



**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:

“CARACTERIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN MATERIAL COMPUESTO A PARTIR DE MATRIZ DE POLIURETANO MONOCOMPONENTE, REFORZADO CON GRÁNULO DE CAUCHO RECICLADO Y FIBRA DE ABACÁ COMO MATERIAL ALTERNATIVO, PARA APLICACIONES INDUSTRIALES”.

AUTOR: Gabriel Alejandro Urquizo Vaca

TUTOR: Ing. Juan Gilberto Paredes Salinas Mg.

**AMBATO - ECUADOR
Febrero - 2021**

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con el Tema: **“CARACTERIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN MATERIAL COMPUESTO A PARTIR DE MATRIZ DE POLIURETANO MONOCOMPONENTE, REFORZADO CON GRÁNULO DE CAUCHO RECICLADO Y FIBRA DE ABACÁ COMO MATERIAL ALTERNATIVO, PARA APLICACIONES INDUSTRIALES”**., elaborado por el Sr. Gabriel Alejandro Urquiza Vaca, portador de la cédula de ciudadanía 1804494258, estudiante de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente proyecto técnico es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

Ambato, Enero 2021

Ing. Mg. Juan Gilberto Paredes Salinas
TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, Gabriel Alejandro Urquizo Vaca, con C.I. 1804494258, declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Trabajo Experimental con el tema: **“CARACTERIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN MATERIAL COMPUESTO A PARTIR DE MATRIZ DE POLIURETANO MONOCOMPONENTE, REFORZADO CON GRÁNULO DE CAUCHO RECICLADO Y FIBRA DE ABACÁ COMO MATERIAL ALTERNATIVO, PARA APLICACIONES INDUSTRIALES”**, así como también las ideas de diseño criterios, resultados, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del Proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Febrero 2021



.....
Gabriel Alejandro Urquizo Vaca

C.I.: 1804494258

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental o parte de 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 documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Febrero 2021



.....
Gabriel Alejandro Urquiza Vaca
C.I.: 1804494258
AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental realizado por el estudiante Gabriel Alejandro Urquiza Vaca de la Carrera de Ingeniería Mecánica bajo el tema: **“CARACTERIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN MATERIAL COMPUESTO A PARTIR DE MATRIZ DE POLIURETANO MONOCOMPONENTE, REFORZADO CON GRÁNULO DE CAUCHO RECICLADO Y FIBRA DE ABACÁ COMO MATERIAL ALTERNATIVO, PARA APLICACIONES INDUSTRIALES”**.

Ambato, Febrero 2021

Para constancia firman

.....
Ing. Mg. Wilson Henry Vaca Ortega
Miembro de Tribunal

.....
Ing. Mg. Oscar Iván Analuiza Maiza
Miembro de Tribunal

DEDICATORIA

Esta consecución académica la quiero dedicar a las mujeres entorno a las cuales ha girado mi existencia.

Mi madre Susana... La mujer que me dio la vida y la oportunidad de ver la luz de cada nuevo amanecer. Quien me inspiró y forjó en su ideal del amor, educación, nobleza y grandeza del ser humano desde su corazón, conciencia, alma y espíritu, es usted la gran inspiración que ha movido mi vida Mami.

Mi hermana Mary... La mujer incondicional e incansable y ejemplo en mi vida, me ha cuidado siempre desde que fui un bebé y lo sigues haciendo hasta el día de hoy, eres el ser de quien aprendí la valentía, fortaleza, constancia y tenacidad que se debe tener para hacerle frente a la vida, gracias por nunca dejarme caer vencido.

Mi esposa Andrea... la mujer y amor de mi vida, la persona de quien me enamoré desde el primer día en que la conocí y supe que nuestros destinos se entrelazarían y quien ha estado a mi lado desde entonces en las buenas y malas con su apoyo y amor brindándome calma y tranquilidad en medio de la tormenta compartiendo su vida junto a la mía, creciendo juntos y quien me ha dado el regalo más grande, mi hija w.c.s.w.l.c.d.

Mi hija Mayte... La mujer que se ha convertido en mi vida, la luz de mis ojos y razón de mi vivir, llegaste a mí en el momento más indicado para enseñarme de qué se trata la vida y cómo vivirla, para abrir mi corazón y penetrarlo en lo más profundo con tu mirada, tu sonrisa y tu amor, doblé hasta la más gruesa hebra de mi ser, ahora eres la razón por la cual despierto cada día.

AGRADECIMIENTO

A la luz y la verdad de mi vida de mi ser, la fuerza creadora que me ha permitido forjar mi existencia y hacia donde regresaré algún día. Mi Dios.

A los pilares y columna vertebral de mi vida, mis padres Rafael y Susana, mi hermana Mary, mi esposa Andrea, mi hija Mayte, mi sobrino David, mis hermanos Christian, Santiago y en especial a Edgar, gracias a su apoyo y bendición he podido tener la energía para culminar esta etapa trascendental de mi vida.

Al Ing. Juan Paredes Salinas, mi tutor de tesis por su paciencia, don de gente y calidad humana, su guía académica y apoyo moral fueron fundamentales en mi proceso de titulación.

A la Carrera de Ingeniería Mecánica y sus docentes, por darme la oportunidad de estudiar y aprender las asignaturas que han abierto mi mente.

A mis amigos, que en el transcurso de mi vida universitaria demostraron ser miembros más de mi familia con su lealtad, sinceridad y apoyo. Gracias totales.

A la Universidad Técnica de Ambato, el *Alma Mater* de mi querida ciudad.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xv
RESUMEN EJECUTIVO	xvii
ABSTRACT	xviii
CAPÍTULO I	1
ANTECEDENTES	1
1.1 TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL	1
1.2 ANTECEDENTES	1
1.3 JUSTIFICACIÓN	5
1.4 OBJETIVOS	6
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	6
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
CAPÍTULO II	7
2 FUNDAMENTACIÓN	7
2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	7
2.1.1 MATERIALES COMPUESTOS	7
2.1.2 FASES QUE COMPONEN UN MATERIAL COMPUESTO	9
2.1.3 FASE CONTÍNUA O MATRIZ	9
2.1.4 FASE DISCONTÍNUA O REFUERZO	10
2.1.5 INTERFASE	12

2.1.6 CLASIFICACIÓN DE UN MATERIAL COMPUESTO	12
2.1.6.1 CLASIFICACIÓN POR LA NATURALEZA DE SU MATRIZ	12
2.1.6.2 MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ METÁLICA	13
2.1.6.3 MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ CERÁMICA	14
2.1.6.4 CLASIFICACIÓN POR LA FORMA DE SU REFUERZO	14
2.1.6.5 Material Compuesto Reforzado con Fibras	15
2.1.6.6 MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ ELASTÓMERA.....	16
2.1.6.7 RESINA DE POLIURETANO MONOCOMPONENTE	16
2.1.6.8 CAUCHO COMO REFUERZO PARTICULADO	17
2.1.7 CAUCHO ESTIRENO BUTADIENO (SBR).....	19
2.1.7.1 MÉTODOS DE PRODUCCIÓN DEL CAUCHO SBR	19
2.1.7.2 PROPIEDADES DEL CAUCHO SBR.....	21
2.1.7.3 FIBRA DE ABACÁ.....	22
2.1.7.4 FIBRA DE ABACÁ COMO REFUERZO ALTERNATIVO	23
2.1.7.5 PROCESOS DE FABRICACIÓN.....	24
2.1.7.6 ESTRATIFICACIÓN MANUAL.....	24
2.1.7.7 ESTRATIFICACIÓN DE PREIMPREGNADOS	25
2.1.7.8 MOLDEO POR ASPERSIÓN	26
2.1.7.9 MOLDEO POR COMPRESIÓN.....	27
2.1.8 MOLDEO POR COMPRESIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO	28
2.1.8.1 MOLDEO POR EXTRUSIÓN	33
2.1.8.2 MOLDEO POR INYECCIÓN	34
2.1.8.3 MOLDEO POR TRANSFERENCIA DE RESINA	35
2.1.8.4 MOLDEO POR PULTRUSIÓN	36
2.1.8.5 REGLA DE LAS MEZCLAS.....	37
2.1.9 CARACTERIZACIÓN MECÁNICA POR MEDIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS	40
2.1.9.1 ENSAYO A TRACCIÓN.....	40
2.1.9.2 ENSAYO A COMPRESIÓN	41

2.1.9.3 ENSAYO DE DUREZA	41
2.1.9.4 ENSAYO DE DESGASTE (ABRASIÓN)	42
2.2 HIPÓTESIS.....	43
2.2.1 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS	43
2.2.2 VARIABLE INDEPENDIENTE	43
2.2.3 VARIABLE DEPENDIENTE	43
2.2.4 TÉRMINO DE RELACIÓN	43
CAPÍTULO III.....	44
3 METODOLOGÍA	44
3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN	44
3.1.1 EXPLORATORIA.....	44
3.1.2 DESCRIPTIVA	44
3.1.3 BIBLIOGRÁFICA.....	44
3.1.4 EXPERIMENTAL.....	44
3.1.5 CORRELACIONAL	45
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	45
3.2.1 POBLACIÓN	45
3.2.2 MUESTRA	46
3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	47
3.3.1 OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE	47
3.3.2 OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE DEPENDIENTE.....	48
3.3.2.1 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	49
3.3.2.2 PLAN PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS	49
3.3.2.3 ANÁLISIS PARA ADQUISICIÓN DE MATERIA PRIMA	51
3.3.2.4 GRÁNULO DE CAUCHO RECICLADO.....	51
3.3.2.5 FIBRA DE ABACÁ.....	52
3.3.2.6 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	54
3.3.3 OBTENCIÓN DE DATOS DE DENSIDAD.....	56
3.3.3.1 DENSIDAD DE RESINA POLIURETANO MONOCOMPONENTE	56

3.3.3.2 DENSIDAD DEL GRÁNULO DE CAUCHO	56
3.3.3.3 DENSIDAD DE LA FIBRA DE ABACÁ	59
3.3.4 DETALLE DE MATRICES PARA LAS PROBETAS.....	62
3.3.4.1 MOLDES PARA ELABORAR EL MATERIAL COMPUESTO	62
3.3.4.2 MOLDE PARA ELABORAR PROBETAS	63
3.3.4.3 MOLDE PARA ENSAYO A TRACCIÓN	64
3.3.4.4 MOLDE PARA ENSAYO A COMPRESIÓN	65
3.3.4.5 MOLDE PARA ENSAYO DE DUREZA	67
3.3.4.6 MOLDE PARA ENSAYO DE DESGASTE.....	68
3.3.5 CONFIGURACIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO	68
3.3.6 ELABORACIÓN DE CONFIGURACIÓN VOLUMÉTRICA DE PRUEBA: MATRIZ – REFUERZO (CAUCHO)	70
3.3.7 DETERMINACIÓN DE LAS CONFIGURACIONES VOLUMÉTRICAS SUEJTAS A ANÁLISIS	79
3.3.8 PROCEDIMIENTO PARA EXTRAER LAS PROBETAS DE TRACCIÓN	81
3.3.9 PROCEDIMIENTO PARA EXTRAER LAS PROBETAS DE COMPRESIÓN	82
3.3.9.1 PROCEDIMIENTO PARA EXTRAER LAS PROBETAS DE DUREZA	83
CAPÍTULO IV	85
4 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	85
4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS	85
4.1.1 RECOLECCIÓN DE DATOS DE RESULTADOS DE ENSAYO A TRACCIÓN	86
4.1.2 RECOLECCIÓN DE DATOS DE RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESIÓN.....	112
4.1.2 RECOLECCIÓN DE DATOS DE RESULTADOS DE ENSAYO DE DUREZA	138
4.1.3 ANÁLISIS DE DESGATE DE LA PROBETA.....	145
4.1.4 ANÁLISIS GENERAL DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS	146
4.1.5 ANÁLISIS DE LAS MEJORES CONFIGURACIONES.....	147
4.2 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS	148
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	157
5.1 CONCLUSIONES	157
5.2 RECOMENDACIONES	157
BIBLIOGRAFIA.....	159

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Material compuesto de origen natural: Madera = Celulosa + Lignina ...	7
Figura 2: Material compuesta de origen natural: Hueso = Colágeno + Hidroxiapatita	8
Figura 3: Material compuesto y su configuración básica	8
Figura 4: a) Bajo cargas compresivas	9
Figura 5: b) Bajo cargas en tracción	10
Figura 6: Refuerzo particulado.....	11
Figura 7: Refuerzo vibrado	11
Figura 8: Refuerzo laminado.....	12
Figura 9: bagazo de caña como refuerzo en material compuesto.	15
Figura 10:Material compuesto de poliéster reforzado con fibra de abacá.	16
Figura 11: Resina de poliuretano monocomponente SAE-010.....	17
Figura 12: Caucho particulado como refuerzo para material compuesto	19
Figura 13: Caucho particulado como refuerzo para material compuesto	19
Figura 14: Comparativo de propiedades SBR obtenidos por ambos procesos	20
Figura 15: Fibra de abacá obtenida de la planta de abacá.....	23
Figura 16: Fibra de abacá obtenida de la planta de abacá	23
Figura 17: Mesa y silla material compuesto resina poliéster	24
Figura 18: Cuadro comparativo entre fibras vegetales y fibra de vidrio.....	24
Figura 19: Esquema de moldeo por estratificación manual.....	25
Figura 20: Esquema de moldeo por pre impregnados	26
Figura 21: Esquema de moldeo por aspersion	27
Figura 22: Método de compresión	28
Figura 23: Prensa de vulcanizado	29
Figura 24: Seteado de la temperatura.....	30
Figura 25: Agente desmoldante	30
Figura 26: Agente desmoldante	31
Figura 27: Disposición del material premezclado en el molde.....	31
Figura 28: Molde con el material compuesto listo para la compactación.....	31
Figura 29: Prensa de vulcanizado efectuando el moldeo del material compuesto	32

