirección Técnica (e)



Ing. Diego Toscano P.
Dirección de Calidad

NOTA: Las opiniones, interpretaciones, inspecciones, etc., que se indiquen en este informe se encuentra fuera del alcance de acreditación del SAE.

LOS RESULTADOS DECLARADOS EN ESTE INFORME SE REFIEREN ÚNICAMENTE A LOS OBJETOS ENSAYADOS O CALIBRADOS.

Se prohíbe la reproducción total o parcial del presente informe, salvo aprobación escrita del LEMAT.

Guayaquil; Campus "Gustavo Galindo" Km. 30.5 vía perimetral, contiguo a la Cda. Santa Cecilia.

Fax: (593-4)2269293 - Teléfono: 2269375

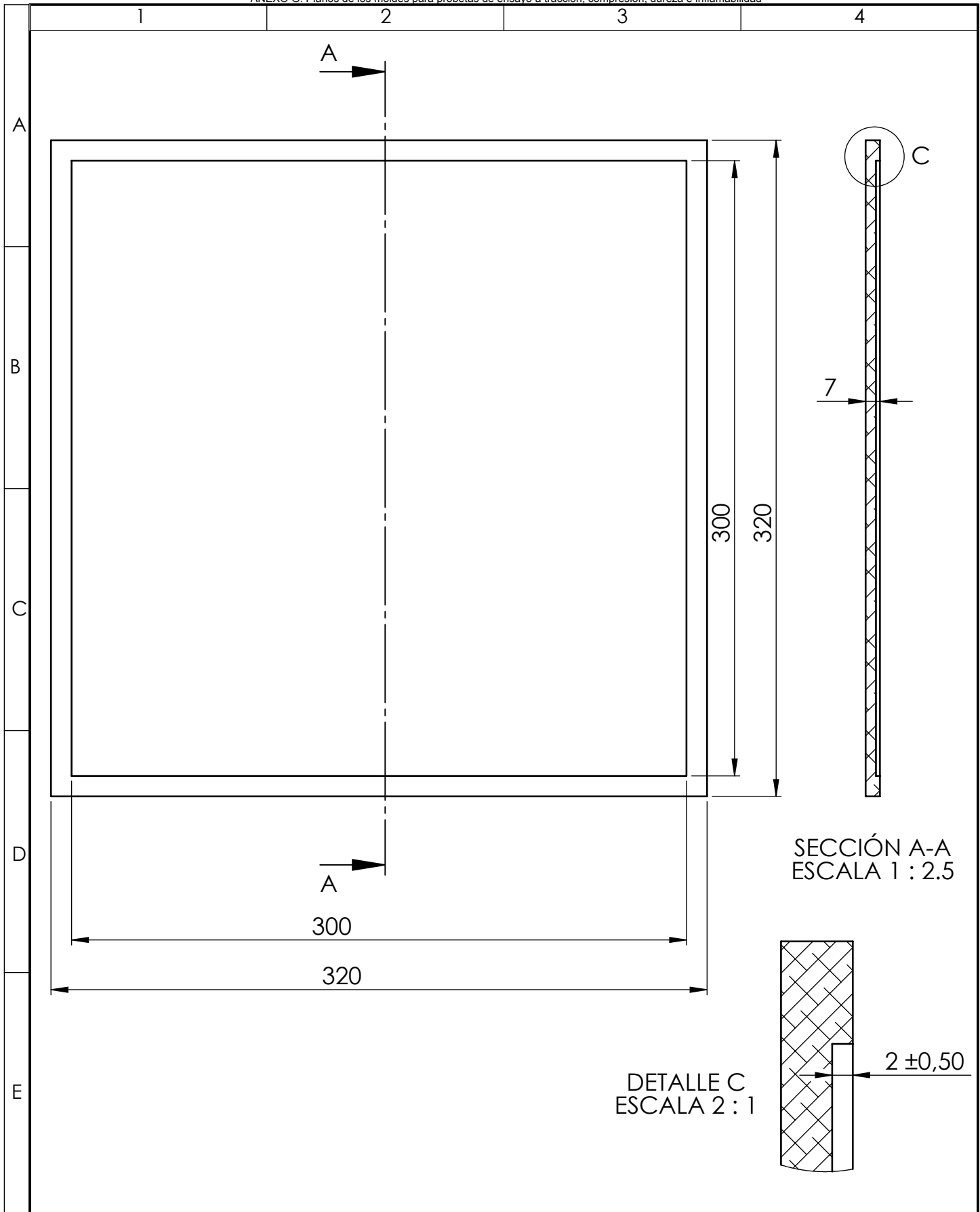
E-mail: lemat@espol.edu.ec

MC2201-05

ANEXO F: Distribución T de Student

Puntos críticos para la distribución T de Student.