Figura 30: Etapa de enfriado del material compuesto.....	32
Figura 31: Pieza retirada del molde, corte de rebabas, resultado final	33
Figura 32: Esquema de moldeo por extrusión	33
Figura 33: Esquema de moldeo por inyección	34
Figura 34: Esquema de moldeo por RTM	36
Figura 35: Esquema de moldeo por pultrusión	37
Figura 36: Máquina de ensayos de tracción universal Metrotest 50KN	40
Figura 37: Máquina de ensayos de compresión universal Metrotest 50KN	41
Figura 38: Durómetro Shore A	42
Figura 39: Abrasímetro tipo ISO 4649.....	42
Figura 40: Proceso para generar la investigación	50
Figura 41: Poliuretano monocomponente	51
Figura 42: Gránulo de caucho pulverizado	52
Figura 43: Fibra de abacá.....	53
Figura 44: Muestra de gránulo de caucho	57
Figura 45: Probeta elaborada a partir de gránulo de caucho	57
Figura 46: Densímetro calibrado.....	58
Figura 47: Peso de la probeta	58
Figura 48: Densidad del caucho	59
Figura 49: Muestra de fibra de abacá.....	59
Figura 50: Muestra de fibra de abacá anudada.....	60
Figura 51: Densímetro calibrado.....	60
Figura 52: Pesaje de la fibra de abacá.....	61
Figura 53: Fibra de abacá sumergida en agua.....	61
Figura 54: Densidad fibra de abacá.....	62
Figura 55: Molde de compactación para material compuesto	63
Figura 56: Forma de la probeta tipo halterio.....	65
Figura 57: Molde del troquel	65
Figura 58: Molde probetas de tracción.....	65
Figura 59: Molde probetas de compresión.....	66
Figura 60: Molde probetas de compresión.....	66
Figura 61: Molde probetas de dureza.....	67
Figura 62: Molde probetas de dureza.....	67

Figura 63: Molde probetas de dureza.....	68
Figura 64: Proceso de selección de configuraciones a analizar	69
Figura 65: Molde para compactación de material.....	71
Figura 66: Configuración: 5% resina - 95% gránulo	72
Figura 67: Configuración: 10% resina - 90% gránulo	73
Figura 68: Configuración: 15% resina - 85% gránulo	74
Figura 69: Molde de compactación para material compuesto	80
Figura 70: Probetas extraídas de loseta.....	81
Figura 71: Probetas según normativa.....	82
Figura 72: Probetas extraídas de compresión.....	82
Figura 73: Probetas extraídas de loseta compresión	83
Figura 74: Probetas extraídas de loseta dureza	83
Figura 75: Probetas extraídas de loseta dureza	84
Figura 76: Distribución T-student.....	150
Figura 77: Distribución T-student tracción.....	152
Figura 78: Distribución T-student compresión	154

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Configuración del material compuesto	45
Tabla 2: Muestra Probetas totales a ensayar	46
Tabla 3: Variable Independiente	47
Tabla 4: Variable Dependiente.....	48
Tabla 5: Proveedores de materiales.....	53
Tabla 6: Laboratorio análisis metalográfico (ensayo a tracción y compresión) ...	55
Tabla 7: Laboratorio para determinar resistencia a abrasión (ensayo de desgaste)	56
Tabla 8: Densidad de materiales que conforman el composite.....	62
Tabla 9: Dimensiones del troquel	64
Tabla 10: Configuración del material compuesto	68
Tabla 11: Características de matriz y refuerzo.....	70
Tabla 12: Configuración de prueba: 5% resina - 95% gránulo	71
Tabla 13: Configuración de prueba: 10% resina - 90% gránulo.....	72
Tabla 14: Configuración de prueba: 15% resina - 85% gránulo.....	73
Tabla 15: configuraciones volumétricas	74
Tabla 16: Cálculo de volúmenes de molde	75
Tabla 17: Cálculo de volúmenes de molde	75
Tabla 18: Cálculo de volúmenes de molde	75
Tabla 19: Varias configuraciones volumétricas 1	76
Tabla 20: Cálculo de 90% caucho y 6 de espesor.....	76
Tabla 21: Cálculo volumétrico de dureza	77
Tabla 22: Cálculo de volúmenes de tracción espesor 2 mm	77
Tabla 23: Varias configuraciones volumétricas 25.....	78
Tabla 24: Cálculo de volúmenes de compresión.....	78
Tabla 25: Varias configuraciones volumétricas.....	78
Tabla 26: Cálculo de volúmenes de molde	79
Tabla 27: Espesor de las losetas.....	80
Tabla 28: Análisis de ensayo de desgaste	145
Tabla 29: % de desgaste de las probetas	146
Tabla 30: Análisis de esfuerzo máximo de tracción del compuesto	146
Tabla 31: Promedio de esfuerzo máximo del compuesto	147

Tabla 32: Promedios de caso 7 y 9 de ensayos tracción	150
Tabla 33: Promedios de caso 7 y 9 de ensayos compresión	153
Tabla 34: Promedios de caso 7 y 9 de ensayos de dureza.....	155

RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación tiene como objetivo la caracterización de un nuevo material a partir de caucho reciclado, fibra de abacá y resina, como material alternativo para aplicaciones industriales, se tomaron distintas configuraciones volumétricas del material compuesto para determinar la mejor combinación de propiedades mecánicas, se realiza ensayos a tracción, compresión, dureza y desgaste, las probetas se obtuvieron en normas de tracción NTE INEN 1165, compresión NTE INEN 889, dureza NTE INEN 887 y desgaste ISO 4649:2010.

Mediante el método de diseño de experimentos (DOE) se realizó 13 configuraciones volumétricas de resina con granulo de caucho y fibra de abacá en diferentes tamaños de fibra corta y larga, con los datos se procede a extraer las probetas que fueron enviadas para los diferentes ensayos de tracción compresión, dureza y desgaste, de esta manera se obtiene el mejor comportamiento mecánico de las configuraciones realizadas de la mezcla de resina poliuretano más caucho y fibra de abacá.

Con los resultados de los ensayos realizados se obtiene la mejor configuración volumétrica de fibra corta con el 10 por ciento de resina, abacá: 25 por ciento y 65 por ciento de caucho, en este compuesto la resistencia a la tracción fue de 2,08 Mpa, la resistencia a la compresión de 58,798 Mpa su dureza fue de 86 Shore A y el desgaste alcanzó el valor de 42,22 por lo que certifica que esta combinación es aceptada como material alternativo para aplicaciones industriales.

Palabras claves: Fibra, abacá, propiedades, resistencia, alternativa

ABSTRACT

The objective of this research is the characterization of a new material from recycled rubber, abaca fiber and resin, as an alternative material for industrial applications, different volumetric configurations of the composite material were taken to determine the best combination of mechanical properties, tensile, compression, hardness and wear tests were performed, the specimens were obtained in tensile standards NTE INEN 1165, compression NTE INEN 889, hardness NTE INEN 887 and wear ISO 4649:2010.

Using the design of experiments (DOE) method has been made 13 volumetric configurations of resin with rubber granules and abaca fiber in different sizes of short and long fiber were made, with the data we proceeded to extract the specimens that were sent for the different tensile, compression, hardness and wear tests, thus obtaining the best mechanical behavior of the configurations made of the mixture of polyurethane resin with rubber and abaca fiber.

With the results of the tests carried out, the best volumetric configuration of short fiber with 10 percent resin, abaca: 25 percent and 65 percent rubber was obtained. In this compound, the tensile strength was 2.08 Mpa, the compressive strength was 58.798 Mpa, its hardness was 86 Shore A and the wear reached a value of 42.22, which certifies that this combination is accepted as an alternative material for industrial applications.

Key words: fiber, abaca, properties, resistance, alternative

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1 TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

“CARACTERIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN MATERIAL COMPUESTO A PARTIR DE MATRIZ DE POLIURETANO MONOCOMPONENTE, REFORZADO CON GRÁNULO DE CAUCHO RECICLADO Y FIBRA DE ABACÁ COMO MATERIAL ALTERNATIVO, PARA APLICACIONES INDUSTRIALES”.

1.2 ANTECEDENTES

Para el desarrollo del presente proyecto de investigación se obtuvo investigaciones previas las cuales se desarrollaron en Ecuador y países extranjeros las mismas que trabajaron con materiales compuestos elastoméricos de matriz base látex

En el artículo técnico realizado en el 2003, “Biodegradable polyester composites reinforced with short abaca fiber” de la revista tecnológica Applied Polymer Science, Japon, por M. Shibata, H. Takeishi et al., Se evaluaron las propiedades mecánicas del composite tomando en cuenta la influencia de la longitud de la fibra de abacá, el contenido de fibra y el tratamiento superficial de la fibra natural y se las comparo con la fibra de vidrio [1].

Se observó que el composite con fibra de abacá presento mejores propiedades de tracción con respecto a la fibra de vidrio con una longitud de fibra de 5mm, y las propiedades de flexión con abacá mejoraron mediante el tratamiento superficial con anhídrido butírico y piridina debido al aumento de la adhesividad interfacial entre el poliéster matriz y la fibra esterificada [1].

En el año 2016, se publica el artículo técnico “Uso de fibras vegetales en materiales compuestos de matriz polimérica: una revisión con miras a su aplicación en el diseño de nuevos productos” de la revista Informador Técnico de Colombia, por S. Velásquez, G. Peláez, D. Giraldo donde se da a conocer el uso de fibras naturales de algodón, fique, yute y cáñamo en compuestos de matriz polimérica [2].

En dicho artículo se concluye que el uso de fibras naturales se debe a propiedades como baja densidad, alta resistencia, módulo y rigidez específicos, su naturaleza no abrasiva, razón por la cual están siendo empleadas en industrias tales como la automotriz, construcción, calzado y mobiliario [2].

P. Pontón y V. H. Guerrero en el artículo técnico realizado en el 2010, “Obtención de Materiales Compuestos de Matriz Poliéster reforzados con Fibra de Abacá mediante Estratificación manual” de la revista tecnológica ESPOL de Ecuador, estudiaron los materiales compuestos de matriz poliéster reforzados con fibras de abacá variando las fracciones volumétricas y longitudes de la fibra, con el fin de obtener información de las propiedades mecánicas del material resultante [3].

Los resultados concluyeron que el compuesto unidireccional reforzado con una fracción volumétrica de fibra de abacá de 0.30 tuvo mejores propiedades mecánicas. La resistencia y el módulo a tracción fueron 124% mayores que en la matriz. La resistencia y el módulo a flexión mejoraron en un 226% en comparación con el poliéster, confirmando como la fibra de abacá añade mejores en las propiedades mecánicas de los composites [3].

En el 2015, en la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador, en la Facultad de Ingeniería Mecánica, se realizó la investigación “Obtención de materiales compuesto de matriz polimérica formulado incorporando tejidos y no tejidos de fibras naturales”, por Mónica Paulina Herrera Álvarez, donde se obtuvieron compuestos de matriz poliéster reforzado con tejido de fibra de coco ligados con látex natural por método de inmersión y aspersion. Se determinaron las características de los compuestos y se evaluaron a tracción, flexión e impacto, en el caso de material compuesto reforzado con tejido. El desarrollo del caso del no

tejido de fibra de coco se valoró las propiedades a tracción y compresión dependiendo del espesor obtenido [4]

El material no tejido de fibra de coco ligado con látex natural comparado con el material geotextil de fibras de polipropileno BPM tiene valores similares, en cuanto a la masa por unidad de área y al espesor, el látex natural por inmersión I3, fue el que mayor valor obtuvo en cuanto a resistencia a la tracción [5].

En el año 2015, en la Universidad Politécnica de Valencia, escuela de Ingeniería de Edificación, se realizó la investigación de “Aplicación del caucho reciclado como solución constructiva ecológica”, por A.M. Gonzales, en la cual se estudian los potenciales usos del caucho reciclado como alternativa para dar solución al problema de contaminación ambiental, en aplicaciones industriales principalmente como tejas decorativas de viviendas [5].

Llegando a la conclusión de que el material estudiado presenta un conjunto de propiedades que lo hace una opción interesante para ser usado en diferentes aplicaciones industriales ya que es resistente a heladas, ligero, impermeable, resiste ataques químicos, resistencia al impacto, y su coste de mantenimiento es reducido debido al largo ciclo de vida útil que este tiene [5].

En el año 2009, en la Universidad Industrial de Santander Colombia, Escuela de Ingeniería Química, se ha llevado a cabo el proyecto de investigación “Obtención de un material compuesto a partir de gránulos de caucho reciclado y aceite de higuera modificado”, por J. P. Quintero y J. Suárez el cual trata sobre evaluar las características de un material compuesto el cual es sintetizado a partir de aceite de higuera puro y modificado por transesterificación con Penta eritritol y gránulos de caucho reciclado [6].

Se encontró que los elastómeros de poliuretano pueden ser utilizados como aglomerante de los gránulos de caucho y que algunas propiedades como la dureza, esfuerzo máximo y resistencia a la abrasión del material compuesto aumentaron a medida que se elevó la composición química del aglutinante [6].

En el año 2014, en la Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería Química, se investigó acerca de “Obtención de láminas impermeables a partir de caucho reciclado utilizando resina de mortero de uretano”, por D. Fuentes, en el cual se fabricaron láminas impermeables a partir de mezclas de caucho reciclado con mortero de uretano (isocianato MDI y polioliol) [7].

Se toma como conclusión que las mejores condiciones de fabricación de la lámina se dieron utilizando 56% de caucho, 40% de isocianato y 4% de polioliol con una velocidad de agitación de 10 rpm. Esta lámina debido a su calidad serviría para diferentes aplicaciones como pavimentos continuos para campos de fútbol, tiene aplicación como amortiguamiento de sonido y se lo puede incluir en la industria automotriz [7].

En el año 2017, en la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Mecánica, el proyecto de investigación “Análisis de las características mecánicas de un material compuesto a partir de matriz elastoméricos de látex reforzado con gránulo de caucho reciclado para elaboración de pisos” por Franco Palacios, éste tiene como fin analizar las propiedades mecánicas de un material compuesto a partir de elastoméricos de látex reforzado con gránulo de caucho reciclado. La investigación determinó que el material compuesto que presentó mejores características mecánicas para la elaboración de pisos, fue aquel 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) [8].

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.

Se estableció que a mayor porcentaje de matriz (látex) se obtuvo mayor resistencia a la tracción, se analizó que incrementando la cantidad de refuerzo (gránulo de caucho reciclado) en la matriz (látex) la dureza del material

compuesto aumenta, son directamente proporcionales, además que a menor tamaño del refuerzo (gránulo de caucho reciclado) el material gana propiedades mecánicas [8].

1.3 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad la industria en un nivel mundial se va inclinando a contribuir desde la investigación y la innovación en el desarrollo de nuevos materiales compuestos basándose en la necesidad de obtener materiales compuestos que presenten mejores propiedades mecánicas como la resistencia mecánica específica, incluso materiales que incluyan en su composición una gran resistencia y tenacidad; de ésta manera también se contrarresta el alto consumo de materiales provenientes de fuentes no renovables reduciendo el impacto ambiental y disminuyendo costos de procesos productivos.

Además de que los materiales compuestos tienen el potencial de reemplazar a materiales convencionales tales como el aluminio, acero, la madera, debido a que son livianos y tienen una alta resistencia específica.

El presente trabajo justifica su viabilidad ya que está dirigido al estudio del comportamiento mecánico de un material compuesto cuya materia prima será el grano de caucho como material de refuerzo y la fibra de abacá como material de refuerzo alternativo.

Emplear este tipo de material aportara en beneficio de la reducción de materiales contaminantes como el caucho, el estudio de caracterización mecánica del material cuenta con una gran variedad de fibras con diferentes características mecánicas, físico químicas que servirán para ser usadas en el diseño de aplicaciones industriales.

Por esta razón el presente proyecto es factible para la elaboración y caracterización del material compuesto a partir de matriz de poliuretano mono componente, reforzado con gránulo de caucho reciclado y fibra de abacá.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Caracterizar el comportamiento mecánico de un material compuesto a partir de matriz de poliuretano monocomponente con gránulo de caucho reciclado y fibra de abacá como refuerzos.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las características mecánicas mediante ensayos de dureza, compresión, tracción y desgaste del material compuesto, utilizando normativa INEN e ISO.
- Analizar el comportamiento del material compuesto mediante ensayos a diferentes composiciones porcentuales de resina de poliuretano monocomponente con refuerzo de caucho granulado y fibra de abacá como material alternativo.
- Establecer el material compuesto que presente mejores características mecánicas para aplicaciones industriales.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN

2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1.1 MATERIALES COMPUESTOS

Para Stupenengo [9], los materiales compuestos son combinaciones macroscópicas de dos o más materiales diferentes los cuales tienen una interfase que funge como separación. Como consecuencia de esto son heterogéneos (sus propiedades no son las mismas en todo su volumen). Aunque algunos materiales compuestos son naturales (como la madera o el hueso ver Figura 1), la gran mayoría de los materiales compuestos utilizados en la actualidad son diseñados y “fabricados” por el hombre [9].



Figura 1: Material compuesto de origen natural: Madera = Celulosa + Lignina [10]

Los materiales compuestos surgen de la necesidad de obtener materiales que combinen materiales con propiedades que difícilmente se encuentren en los cerámicos, los plásticos o los metales. Se puede citar como ejemplo la industria del transporte, en donde son necesarios materiales ligeros, rígidos, resistentes al impacto y que resistan bien la corrosión, por lo cual se crea un determinado material según la aplicación para la que se necesite como se indica en la siguiente Figura 2, [9].



Figura 2: Material compuesta de origen natural: Hueso = Colágeno + Hidroxiapatita [10]

En un material se lo considera compuesto cuando se combinan dos o más materiales los cuales se diferencian en composición, forma, o función, todo esto con el objetivo final de obtener uno con propiedades exclusivas. Por ende, el material compuesto resultante de esta combinación presenta características excepcionales en una o más propiedades las cuales son aportadas por las fases que lo constituyen de forma óptima se caracteriza el compuesto esto se muestra en la Figura 3 [10].

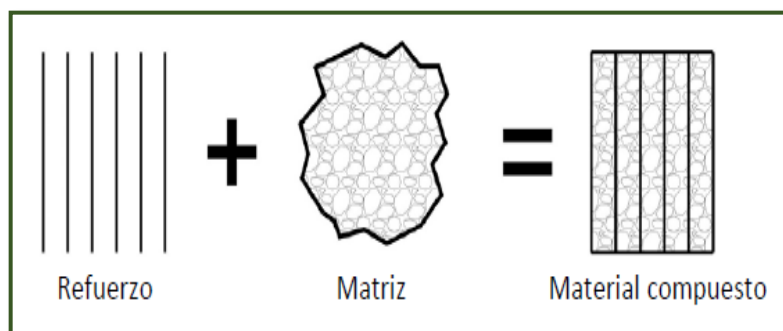


Figura 3: Material compuesto y su configuración básica [10]

V. H. Guerrero [10] considera que para que un material sea considerado compuesto debe cumplir con las siguientes características: Debe constar de 2 o más materiales químicamente distintos y separables mecánicamente; debe ser fabricado al mezclar los materiales constituyentes, de tal forma que la dispersión de un material en el otro se realice de manera controlada para alcanzar unas propiedades óptimas [10].

Las propiedades del compuesto deben ser superiores a las de los componentes individuales, y posiblemente únicas en algún aspecto específico.

2.1.2 FASES QUE COMPONEN UN MATERIAL COMPUESTO

Un material compuesto consta de dos fases, una fase continua o matriz y otra fase discontinua o refuerzo, estas son las que dan las características y propiedades finales que poseerá el nuevo material para las aplicaciones requeridas; y la interfase (región de contacto) que juega un papel importante en cuanto tiene que ver a la transferencia de carga de matriz a refuerzo [11].

2.1.3 FASE CONTÍNUA O MATRIZ

La fase continua o matriz se encarga de contener e integrar los elementos de refuerzo para poder dotar de consistencia y continuidad al material; en un material compuesto la fase continua es aquella en la cual el refuerzo permanece embebido, es decir esta matriz envuelve el refuerzo por completo y se encarga de protegerlo y darle cohesión. La fase continua transmite las cargas aplicadas a la matriz sobre el refuerzo, define las propiedades químicas y físicas del material. De las propiedades de la matriz dependerá la capacidad que adquiera el material compuesto para ser conformado con geometrías complejas en procesos por lo general no involucrarán etapas de acabados superficial posteriores. La matriz juega diferentes roles cuando se somete al material compuesto a diferentes tipos de cargas mecánicas [11].

a) Cuando se somete al material compuesto a cargas compresivas, la matriz soporta el esfuerzo debido a que es la fase continua eso se evidencia en la Figura 4.

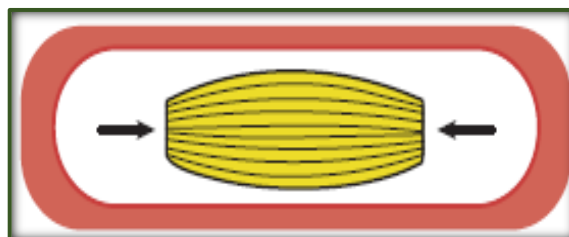


Figura 4: a) Bajo cargas compresivas [9]

b) La Figura 5, indica cuando se somete al material compuesto a cargas en tracción, la carga que se aplicó al material es transmitida a las fibras o partículas de refuerzo por la matriz para que éstas soporten el esfuerzo transferido.

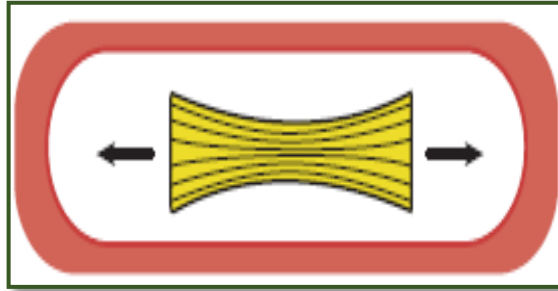


Figura 5: b) Bajo cargas en tracción [9]

Una de las importantes funciones de la matriz es evitar que las grietas en las fibras se propaguen en toda la geometría del material compuesto, además que se encarga del control de las propiedades eléctricas y el comportamiento químico de dicho material y su uso a temperaturas altas [9].

2.1.4 FASE DISCONTÍNUA O REFUERZO

Esta fase se añade a la matriz para transferir propiedades al material compuesto que no las posee, de esta manera la fase discontinua tiene la función de intensificar propiedades mecánicas como la rigidez, resistencia y su reacción a temperaturas elevadas tanto como su resistencia a la abrasión [9].

La principal función del refuerzo en un material compuesto es la de mejorar las características de la matriz. La fase discontinua soporta la carga y también aporta propiedades al material compuesto como, por ejemplo, la Figura 6 muestra el material particulado, su estabilidad térmica, conductividad eléctrica o aislamiento, propiedades estructurales [10].

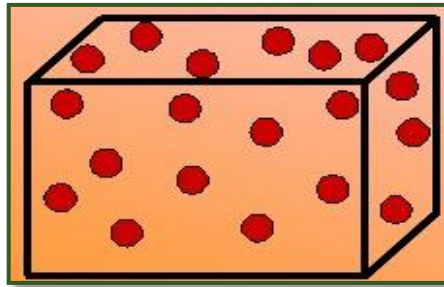


Figura 6: Refuerzo particulado [12]

Una de las principales cualidades del refuerzo en los compuestos es la de brindar al material resistencia, rigidez y disminución de su peso esto se indica en la Figura 7. Cuando se deba utilizar el material compuesto a temperaturas elevadas, el refuerzo que lo integra deberá también tener una temperatura de fusión alta ya que la resistencia específica y el módulo específico del material compuesto juegan un papel importante en las características finales que éste presentará según sea el destino de su uso [12].

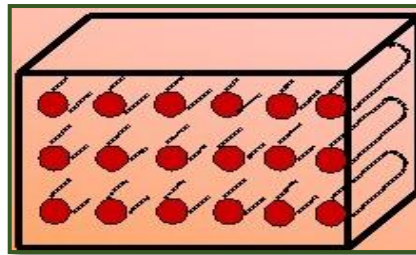


Figura 7: Refuerzo vibrado [12]

La gran mayoría de materiales compuestos tienen una alta resistencia mecánica y al mismo tiempo poseen baja densidad, esto permite a que con ellos se realice estructuras y dispositivos resistentes y a la vez livianos. A esta relación entre resistencia mecánica y densidad se la conoce como resistencia específica [9].

El material de refuerzo de la fase discontinua puede presentarse en forma de partículas o de fibras. La elección de los dos depende del requerimiento según el fin que se le vaya a dar al material; si se habla de partículas es más efectivo cuanto menor tamaño tienen y más homogéneamente distribuidas están en la matriz, si se habla de fibras es más efectivo cuando se incrementa la relación longitud/diámetro de la fibra como se muestra diferentes materiales a elegir [13].



Figura 8: Refuerzo laminado [12]

2.1.5 INTERFASE

La interfaz es la zona de contacto existente entre la matriz y el refuerzo en donde se lleva a cabo la unión entre las fases del material compuesto. Cuando la matriz es capaz de transferir al refuerzo la carga que es aplicada al material compuesto se considera que la zona de contacto o interfaz presenta buenas características de adherencia entre estas dos fases, caso contrario el refuerzo tenderá a despegarse de la matriz y es ésta será la que termine soportando las cargas produciendo fallas en el material. [14]

2.1.6 CLASIFICACIÓN DE UN MATERIAL COMPUESTO

A un material compuesto se lo puede clasificar de dos maneras: por la naturaleza de su matriz y por la forma que tiene su refuerzo [14].