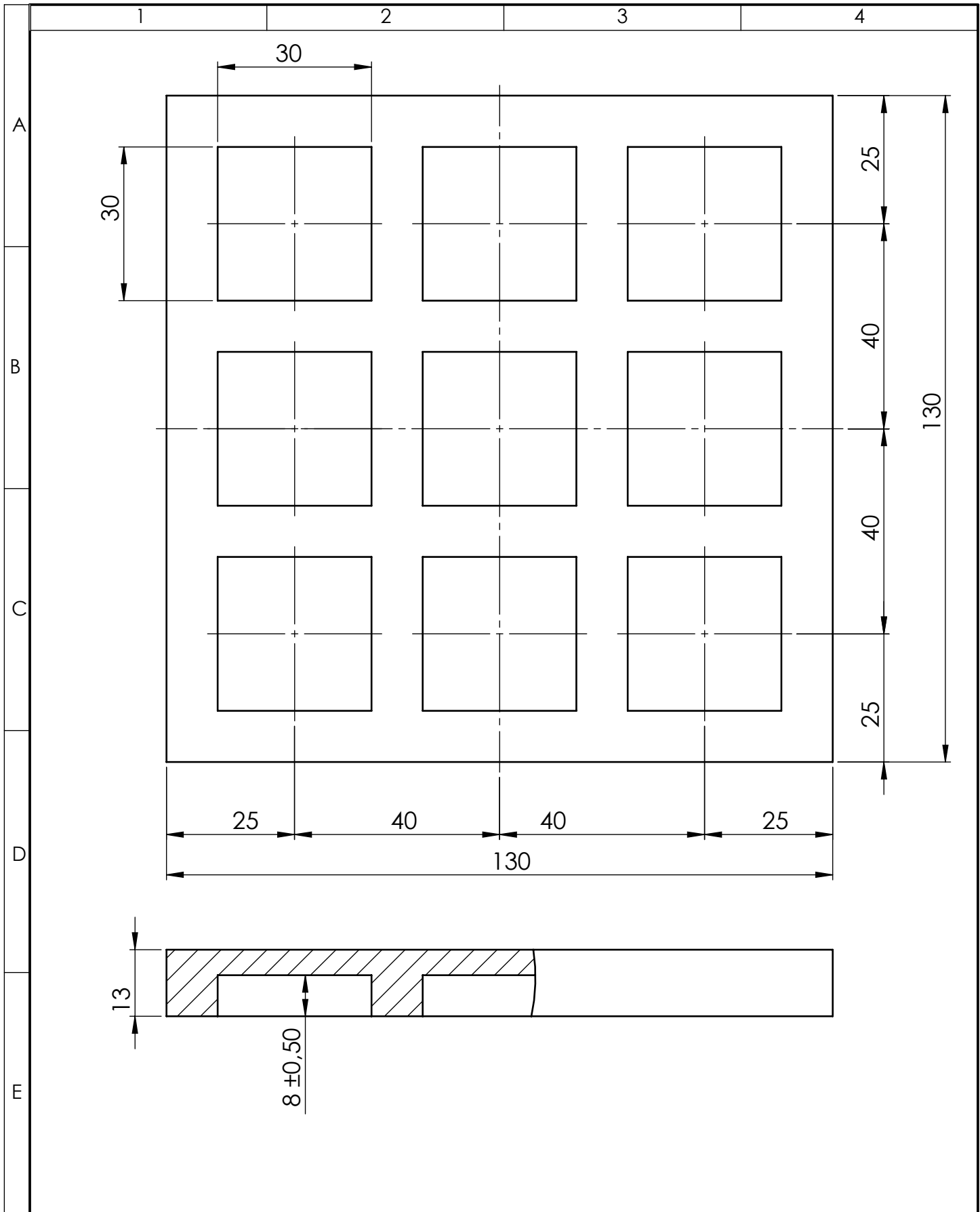
Grados de libertad	Área a la derecha de los puntos, $P(X > x)$			
	0.10	0.05	0.025	0.015
1	3.0776835	6.3137515	12.706205	21.204949
2	1.8856181	2.9199856	4.3026527	5.6427784
3	1.6377444	2.3533634	3.1824463	3.8960459
4	1.5332063	2.1318468	2.7764451	3.2976297
5	1.475884	2.0150484	2.5705818	3.002875
6	1.4397557	1.9431803	2.4469119	2.8289279
7	1.4149239	1.8945786	2.3646243	2.714573
8	1.3968153	1.859548	2.3060041	2.6338144
9	1.3830287	1.8331129	2.2621572	2.573804
10	1.3721836	1.8124611	2.2281389	2.5274842
11	1.3634303	1.7958848	2.2009852	2.4906639
12	1.3562173	1.7822876	2.1788128	2.4607002
13	1.3501713	1.7709334	2.1603687	2.4358452
14	1.3450304	1.7613101	2.1447867	2.4148977
15	1.3406056	1.7530504	2.1314495	2.397005
16	1.3367572	1.7458837	2.1199053	2.3815454
17	1.3333794	1.7396067	2.1098156	2.3680548
18	1.3303909	1.7340636	2.100922	2.35618
19	1.3277282	1.7291328	2.0930241	2.3456475
20	1.3253407	1.7247182	2.0859634	2.3362422
21	1.3231879	1.7207429	2.0796138	2.3277923
22	1.3212367	1.7171444	2.0738731	2.3201596
23	1.3194602	1.7138715	2.0686576	2.313231
24	1.3178359	1.7108821	2.0638986	2.3069134
25	1.3163451	1.7081408	2.0595386	2.3011295
26	1.3149719	1.7056179	2.0555294	2.2958145
27	1.3137029	1.7032884	2.0518305	2.2909136
28	1.3125268	1.7011309	2.0484071	2.2863802
29	1.3114336	1.699127	2.0452296	2.2821746
30	1.310415	1.6972609	2.0422725	2.2782623