2.1.6.1 CLASIFICACIÓN POR LA NATURALEZA DE SU MATRIZ

➤ Material Compuesto de Matriz Polimérica

Como se indica en [15] este tipo de compuestos son aquellos que usan como fase continua una matriz de origen polimérico y se caracterizan principalmente porque presentan una baja densidad a la vez que trabajan muy bien a temperaturas ambiente, tiene bajo costo y es un material fácil para conformar porque los polímeros son muy adaptables, su ventaja es que en compuestos con esta matriz se puede utilizar como refuerzo fibras sintéticas tanto como fibras naturales [15].

Este tipo de matrices que tienen un origen polimérico están clasificadas de la siguiente manera:

➤ Matrices Termoplásticas

Las matrices termoplásticas son una variedad de matriz polimérica que se caracterizan por su capacidad para cambiar de forma debido a la acción del calor (después de haber sido polimerizados) es decir se pueden endurecer y ablandar, este proceso de cambio de forma es reversible lo cual también facilita a que éste se lo pueda repetir adquiriendo una importante facultad para su reciclaje, como ejemplos de polímeros termoplásticos se puede citar al nylon, polietileno, policarbonato, poliestireno [16].

➤ **Matrices Termoestables**

Tienen múltiples enlaces entrecruzados en una estructura de red tridimensional. Son polimerizadas por una reacción química que generalmente no es reversible. No son fáciles de reprocessar después que las reacciones de entrecruzamiento han tenido lugar, lo que hace difícil su reciclaje. Los termoestables no funden al calentarse, sino que empiezan a degradarse. Algunos ejemplos son: resina poliéster, epoxy y fenólicos [16].

➤ **Matrices Elastómeras**

Tienen una zona elástica grande y pueden estirarse hasta cinco o seis veces su longitud original. Sin embargo, sus módulos de elasticidad son bajos. Tienen menos enlaces de reticulación entre cadenas que los termoestables. El caucho natural pertenece a este tipo de matrices [16].

2.1.6.2 MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ METÁLICA

Los materiales compuestos de matriz metálica ofrecen alta resistencia mecánica, elevada rigidez y pueden trabajar en un amplio rango de condiciones de operación. Por esta razón son una opción atractiva para varias aplicaciones de ingeniería. Por lo general los materiales de refuerzo son carburo de silicio, óxido de aluminio, carburo de boro, grafito, etc. generalmente se usan cuando se va a trabajar con aplicaciones que requieren dureza, rigidez, resistencia a altas temperaturas, alta resistencia mecánica y módulo específico alto [16].

El uso de este tipo de compuestos es muy común en las industrias aeroespacial y automotriz, ya que este tipo de matrices permiten que el material compuesto trabaje a altas temperaturas [16].

2.1.6.3 MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ CERÁMICA

Las matrices cerámicas tienen buenas propiedades a temperaturas elevadas y son menos densas en comparación con los compuestos de matriz metálica. Con este tipo de matrices es muy común que también se usen fibras cerámicas como refuerzo. De esta manera se ha logrado obtener mejor resistencia y tenacidad a la fractura en comparación con los materiales cerámicos convencionales, los mismos que se caracterizan por ser muy frágiles [16].

Además de exhibir alta resistencia a la oxidación, los cerámicos también presentan alta resistencia al deterioro por temperaturas elevadas, por lo que se usan en componentes de automóviles y motores de turbinas a gas de aeronaves. Los compuestos de matriz cerámica reforzados con fibra cerámica han obtenido una mejor resistencia y tenacidad a la fractura en comparación con productos cerámicos convencionales. Los refuerzos de fibra mejoran de varias maneras la tenacidad de la matriz cerámica [16].

2.1.6.4 CLASIFICACIÓN POR LA FORMA DE SU REFUERZO

Material Compuesto Reforzado con Partículas

En los materiales compuestos reforzados con partículas la matriz transfiere parte del esfuerzo aplicado a las partículas, las cuales soportan una fracción de la carga. El grado de refuerzo o mejoramiento del comportamiento mecánico depende de la adhesión matriz-partículas. Sin embargo, es necesario indicar que las partículas no constituyen un refuerzo eficiente desde el punto de vista de las propiedades mecánicas. Este tipo de refuerzo es muy usado para mejorar otras propiedades o para incorporar características multifuncionales en un material [10]

Los compuestos reforzados con partículas grandes son utilizados con matrices metálicas, poliméricas y cerámicas. Un ejemplo de este tipo de compuestos es el

concreto, el cual está formado de cemento (matriz) y de arena y grava (partículas). Por otro lado, las maderas plásticas o Wood Polymer Composites, WPCs, son un ejemplo de material compuesto de matriz polimérica reforzada con partículas (polvo) de madera. Este tipo de materiales tiene gran aplicación arquitectónica y estructural, debido a sus propiedades, de entre las cuales destacan su adecuada resistencia mecánica, menor densidad y mayor durabilidad que la madera común [10].

En el caso de materiales compuestos reforzados con partículas consolidadas por dispersión, es importante notar que éstas usualmente tienen diámetros entre 10 y 100nm. Mientras la matriz soporta la mayor parte de la carga aplicada, las partículas dispersadas dificultan o impiden el movimiento de dislocaciones; en este caso, las interacciones partícula-matriz ocurren a nivel atómico o molecular en la Figura 9 se presenta un compuesto de bagazo de caña y como están las partículas distribuidas [10].

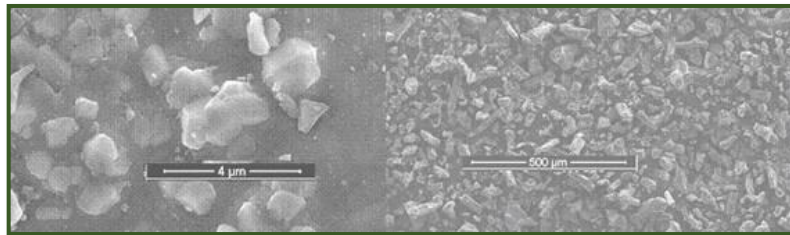


Figura 9: bagazo de caña como refuerzo en material compuesto. [17]

2.1.6.5 Material Compuesto Reforzado con Fibras

La utilización de fibras como refuerzo permiten conseguir una mejor resistencia a la fatiga, mejor rigidez y una mejor relación resistencia – peso. Para esto la selección apropiada del tipo, la cantidad y la orientación de la fibra es muy importante a la hora de fabricar un material compuesto ya que esto tiene directa relación con material de la matriz transmite la fuerza a las fibras, las cuales soportan la mayor parte de la fuerza aplicada [13].

La presentación o configuración de las fibras (fibras cortas, largas, tejidos y otros) son las responsables de conferir propiedades mecánicas importantes al material (elevada resistencia a la tracción específica y elevado módulo específico). A

demás características como: ligereza, resistencia térmica, compatibilidad con las resinas, dureza, rigidez y adaptabilidad al proceso de fabricación la Figura 10 representa un material compuesto de poliéster reforzado con fibra de abacá donde se observa los diferentes tamaños de las fibras (cortas, largas y sus tejidos) [13].

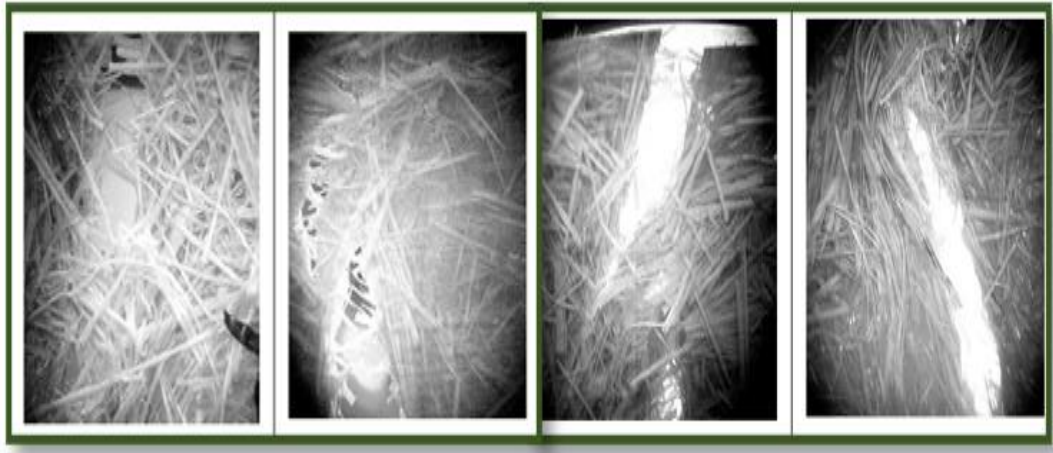


Figura 10:Material compuesto de poliéster reforzado con fibra de abacá. [3]

2.1.6.6 MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ ELASTÓMERA

Los materiales compuestos de matriz elastoméricos son aquellos que, aunque son reforzados no han perdido las propiedades de elasticidad y flexibilidad de un elastómero, estos pueden ser reforzados con fibras vegetales o sintéticas y el elastómero puede ser de origen vegetal o de origen sintético. [18]

Estos polímeros son generalmente tenaces, parecidos al caucho, y pueden disolverse en gran variedad de disolventes para dar lugar a una mezcla adhesiva y son polímeros que se basan normalmente en poliésteres o poliésteres. Se pueden preparar polímeros con varios grados de cristalinidad que afectan a sus propiedades adhesivas, tales como la pegajosidad, desarrollo de la fortaleza de unión y resistencia térmica, pueden también ser usados como adhesivos termofusibles. [19]

2.1.6.7 RESINA DE POLIURETANO MONOCOMPONENTE

La resina de poliuretano monocomponente es el material de la matriz del compuesto que se va a utilizar en la presente investigación, es un adhesivo basado en elastómeros de poliuretanos hay una gran variedad de adhesivos de poliuretano

que incorporan un sistema monocomponente, el cual reacciona con la humedad ambiente tanto en la atmósfera como en la superficie del sustrato para formar un film reticulado. Los productos correctamente formulados tienen a menudo contenidos bajos de grupos isocianatos libres y por tanto son relativamente poco peligrosos a temperatura ambiente [19].

Este adhesivo se presenta en base a solventes de un componente; provee uniones firmes y sin soldaduras visibles en las aplicaciones de suelo seguro con combinaciones de productos de caucho reciclado SBR-EPDM [20].

Las ventajas que presenta son la resistencia al agua, el secado rápido de los solventes y su curado rápido en climas cálido-húmedos proporcionando flexibilidad a la estructura adherida presentando así una excelente durabilidad frente a condiciones atmosféricas [20].

La resina de poliuretano monocomponente que se va a utilizar es proporcionado por

la Empresa ECSADE S.A. (Soluciones Ambientales del Ecuador) con referencia SAE-010 ver Figura 11, código del producto: SAE-14 “Adhesivo de Alta Precisión” [20].



Figura 11: Resina de poliuretano monocomponente SAE-010 [20]

2.1.6.8 CAUCHO COMO REFUERZO PARTICULADO

Los cauchos son mucho más fáciles de unir que otros materiales poliméricos cuando está transcurriendo el proceso de vulcanización, es decir cuando están

reticulado las cadenas poliméricas. Es relativamente fácil encontrar sistemas adhesivos mono o bi- componentes para desarrollar uniones caucho – caucho y caucho – metal. [19]

En muchas ocasiones, sin embargo, es necesario unir cauchos después de ser vulcanizados. Este método de unión del caucho posvulcanizado presenta como principal desventaja una adhesión mucho más complicada; sin embargo, a menudo no es posible económica o técnicamente la unión de estos componentes antes de su vulcanización. Existen muchos sistemas adhesivos mono y bi- componentes adecuados para caucho posvulcanizado. [19]

Las ventajas de la unión de cauchos posvulcanizado con adhesivos se pueden resumir en los siguientes puntos:

- 1) Se pueden unir una amplia gama de elastómeros vulcanizados
- 2) Se usan tratamientos superficiales comunes a otros elastómeros
- 3) Las uniones adhesivas poseen una buena resistencia a los factores ambientales
- 4) Las uniones son comparables a las realizadas antes de la vulcanización del caucho.
- 5) El mismo proceso es aplicable a uniones caucho – caucho y a caucho – metal.
- 6) Se pueden unir piezas de muy diversos tamaños y formas, lo que no es tan factible en el caso de la unión antes del proceso de vulcanización.

Trabajos más recientes muestran que la fortaleza de unión de un elastómero a un adhesivo dado depende en gran medida de su polaridad. Los elastómeros menos polares como el EPDM o el caucho butílico son más difíciles de unir que aquellos más polares, como el caucho nitrílico, neopreno, SBR y caucho natural en la Figura 12 se evidencia el caucho como refuerzo [19].



Figura 12: Caucho particulado como refuerzo para material compuesto [20]

2.1.7 CAUCHO ESTIRENO BUTADIENO (SBR)

Este elastómero es uno de los cauchos sintéticos más ampliamente usados ya que por su alta polaridad son más fáciles de unir. Se trata de un copolímero de Estireno y Butadieno en la Figura 13 se observa el caucho en forma de partícula que servirá como refuerzo [20].



Figura 13: Caucho particulado como refuerzo para material compuesto [20]

2.1.7.1 MÉTODOS DE PRODUCCIÓN DEL CAUCHO SBR

Las proporciones respectivas de butadieno y estireno son de aproximadamente 75% y 25% en peso para un caucho SBR Sintético. Este tipo de goma es fabricado mediante dos tipos de procesos industriales [21]

- Procesos en el cual la polimerización lleva a cabo por medio de radicales libres en emulsión en agua a baja temperatura (polimerización en emulsión en frío).
- Procesos de polimerización en solución aniónica.

En la Figura 14, se compara las propiedades de SBR obtenido mediante los dos procesos de emulsión en frío y mediante solución aniónica [19]

Propiedades	Emulsión en Frío	Solución
Resistencia a la tensión (Kg/cm ²)	211	227
Elongación a la rotura (%)	380	470
Módulo (300%) (Kg/cm ²)	155	137
Resistencia al desgarro (lb/in a 20°C)	320	310

Figura 14: comparativo de propiedades SBR obtenidos por ambos procesos [19]

➤ Proceso de Emulsión en frío

Esta es la técnica más usada, y representa el 90% de la capacidad de producción mundial. Todos los procesos son continuos y generalmente están altamente automatizados. Tienen la capacidad de producir muchos tipos de SBR [21].

Los licenciatarios del proceso son Firestone Tire and Rubber Company (Compañía Firestone de Neumáticos y Goma, USA), Goodrich (USA), Polymer Corporation (Canadá), e International Synthetic Rubber (Goma Sintética Internacional, Reino Unido) [21].

Cada instalación posee cuatro secciones:

1. Preparación de reactivos
2. Polimerización.
3. Recuperación de monómeros.
4. Coagulación y secado de goma.

➤ Procesos de polimerización en solución

Estos procesos representan el 10% de la capacidad mundial, y se usan en algunos países además del proceso de emulsión. El método de solución ofrece la ventaja de una gran flexibilidad dado que permite la producción de SBR o polibutadieno mediante el uso de iniciadores con base de litio [21].

Sin embargo, las gradaciones de SBR de los procesos en solución son más difíciles de procesar que los polímeros de procesos en emulsión, dificultando su uso en neumáticos. [21]

Los licenciarios del proceso son Firestone Tire and Rubber Company (USA), Phillips Petroleum Company (USA) y Shell (Países Bajos) [21].

2.1.7.2 PROPIEDADES DEL CAUCHO SBR

➤ Propiedades de Ruptura

Los cauchos SBR no tienen buenas propiedades mecánicas por sí solos y requieren altos volúmenes de carga reforzante en los compuestos. El tamaño de partícula del negro de humo empleado juega un papel importante en la carga de rotura de los compuestos de caucho SBR. Los compuestos que contienen negros de tamaño de partícula pequeño, dan los valores más altos en carga óptima; con un exceso de negro de humo, más allá de un cierto nivel, la carga de rotura comienza a decrecer. [21]

➤ Propiedades Dinámicas

Las propiedades dinámicas del caucho SBR limitan su uso para aplicaciones donde la generación de calor debido a sollicitaciones cíclicas es importante: debido a su gran fase plástica, los vulcanizados de SBR tienen alta histéresis [21].

Esta desventaja del SBR es crítica, cuando se trata de artículos de goma de gran espesor, sometidos a esfuerzos repetitivos debido a la mala conductividad térmica de la goma y a su consecuente ineficiencia en la disipación de calor; temperatura de servicio: $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $90\text{ }^{\circ}\text{C}$. [21].

➤ Abrasión

El caucho SBR tiene buena resistencia al desgaste, especialmente a aquel que responda más a mecanismos de fatiga por rozamiento. En este sentido se comporta mejor que el Caucho Natural y de ahí su adopción casi universal en las bandas de rodamiento para neumáticos de automóviles [21].

Su resistencia a la abrasión se incrementa de acuerdo al tipo y cantidad de negro de humo empleado. [21]

➤ Propiedades Eléctricas y Químicas

Proporciona un buen aislamiento contra corrientes eléctricas y es altamente resistente a la degradación causada por casi todo aceite, la excepción es aceite mineral ya que el SBR tiene escasa resistencia, alta resistencia al agua, es resistente a la oxidación y el proceso de enlace con otras moléculas de oxígeno. Esto produce óxido en objetos de metal, pero el SBR no es propenso a este tipo de corrosión. [22]

2.1.7.3 FIBRA DE ABACÁ

También conocido como cáñamo de Manila, el abacá es una planta de estructura herbácea perteneciente a la familia de las musáceas. Es nativa de las Filipinas y su producción se acopla muy bien a los trópicos húmedos [22].

Sus fibras provienen de la vaina de las hojas que componen al pseudotallo de la planta y están compuestas por células largas y delgadas que brindan a las hojas soporte estructural. [10]

La fibra de abacá es de color habano claro, fina y brillante esto se visualiza en la Figura 15. Posee gran valor económico para la industria textil gracias a sus propiedades de resistencia mecánica, flotabilidad, resistencia al daño por agua salada y gran longitud, pues puede llegar a ser mayor a 3 metros; se clasifica según su calidad en 5 categorías que van en aumento según su grado de calidad. Las de grado 1 corresponden a la mejor calidad y propiedades y se presentan como fibras finas, brillantes de color habano claro. [10]



Figura 15: Fibra de abacá obtenida de la planta de abacá [10]

La Figura 16, presenta las aplicaciones del abacá empleada para hacer sogas, bramantes, cordeles, líneas de pesca y redes, así como tela basta para sacos. Su pulpa es ampliamente utilizada para hacer papel para estenciles, filtros de cigarrillos, bolsas de té, pieles de salchichas, y papel moneda (los billetes de los yenes japoneses contienen hasta un 30% de abacá). [10]



Figura 16: fibra de abacá obtenida de la planta de abacá [10]

El líder mundial en producción de abacá es Filipinas, en donde la planta se cultiva en aproximadamente 130.000 hectáreas. A continuación de Filipinas está Ecuador, donde el abacá ha sido sembrado en muchas fincas y la producción está cada vez más mecanizada. En el 2007, Filipinas produjo cerca de 60.000 toneladas de fibra de abacá, mientras que Ecuador produjo 10.000 [10]

2.1.7.4 FIBRA DE ABACÁ COMO REFUERZO ALTERNATIVO

Una de las fibras naturales que muestra un futuro promisorio es la fibra de abacá, denominada también «cáñamo de Manila» o «Manila Hemp». De acuerdo a estudios realizados por la FAO, “el abacá promete sustituir a la fibra de vidrio, economizando energía”. El abacá es originario de Filipinas, donde ha sido cultivado desde el siglo XVI. Fue introducido en América Central y Sudamérica, de manera principal en Ecuador. Sin embargo, Filipinas aún es el mayor productor mundial de abacá, con aproximadamente el 80% de la producción, mientras que Ecuador ocupa el segundo puesto, con el 17%. En el año 2007 se obtuvieron en Filipinas 60000 toneladas de fibra de abacá, mientras que en Ecuador 10000 toneladas siendo utilizada como refuerzo en sillas y mesas como indica la Figura 7. [10]

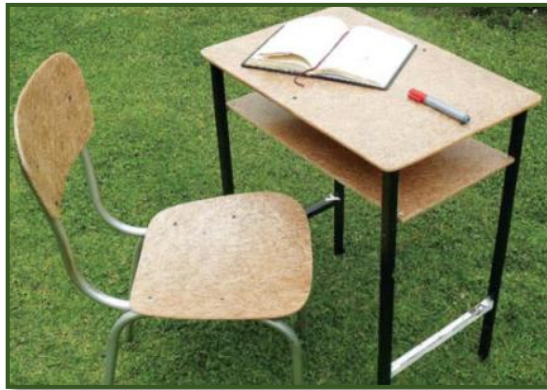


Figura 17: Mesa y silla material compuesto resina poliéster y refuerzo de abacá [10]

La zona ecuatoriana de cultivo de abacá está ubicada dentro de un polígono, cuyos vértices más notables son: Quinindé, Santo Domingo de los Tsáchilas, Quevedo y La Maná. El uso de la fibra de abacá como material de refuerzo en el campo de los materiales compuestos ha despertado un gran interés especialmente en el sector automotriz debido a sus cualidades y propiedades la Figura 18, muestra un comparativo de la fibra vegetal con la fibra de vidrio [3].

Cualidades	Fibras naturales "FN"	Fibra de vidrio
Densidad	Baja	Doble que las FN
Costo	Bajo	Bajo, mayor a las FN
Renovable	Si	No
Reciclable	Si	No
Consumo de energía	Bajo	Alto
Abrasión a máquinas	No	Si
Riesgo a la inhalación	No	Si
Eliminación	Biodegradable	No biodegradable

Figura 18: Cuadro comparativo entre fibras vegetales y fibra de vidrio [10]

2.1.7.5 PROCESOS DE FABRICACIÓN

Esta selección depende de ciertos parámetros, tales como: el tipo de matriz, el tipo y geometría del refuerzo, aplicaciones del producto terminado, entre otros. También es necesario conocer las condiciones del proceso, así como las ventajas y limitaciones de cada técnica de procesamiento. [10]

2.1.7.6 ESTRATIFICACIÓN MANUAL

Es la técnica más simple y antigua para la obtención de materiales compuestos de matriz termoestable. Las resinas termoestables permiten un fácil procesamiento y una buena impregnación de refuerzos en forma de fibra, dado que se encuentran

en estado líquido a temperatura ambiente. Las matrices más comunes son: poliésteres, resinas epóxicas y fenólicas; las ventajas de la estratificación manual son la simple operación, que permite fabricar piezas de diversos tamaños, con alto contenido de refuerzo, y la baja inversión, debido a que no requiere aplicación de calor y los reactivos son baratos. Un esquema de estratificación manual se presenta en la Figura 19, donde indica los componentes del molde para obtener el material [23].

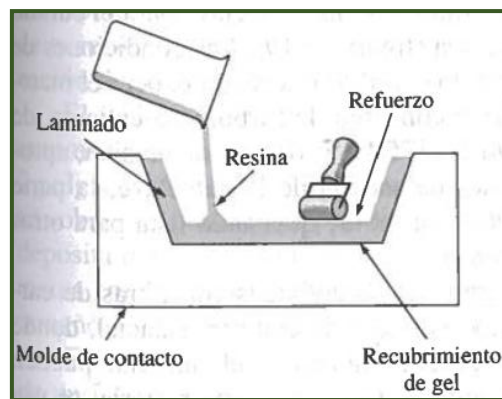


Figura 19:Esquema de moldeo por estratificación manual [21]

Algunas limitaciones de este método son la alta intensidad de la mano de obra, la dificultad de controlar el espesor de la pieza y el buen acabado en sólo una de sus caras. Dado que es una técnica manual, no es posible utilizarla para producciones a gran escala y los resultados dependen directamente de la pericia del operador. Otro inconveniente es la toxicidad de las emisiones de solventes al ambiente, especialmente estireno cuando se trabaja con resina poliéster. [23]

Puesto que el proceso de estratificación manual es sencillo, es posible fabricar piezas grandes como piscinas, cascos de embarcaciones, yates, paredes laterales de buses y componentes aeroespaciales como fuselaje de los aviones. También se elaboran piezas para fines estructurales. [23]

2.1.7.7 ESTRATIFICACIÓN DE PREIMPREGNADOS

La Figura 20 presenta el ejemplo de preimpregnado es una mezcla de fibras de refuerzo dispuestas unidireccionalmente o en forma de tejido, las mismas que son impregnadas con un polímero que puede ser termoplástico o termoestable, este es

un producto intermedio que se presenta en forma de láminas que son almacenadas para su uso posterior en procesos de moldeo de materiales compuestos como: estratificación manual, moldeo por compresión, entre otros. [23]

La técnica para la obtención de pre impregnados permite tener un control preciso de la fracción volumétrica y la dispersión homogénea del polímero en la fibra. [23]

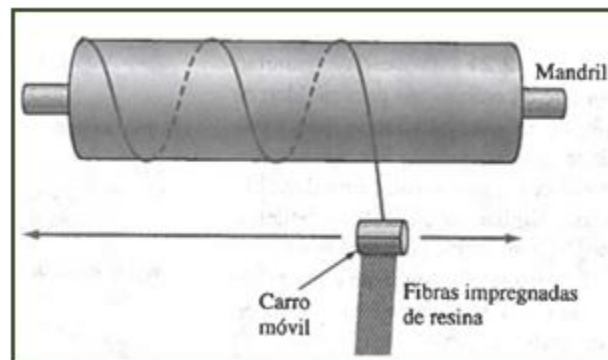


Figura 20: Esquema de moldeo por pre impregnados [21]

Algunas ventajas de estos materiales son: buena resistencia mecánica y química. En el caso de pre impregnados termoplásticos, estos son reciclables y flexibles; sin embargo, las altas temperaturas y presiones que requiere su procesamiento limitan sus aplicaciones a la industria aeronáutica y aeroespacial, donde el costo no es un factor tan determinante como en la industria automotriz. [23]

2.1.7.8 MOLDEO POR ASPERSIÓN

En este proceso se emplea una pistola de aspersión que deposita fibra corta y resina simultáneamente sobre la superficie del molde. No requiere aplicación de calor ni presión. El material polimérico más utilizado en esta técnica es la resina poliéster [23].