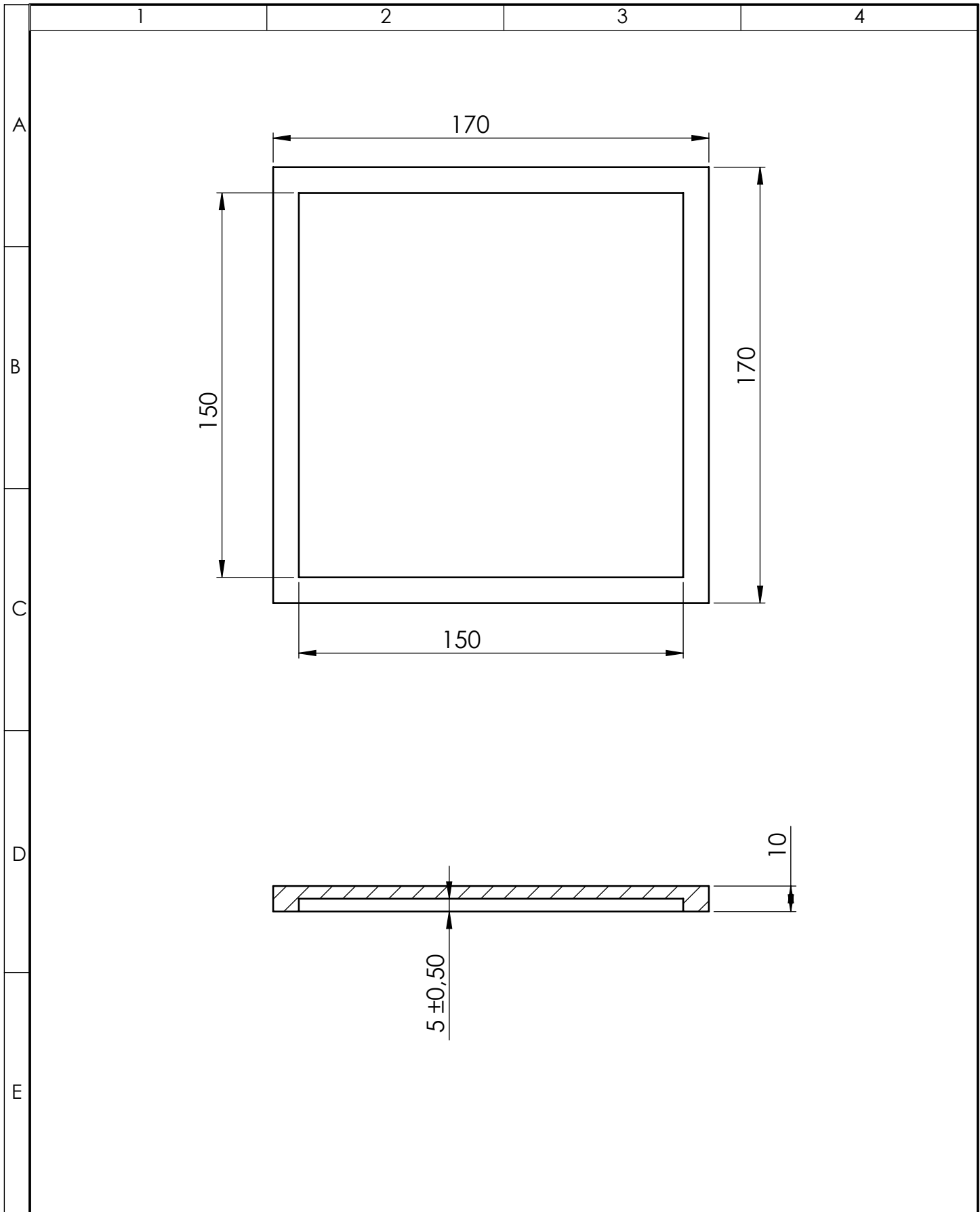
SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 2.5