La aplicación del material es más rápida que en la estratificación manual y la fibra de vidrio que se utiliza (hilo continuo) es más barato que la utilizada en otros métodos de procesamiento; entre las limitaciones de esta técnica se tiene que es difícil controlar la fracción volumétrica del refuerzo y el espesor de la pieza, ya que dependen de la destreza del operador. Por otra parte, no se puede utilizar este

proceso de fabricación para piezas con requerimientos estructurales altos y se obtiene únicamente un producto con buen acabado superficial. [23]

El esquema de moldeo por aspersión se representa en la Figura 21, y se utiliza para la fabricación de piezas en las cuales la resistencia del material no es crucial. Como ejemplos de productos elaborados con esta técnica se pueden mencionar a tinas de baño, piscinas, toboganes, cascos de barcos, tanques de almacenamiento, ductos y equipos de tratamiento de aire, partes de muebles, recubrimientos, piezas para lugares de recreación, entre otros. [23]

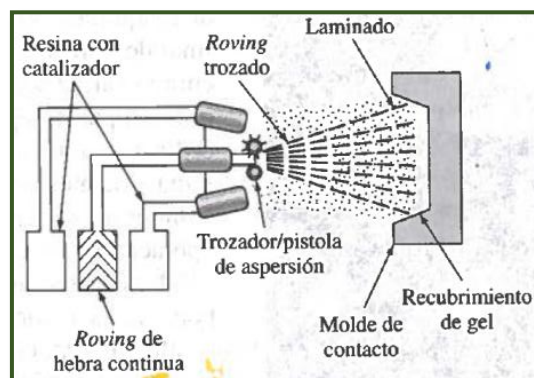


Figura 21: Esquema de moldeo por aspersión [21]

2.1.7.9 MOLDEO POR COMPRESIÓN

Los moldes empleados en esta técnica son del tipo macho - hembra, que tienen un diseño simple de tal forma que la presión requerida en el proceso de moldeo se puede aplicar fácilmente. Esta técnica de moldeo es utilizada tanto para materiales termoplásticos como para termoestables y consiste en intercalar láminas de matriz y refuerzo en forma de pre impregnados en un molde que es posteriormente prensado. [10]

Existen tres fases que hay que tomar en cuenta en el moldeo por compresión: precalentamiento, moldeo y enfriamiento. Durante estas fases los parámetros que se controlan son la temperatura, la presión y el tiempo. [10]

Los moldes están hechos de acero inoxidable o aluminio. Su diseño es simple, lo que facilita la aplicación de calor y el prensado para la buena consolidación. Este método se utiliza para la producción a gran escala de componentes con superficies

lisas. Ese es el caso de la industria automotriz, en la que se están produciendo piezas de polipropileno reforzado con fibra natural. Además, esta técnica permite la fabricación de compuestos híbridos tipo sandwich, lo que da como resultado piezas de bajo peso y de gran resistencia a la flexión, el esquema se presenta en la Figura 22. [10]

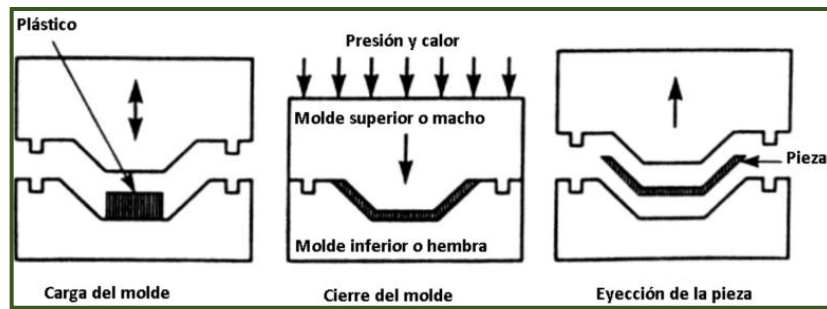


Figura 22: Método de compresión [10]

Otra ventaja del moldeo por compresión es que constituye una herramienta útil para la investigación y desarrollo de materiales compuestos, puesto que se puede trabajar también a pequeña escala. La principal limitación de este procedimiento es que únicamente se pueden elaborar piezas simples como placas planas de espesor constante y no es posible producir estructuras de espesores muy grandes ni diseños complejos. Además, las piezas obtenidas suelen necesitar de operaciones secundarias como el desbaste. [10]

2.1.8 MOLDEO POR COMPRESIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO

En el presente trabajo investigativo, se llevará a cabo la compactación del material compuesto utilizando el método de “moldeo por compresión y se utilizara la máquina mostrada en la Figura 23” con la que cuenta la empresa “PODEPLA S.A.” donde se efectuará la manufactura de dicho material compuesto, por ser el idóneo para moldear los materiales que se van a utilizar siendo éstos el caucho de butadieno estireno SBR como material de refuerzo (el estireno le proporciona características de un material termoplástico), la fibra de Abacá como material de refuerzo alternativo y la resina de Poliuretano Monocomponente como material matriz, la cual necesita ser sometida a calor para su óptimo funcionamiento y provocar la compactación de los refuerzos.



Figura 23: Prensa de vulcanizado

Para llevar a cabo el moldeo por compresión existen tres etapas que hay que tomar en cuenta:

- Precalentamiento
- Moldeo
- Enfriamiento

Durante estas etapas los parámetros que se controlan son:

- Temperatura
- Presión
- Tiempo

Para la etapa de precalentamiento, se necesita precalentar la prensa de vulcanizado sesteándola a una temperatura que varíe entre 140°C y 150°C dependiendo de la cantidad de material que se va a usar y el espesor del molde, para la presente investigación se precalienta la prensa a 150°C ver Figura 24, para que sea correcta la compactación con la fibra vegetal.



Figura 24: Seteado de la temperatura

Se dispone del material composite de gránulo de caucho, fibra de abacá y resina de poliuretano monocomponente previamente mezclado, sobre el molde al cual anticipadamente se le ha preparado con un agente desmoldante que se muestra en la figura 25.



Figura 25: Agente desmoldante

Un agente de desmolde o desmoldeante es un producto químico que se utiliza para evitar que el hormigón o el mortero se adhieran al encofrado después de retirarlos. Su calidad también ayuda a mantener la superficie de la plantilla como se indica en la Figuras 26 y 27 que prolonga la vida útil del material del molde.



Figura 26: Agente desmoldante



Figura 27: Disposición del material premezclado en el molde

Se introduce el molde dentro de la prensa y se setea la presión de entre 7 a 10MPa según el espesor que se necesite, para la investigación se utiliza la presión de 7MPa; en este momento se acciona la prensa efectuando así una carrera ascendente de la placa de fondo y cerrando así el molde como se muestra en la Figura 28.



Figura 28: Molde con el material compuesto listo para la compactación

En la Figura 29, se presenta la prensa de vulcanizado y el material una vez puesto en marcha la fase de moldeo, con la presión y temperatura adecuadas antes señaladas, el tiempo que debe transcurrir para que este proceso se lleve a cabo es de 7 a 12 minutos según el espesor del material, en este caso 7 minutos es el tiempo adecuado para el espesor de 10mm que se ha utilizado para el material compuesto en mención.



Figura 29: Prensa de vulcanizado efectuando el moldeo del material compuesto

Después de transcurridos los 7 minutos, se procede a retirar el molde de la prensa para continuar con el siguiente paso que es la etapa de enfriado; dado que la prensa no cuenta con un sistema de enfriamiento, éste se lo hace al ambiente por 3 a 5 minutos tiempo en el cual el material se solidifica por completo como evidencia la Figura 30.



Figura 30: Etapa de enfriado del material compuesto

Para finalizar con el proceso de compactación, la pieza del material compuesto es retirada del molde y se procede a cortar las rebabas del material sobrante obteniendo así el resultado final mostrado en la Figura 31.



Figura 31: Pieza retirada del molde, corte de rebabas, resultado final

2.1.8.1 MOLDEO POR EXTRUSIÓN

La extrusión es un proceso mediante el cual un material es expulsado a través del orificio de un dado para darle una forma determinada. Los equipos de extrusión más comunes son las extrusoras de tornillo, en las que la expulsión del polímero se produce por la rotación de un tornillo sinfín. Dependiendo del material a ser procesado se utilizan extrusoras de tornillo simple o de tornillos múltiples, que pueden ser co-rotatorios o de rotación opuesta. [10]

También existen extrusoras de pistón o émbolo, en las que el material es empujado por la acción de un pistón recíproco. Estas tienen buenas características de transporte, sin embargo, su uso es menos frecuente debido a su baja capacidad de fusión el esquema de este tipo de molde se indica en la Figura 32.

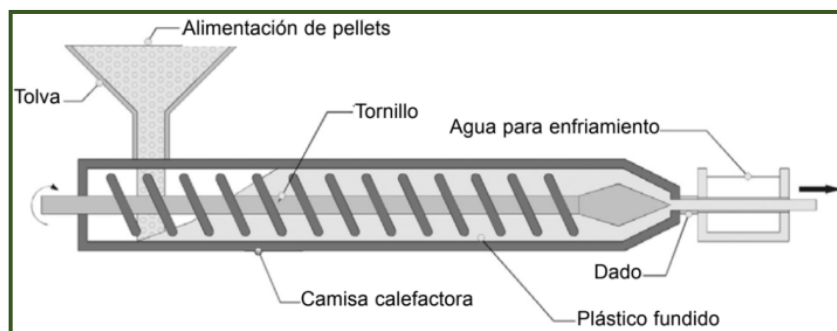


Figura 32: Esquema de moldeo por extrusión [10]

En la industria de materiales compuestos se utiliza la extrusión para dos fines: la producción de granulados y la obtención de piezas semi-elaboradas de sección transversal constante; Los materiales compuestos extruidos son utilizados en la industria automotriz para la fabricación de piezas. Además, se emplean en la

elaboración de láminas para recubrimientos de paredes y pisos, artículos ornamentales. [10]

2.1.8.2 MOLDEO POR INYECCIÓN

Es empleado para el procesamiento de polímeros termoplásticos y materiales compuestos de matriz termoplástica; este proceso se caracteriza por poseer etapas cíclicas en las cuales el polímero es fundido y transportado a un molde cerrado donde se solidifica tomando la forma del molde. [10]

La calidad de las piezas obtenidas depende de los parámetros de procesamiento tales como: presión de inyección, presión de empaque, temperatura de llenado, temperatura de moldeo y tiempo de llenado [10]

Una de las ventajas que presenta este método es que permite grandes volúmenes de producción y puede ser completamente automatizado con cortos ciclos de producción, lo cual se traduce en bajos costos de producción. Además, se pueden obtener piezas de formas complejas en un amplio rango de tamaños; la mayor desventaja de esta técnica es la alta inversión de capital, que involucra el costo del equipo, la puesta en marcha y el mantenimiento del mismo. [10]

Dado que este proceso permite grandes volúmenes de producción es altamente empleado en la industria automotriz y en la elaboración de bienes de consumo, partes de computadores, artículos deportivos un esquema de este proceso lo muestra la Figura 33 donde se detalla las partes que constituyen este tipo de moldeo [10]

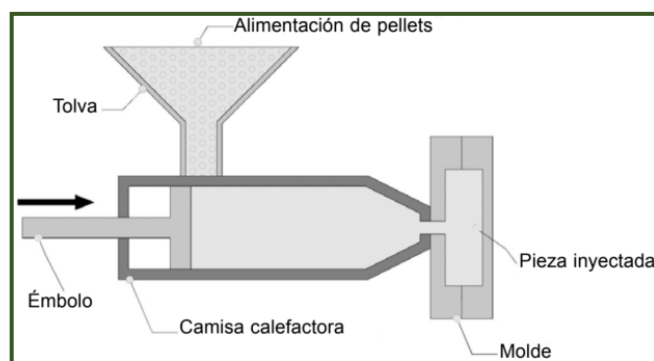


Figura 33: Esquema de moldeo por inyección [10]

2.1.8.3 MOLDEO POR TRANSFERENCIA DE RESINA

Consiste en la inyección de una resina termoestable en un molde cerrado, en cuyo interior se ha dispuesto previamente un material de refuerzo. La resina puede ser inyectada por uno o más puertos, dependiendo del tamaño de la pieza. Los múltiples puntos de inyección permiten una inyección uniforme de resina para la obtención de piezas de gran tamaño y además una reducción del tiempo de ciclo del proceso. [10]

Los parámetros principales a tomarse en cuenta en esta técnica son: el tipo, orientación y permeabilidad de la preforma de refuerzo, la temperatura del sistema de inyección, viscosidad de la resina, cinética de curado, transferencia de calor en el medio poroso durante el proceso de curado, temperatura y tiempo [10].

Las ventajas del moldeo por transferencia de resina es que no requiere una inversión tan alta como en el caso de la extrusión o inyección dado que el diseño de la maquinaria no es tan complejo como en estos métodos de procesamiento. Además, las temperaturas y presiones de trabajo son menores lo cual reduce los costos de operación. El proceso puede ser automatizado y permite la elaboración de piezas complejas a velocidad intermedia de producción, con buenos acabados en las dos superficies, uniformidad de espesores, buen control dimensional y alta repetitividad. Es posible la elaboración de prototipos y existe la posibilidad de utilizar una gran variedad de materiales de refuerzo. Además, al ser un proceso de molde cerrado permite un mejor ambiente de trabajo al tener una baja emisión de solventes. [10]

Las limitaciones que presenta esta técnica es que la elaboración de piezas complejas requiere experimentación de prueba y error o simulación de flujo para asegurar una buena impregnación de la resina en un refuerzo determinado [10].

El proceso RTM muestra un esquema en la Figura 34 pues tiene sus mayores aplicaciones en la industria automotriz, donde se requieren altos volúmenes de producción a bajo costo y en el sector aeroespacial donde se tienen altos desempeños y bajos volúmenes de producción. Además, la posibilidad de elaborar

piezas complejas, de diversos tamaños y espesores permite la producción de piezas estructurales de alta precisión, así como también de artículos deportivos y bienes de consumo. [10]

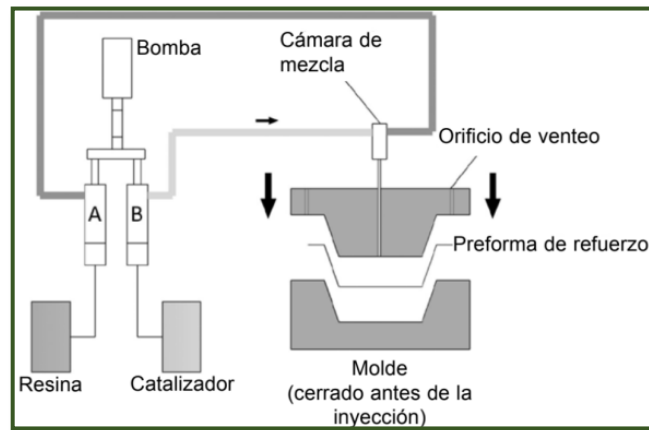


Figura 34: Esquema de moldeo por RTM [10]

2.1.8.4 MOLDEO POR PULTRUSIÓN

Es un proceso continuo, con alto grado de automatización y utilizado para grandes volúmenes de producción. Este método de procesamiento se emplea principalmente para matrices termoestables y en menor proporción para matrices termoplásticas. Consiste en impregnar fibras de refuerzo en una matriz polimérica y hacerlas pasar a través de una boquilla a velocidad constante. La pieza obtenida posee una sección transversal constante, dada por la forma de la boquilla del molde. [23]

Al ser un método sencillo, la pultrusión permite tener una alta relación desempeño/costo. Las materias primas generalmente tienen bajo costo. Asimismo, las presiones y temperaturas empleadas no son tan altas, lo que reduce también el costo de producción. Otra ventaja de este proceso es que permite producir piezas de casi cualquier longitud [10].

La desventaja en este proceso es que permite elaborar únicamente piezas de sección transversal constante. Además, no es adecuado para partes de paredes muy delgadas dado que la resistencia mecánica de las piezas es predominante en la dirección axial. La pultrusión de compuestos termoestables es usada en la

elaboración de: barras, vigas, perfiles rectos y tubos que se utilizan frecuentemente en el sector industrial, automotriz, comercial y en aplicaciones estructurales ver Figura 35 donde se presenta un esquema de este tipo de procesos de moldeo por pultrusión. [23]

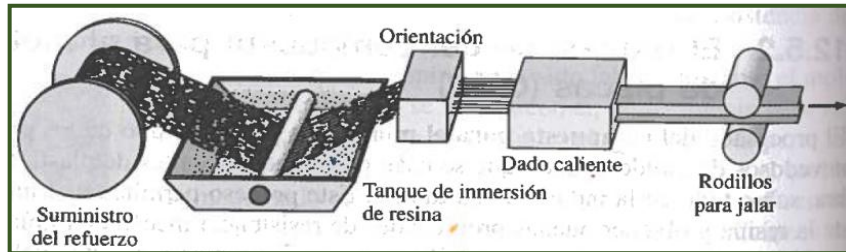


Figura 35: Esquema de moldeo por pultrusión [21]

2.1.8.5 REGLA DE LAS MEZCLAS

[24] Es el tratamiento teórico más simple sobre las propiedades de los materiales compuestos; esta famosa ecuación permite predecir el comportamiento del módulo elástico y de la carga a la tracción de los materiales compuestos. Se basa en el módulo de las fases constituyentes del material y de sus porcentajes de aportación al compuesto expresado en volúmenes, aunque también, de forma orientativa, se acepta la expresión en pesos [23].

La regla de las mezclas en el caso de los materiales reforzados con partículas es la siguiente:

Valor Mínimo:

$$E_c = \frac{E_m E_p}{V_m E_p + V_p E_m} \quad \text{Ec. 1}$$

Valor Máximo:

$$E_c = E_m V_m + E_p V_p \quad \text{Ec. 2}$$

Como el material compuesto solo consta de matriz y refuerzo, $V_m + V_p = 1$ se deduce que:

$$V_m = 1 - V_p \quad \text{Ec. 3}$$

Dónde:

E_c = módulo de elasticidad del compuesto

E_m = módulo de elasticidad de la matriz

E_p = módulo de elasticidad del refuerzo particulado

V_m = fracción volumétrica de la matriz

V_p = fracción volumétrica del refuerzo particulado

La regla de las mezclas en el caso de los materiales reforzados con fibras es la siguiente:

Material compuesto con fibras continuas (módulo de elasticidad)

➤ Si la carga se aplica paralelamente a las fibras continuas unidireccionales:

$$E_c = E_m V_m + E_f V_f \quad \text{Ec. 4}$$

➤ Si el esfuerzo aplicado es muy grande (la curva esfuerzo-deformación no es lineal):

$$E_c = E_f V_f \quad \text{Ec. 5}$$

➤ Si la carga se aplica perpendicularmente (carga transversal) a las fibras continuas:

$$\frac{1}{E_c} = \frac{V_m}{E_m} + \frac{V_f}{E_f} \quad \text{Ec. 6}$$

➤ Para cargas longitudinales, la relación entre la fuerza soportada por la matriz y la fuerza soportada por la fibra:

$$\frac{F_f}{F_m} = \frac{E_f V_f}{E_m V_m} \quad \text{Ec. 7}$$

Dónde:

E_f = módulo de elasticidad de la fibra como refuerzo

V_f = fracción volumétrica de la fibra como refuerzo

F_m = fuerza soportada por la matriz del compuesto

F_f = fuerza soportada por la fibra como refuerzo del compuesto

Material compuesto con fibras discontinuas alineadas y uniformemente distribuidas (longitud superior a la fibra crítica)

$$R_{T_c} = R_{T_f} V_f * \left(1 - \frac{l_c}{2l}\right) + R_{T_m} * (1 - V_f) \quad \text{Ec. 8}$$

Material compuesto con fibras discontinuas alineadas y uniformemente distribuidas (longitud inferior a la fibra crítica)

$$R_{T_c} = \left(\frac{l_c}{d} V_f\right) + R_{T_m} * (1 - V_f) \quad \text{Ec. 9}$$

Material compuesto con fibras discontinuas orientadas al azar

$$E_c = E_m V_m + K E_f V_f \quad \text{Ec. 10}$$

Dónde:

R_{T_c} = resistencia a la tracción del compuesto

R_{T_f} = resistencia a la tracción de la fibra

R_{T_m} = resistencia a la tracción de la matriz

l_c = longitud del compuesto

d = diámetro de la fibra

K = parámetro de eficiencia de la fibra

2.1.9 CARACTERIZACIÓN MECÁNICA POR MEDIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

El material compuesto sujeto de investigación se caracterizará en función de los siguientes ensayos mecánicos.

2.1.9.1 ENSAYO A TRACCIÓN

El ensayo de tracción usualmente resulta siendo un parámetro de calidad en cuanto tiene que ver a los elastómeros, a pesar de esto los materiales compuestos en base a elastómeros no son diseñados para este tipo de función, donde se involucre usos que contemplen esfuerzos de tracción. [7] Este ensayo permite conocer la resistencia a la tracción del material cuando se le somete a una fuerza uniaxial de estiramiento a lo largo de la probeta. Esfuerzo o tensión es el término técnico de la presión que se ejerce sobre un material. El esfuerzo de tracción origina un alargamiento y un estrechamiento del material. El aumento de longitud experimentado se denomina deformación y se mide en % de la longitud inicial. El ensayo se mide en MPa y se realiza según la norma: NTE INEN 1165-2013: Caucho vulcanizado. “Determinación de la resistencia a la tracción y del alargamiento porcentual.” La Figura 36 presenta la máquina utilizada para este tipo de ensayos (Ver anexo A)



Figura 36: Máquina de ensayos de tracción universal Metrotest 50KN

2.1.9.2 ENSAYO A COMPRESIÓN

Este ensayo determina la resistencia de un material al ser sometido a un esfuerzo monoaxial de compresión. Consiste en comprimir una probeta a lo largo de su eje principal y se utiliza la máquina que se presenta como ejemplo en la Figura 37, a una velocidad constante hasta que rompa o hasta que la carga o la disminución de la longitud alcance un valor determinado previamente. La rotura expresada es en N/mm² o MPa y el ensayo se lo realiza según norma: ASTM D695-2015: “Método de prueba estándar para Propiedades de Compresión de Plásticos Rígidos”



Figura 37: Máquina de ensayos de compresión universal Metrotest 50KN

2.1.9.3 ENSAYO DE DUREZA

En los elastómeros es una característica fundamental y está relacionada con la resistencia al rayado, la resistencia a la abrasión y la elasticidad del material, a menor dureza más elasticidad y viceversa.

Se realiza este ensayo con un penetrador que se presiona contra el material en unas condiciones específicas. Se determina la dureza por la profundidad de la penetración o el diámetro de la huella de acuerdo con la norma a seguir mediante el durómetro Shore A presentado en la Figura 38.

Existen varios procedimientos para hacer el ensayo: método de dureza por presión de bola, método Shore, en este caso se ensayará bajo la norma: ASTM D2240: “Método de prueba estándar para propiedades de caucho - Dureza.”



Figura 38: Durómetro Shore A

2.1.9.4 ENSAYO DE DESGASTE (ABRASIÓN)

La abrasión es un proceso por el que la superficie de un material se desgasta por rozamiento. Este ensayo está relacionado con la dureza del material y consiste en frotar el material con un abrasivo en una lijadora de Taber y registrar la pérdida de masa originada. La muestra se monta en un disco giratorio, se aplican cargas en forma de pesas que empujan las ruedas abrasivas contra la muestra, y tras un número de ciclos determinado se detiene el ensayo.

El resultado del ensayo se cuantifica como la pérdida de masa en mg /1000 ciclos. Se realiza este ensayo según norma: ISO 4649:2010 Caucho vulcanizado o termoplástico “Determinación de la resistencia a la abrasión utilizando un dispositivo de tambor cilíndrico giratorio” para esto se utiliza la maquia llamada abrasímetro tipo ISO 4649 como se indica en la Figura 39.



Figura 39: Abrasímetro tipo ISO 4649

2.2 HIPÓTESIS

La obtención de las configuraciones del material compuesto a partir de matriz de poliuretano monocomponente reforzado con gránulo de caucho reciclado y fibra de abacá como material alternativo, mejorará las propiedades mecánicas del material compuesto para aplicaciones industriales.

2.2.1 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

2.2.2 VARIABLE INDEPENDIENTE

Material compuesto a partir de matriz de poliuretano monocomponente reforzado con gránulo de caucho reciclado y fibra de abacá como material alternativo.

2.2.3 VARIABLE DEPENDIENTE

Comportamiento mecánico del material para aplicaciones industriales.

2.2.4 TÉRMINO DE RELACIÓN

Mejorara

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 EXPLORATORIA

Debido a que el presente tema no refiere estudios previos como tal, aunque existan investigaciones cercanas anteriores, pero con contextualizaciones distintas, este tipo de investigación permitirá escudriñar lo referente a la fabricación de materiales compuestos de matriz elastoméricos con refuerzos granulados (caucho) conjuntamente con fibrados (abacá), haciendo que los resultados obtenidos sean particulares del estudio.

3.1.2 DESCRIPTIVA

Este método nos permitirá observar las características mecánicas específicas de cada configuración volumétrica del material compuesto, analizando sus respectivas probetas y posteriormente determinando de ellas la combinación del material compuesto que mejores propiedades presente.

3.1.3 BIBLIOGRÁFICA

Mediante este método el presente estudio se sustentará en investigaciones previas, tesis de grado, doctorales, papers, artículos técnicos, normativas, que permitan fundamentar el trabajo y obtener parámetros adecuados para llegar a los mejores resultados posibles.