DETALLE C
ESCALA 2 : 1

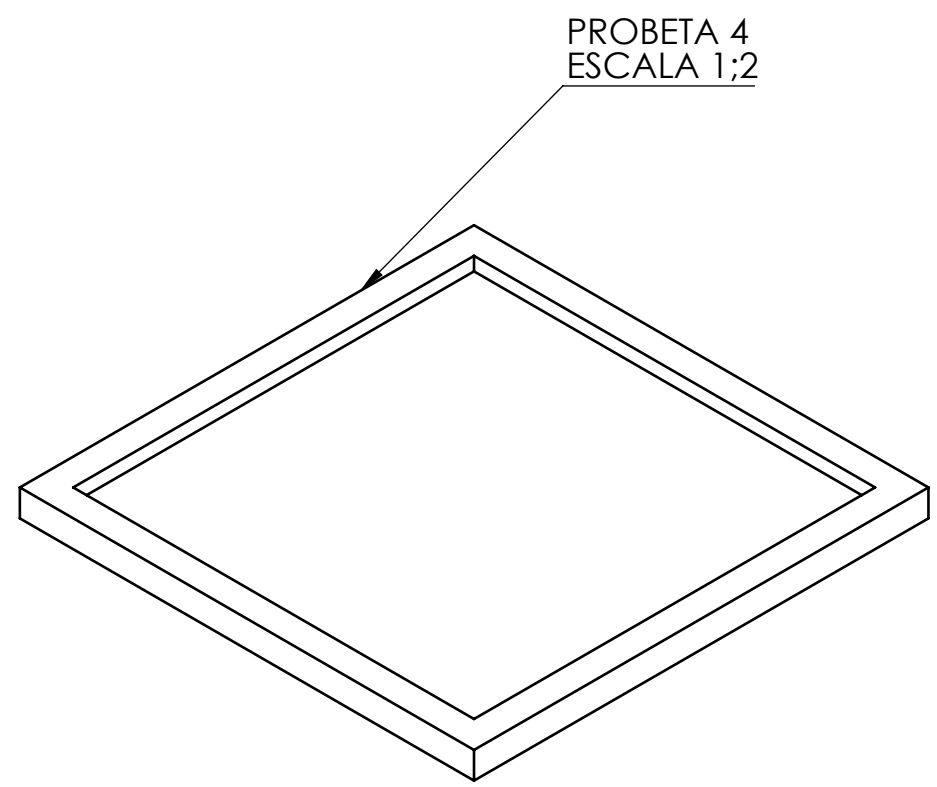
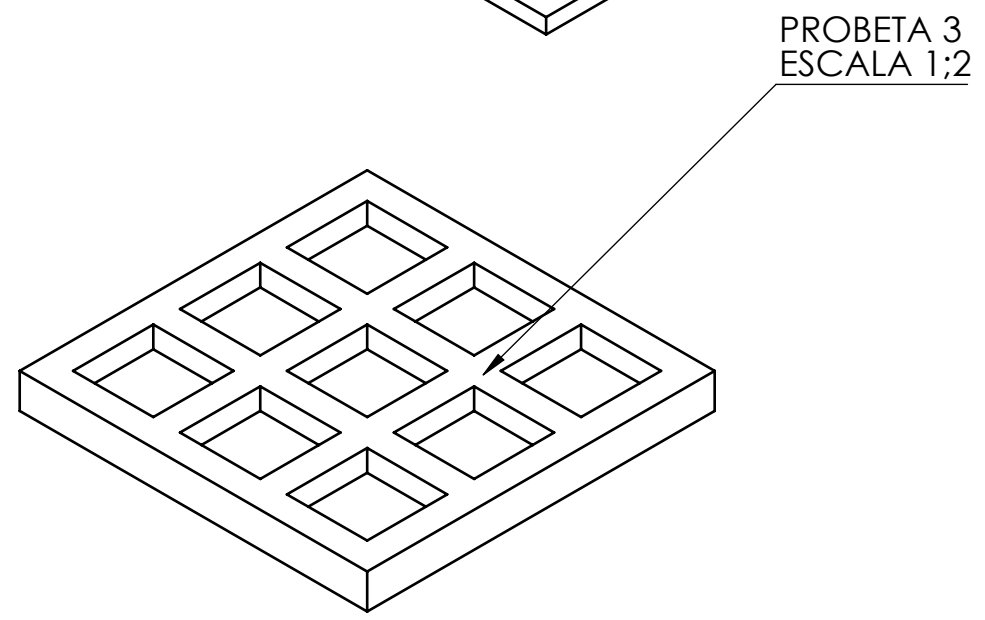
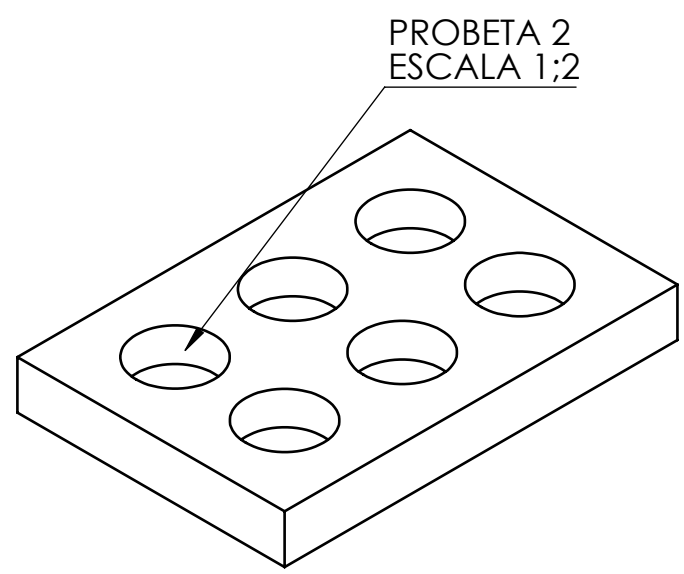
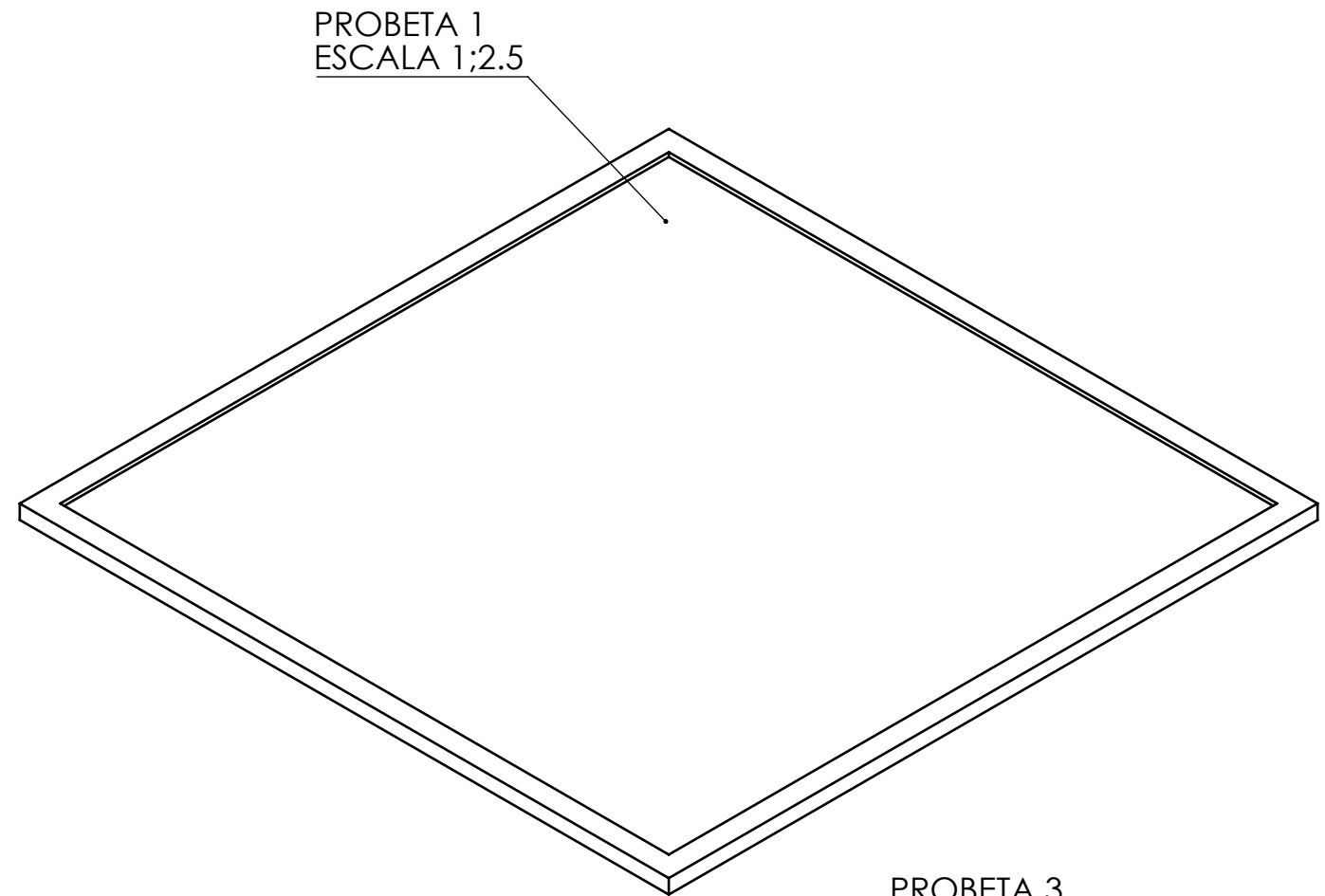
				TOLERANCIA: ± 1	PESO: 1503.04 gr	MATERIAL: Aleación 2014	
						TÍTULO: Molde para probeta ensayo a tracción Norma NTE INEN 1165	ESCALA: 1;2.5
				DIBUJO: 22/07/2017	PALACIOS F.		
				REVISO: 24/08/2017	Ing.Henry Vaca		
				APROBO: 24/08/2017	Ing.Henry Vaca		
				U.T.A. INGENIERIA MECANICA		N.º DE LAMINA HOJA 1 DE 5	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	



				TOLERANCIA: ±1	PESO: 1503.04 gr	MATERIAL: Aleación 2014	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO: Molde para probeta ensayo de Dureza Norma NTE INEN 887	ESCALA: 1:1
				DIBUJO: 22/07/2017	PALACIOS F.		
				REVISO: 24/08/2017	Ing. Henry Vaca		
				APROBO: 24/08/2017	Ing. Henry Vaca	N.º DE LAMINA HOJA 3 DE 5	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	U.T.A. INGENIERIA MECANICA		SUSTITUCION:	



				TOLERANCIA: ±1	PESO: 1503.04 gr	MATERIAL: Aleación 2014	
						TÍTULO: Molde para probeta ensayo de Inflamabilidad Norma ASTM D 635-14	ESCALA: 1;2
						N.º DE LAMINA HOJA 4 DE 5	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	U.T.A. INGENIERIA MECANICA		SUSTITUCION:	



				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:		
				±1	1503.04 gr	Aleación 2014		
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:		ESCALA:
				DIBUJO: 22/07/2017	PALACIOS F.	PLANOS		1:1
				REVISO: 24/08/2017	Ing. Henry Vaca			
				APROBO: 24/08/2017	Ing. Henry Vaca			
				U.T.A. INGENIERIA MECANICA		N.º DE LAMINA	REGISTRO:	
						SUSTITUCION:		HOJA 5 DE 5
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:					