3.1.4 EXPERIMENTAL

Gracias a esta modalidad investigativa, se generará un estándar experimental para futuras aplicaciones industriales que requieran características mecánicas que se ajustan a las presentadas por los resultados que arrojan los ensayos del material

3.1.5 CORRELACIONAL

La investigación correlacional permitirá comprender que los resultados que arroje la caracterización mecánica del material compuesto estarán directamente relacionados a la configuración volumétrica de su correspondiente combinación, y así concluir la razón de los resultados analizando cada combinación por separado.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 POBLACIÓN

Para este estudio se ha considerado como población de la investigación a todas las probetas fabricadas de las diferentes combinaciones de configuraciones del material compuesto a partir de matriz de poliuretano monocompente reforzado con gránulo de caucho reciclado y fibra de abacá como material alternativo. Las configuraciones del material compuesto varían en el tamaño de la fibra (fibra corta y fibra larga), también varían en la composición volumétrica de la matriz (resina de poliuretano monocompente), de refuerzo (Gránulo de caucho reciclado) y de refuerzo alternativo (fibra de abacá). El detalle de las configuraciones del material compuesto, se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1: Configuración del material compuesto

Granulometría a Caucho	Tamaño Fibra	Composición Volumétrica				Config	Nro. Config
		#	Matriz	Refuerzo			
			Poliuretano (%)	Gránulo Caucho (%)	Fibra Abacá (%)		
0-0,03 mm	FC (Fibra Corta) 10 mm	1	10	60	30	FC1	1
		2	10	65	25	FC2	2
		3	10	70	20	FC3	3
		4	10	75	15	FC4	4
		5	10	80	10	FC5	5
		6	10	85	5	FC6	6
	FL (Fibra Larga) 150 mm	1	10	60	30	FL1	7
		2	10	65	25	FL2	8
		3	10	70	20	FL3	9
		4	10	75	15	FL4	10
		5	10	80	10	FL5	11
		6	10	85	5	FL6	12
	-	-	10	90	-	Pol-Cauch	13

Fuente: Autor

3.2.2 MUESTRA

Para la ejecución de este estudio se consideró como muestra 153 probetas, distribuidas de la siguiente manera: 11 probetas por cada una de las 12 configuraciones de material compuesto es decir 132 probetas, donde se utilizaron 5 probetas para cada ensayo (Ensayo de Tracción NTE INEN 1165-2013; Ensayo de Compresión ASTM D695-2015) y 1 probeta por cada Ensayo de Dureza ASTM D2240. Habiéndose analizado los resultados se determinó la mejor configuración y a esta se le ejecutó el ensayo de Desgaste ISO 4649-2010, en el cual se utilizaron 5 probetas. De igual modo se realizó un análisis adicional para una configuración de material compuesto solo de resina de poliuretano y gránulo de caucho donde se utilizó 16 probetas, 5 por cada ensayo (Ensayo de Tracción NTE INEN 1165-2013; Ensayo de Compresión ASTM D695-2015), 1 probeta por cada Ensayo de Dureza ASTM D2240 y 5 probetas para el ensayo de Desgaste ISO 4649-2010.

Tabla 2: Muestra Probetas totales a ensayar

Nro. Config	Configuración	Nro. de Probetas				Probetas Totales
		Tracción	Compresión	Dureza	Desgaste	
1	FC1	5	5	1	5 configuración con mejores propiedades mecánicas	153
2	FC2	5	5	1		
3	FC3	5	5	1		
4	FC4	5	5	1		
5	FC5	5	5	1		
6	FC6	5	5	1		
7	FL1	5	5	1		
8	FL2	5	5	1		
9	FL3	5	5	1		
10	FL4	5	5	1		
11	FL5	5	5	1		
12	FL6	5	5	1		
13	Poliuretano/Caucho	5	5	1	5	
Probetas		65	65	13	10	

Fuente: Autor

3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.3.1 OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE

Variable Independiente: Material compuesto a partir de matriz de poliuretano monocomponente, reforzado con gránulo de caucho reciclado y fibra de abacá como material alternativo.

Tabla 3: Variable Independiente

Conceptualización	Categoría	Indicadores	Índice		Técnicas e Instrumentación
Los materiales compuestos o composite, son la combinación de dos o más materiales con características (físicas, químicas, mecánicas, etc) particulares que al fusionarse generan un material con características propias superiores.	Material Compuesto	Granulometría del caucho reciclado			-Normativa NTE-INEN-ISO-ASTM -Bibliografía -Fichas Técnicas - Observación
		Fibra de abacá	FC	Fibra corta (10mm)	
			FL	Fibra larga (150mm)	
		Composición Volumétrica Matriz-Refuerzos	1	60% gránulo-30% fibra 10% poliuretano	
			2	65% gránulo-25% fibra 10% poliuretano	
			3	70% gránulo-20% fibra 10% poliuretano	
			4	75% gránulo-15% fibra 10% poliuretano	
			5	80% gránulo-10% fibra 10% poliuretano	
			6	85% gránulo-5% fibra 10% poliuretano	
-	90% gránulo 10% poliuretano				

Fuente: Autor

3.3.2 OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE DEPENDIENTE

Variable Dependiente: Comportamiento Mecánico

Tabla 4: Variable Dependiente

Conceptualización	Categoría	Indicadores	Índice	Técnicas e Instrumentación
El comportamiento mecánico de un material hace referencia a las características propias que este posee al intervenir fuerzas externas sobre el mismo, se presentan y son medibles por medio de ensayos bajo las correspondientes normativas	Tracción	Fuerza Máxima	¿Cuál es la Fuerza Máxima?	-Normativa INEN-ISO-ASTM -Bibliografía -Fichas Técnicas -Observación
		Esfuerzo Máximo	¿Cuál es el Esfuerzo Máximo?	
		% Elongación	¿Cuál es el porcentaje de elongación?	
	Compresión	Compresión Residual	¿Cuál es la Compresión Residual?	
	Dureza	Dureza Shore	¿Cuál es la Dureza Shore?	
	Desgaste	Resistencia al Desgaste	¿Cuál es la Resistencia al Desgaste?	

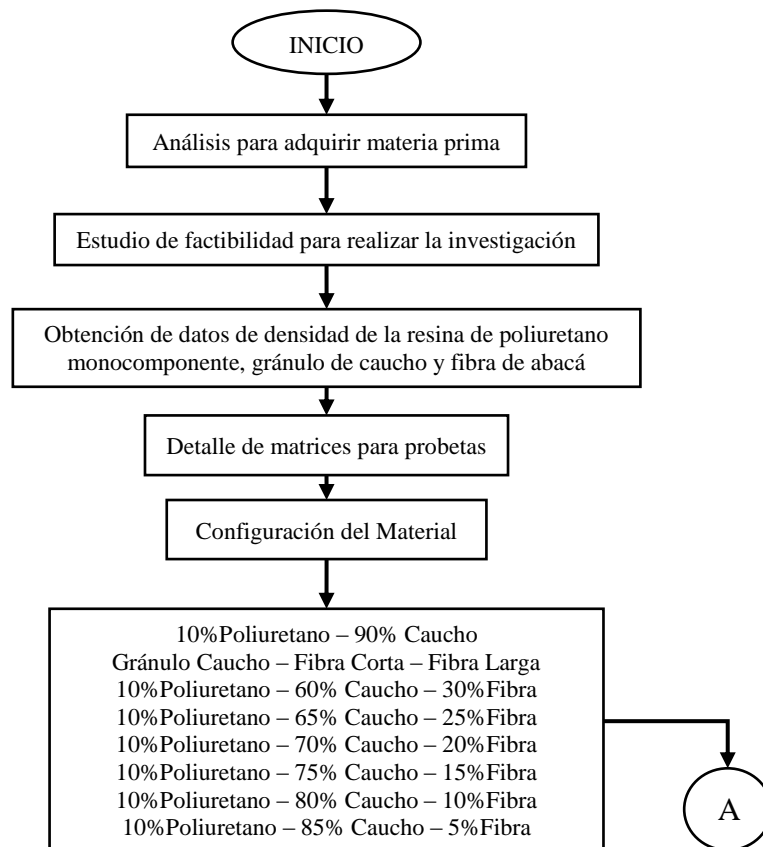
Fuente: Autor

3.3.2.1 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Para realizar esta investigación sobre materiales compuestos, se ha desarrollado un programa a seguir, el cual consta de los siguientes elementos prioritarios, una revisión exhaustiva, de artículos técnicos, tesis, libros, normativas relacionados sobre los materiales compuestos, resina de poliuretano monocomponente, caucho reciclado, fibra de abacá, con la información obtenida se procedió a iniciar un estudio de factibilidad para ejecutar los ensayos y pruebas correspondientes, donde se analizó empresa privada y centros de estudios del país, así mismo como información sobre proveedores de materiales de alta calidad, para finalmente obtener nuestro resultado final que es el material compuesto con mejores propiedades mecánicas.

3.3.2.2 PLAN PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

Se generó un proceso detallando todos los procedimientos para la ejecución satisfactoria de este estudio, el cual se muestra en los siguientes flujogramas:



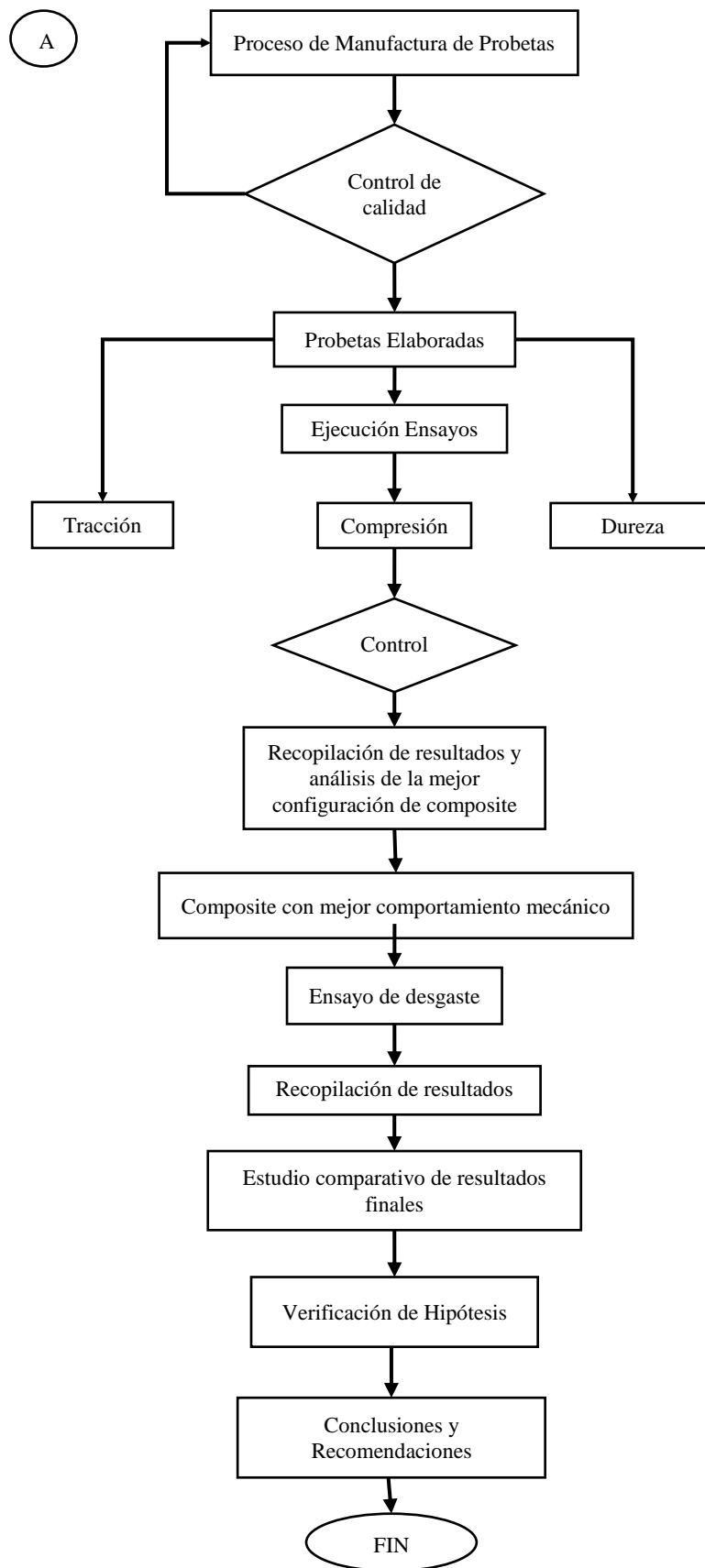


Figura 40: Proceso para generar la investigación

3.3.2.3 ANÁLISIS PARA ADQUISICIÓN DE MATERIA PRIMA

Resina de Poliuretano Monocomponente

Se analizaron las posibilidades más viables para adquirir la materia prima para generar el material compuesto, se analizó el costo, la calidad y la ubicación de los proveedores de gránulo de caucho, poliuretano monocomponente y fibra de abacá.

El poliuretano monocomponente (resina) se indica en la Figura 41, que es el que ejerce la función de matriz en el material compuesto desarrollado, se lo adquirió en la empresa ECSADE S.A. ubicada en Tambo-Ecuador Km 10 1/2 vía Durán, la misma que lo importa desde el país de China. Dicha empresa distribuye resinas y solventes a manera de adhesivos de alta prestación para aglutinar productos como el caucho negro SBR y caucho de colores EPDM.



Figura 41: Poliuretano monocomponente
Fuente: Autor

3.3.2.4 GRÁNULO DE CAUCHO RECICLADO

El gránulo de caucho reciclado que actúa como refuerzo, fue proveído desde la empresa “FACER QUIM” ubicado en Ambato-Ecuador, parque Industrial km 2 ½, el gránulo de caucho se encuentra completamente separado de trazas de alambre y otros metales propios de la separación con el caucho mediante imanes, de esta manera se obtiene el caucho neto que posteriormente se lo tritura o pulveriza según vaya a ser su uso. El gránulo de caucho reciclado que es usado para el fin de este proyecto posee una granulometría de 0.03mm estimando una malla N. 80, se eligió esta debido a que es la de mayor comercialización en el

mercado local y también porque es el tamaño que mejor reacciona a la compactación con la resina a ser usada como se muestra en la Figura 42, el caucho pulverizado para su proceso.



Figura 42: Gránulo de caucho pulverizado

Cabe recalcar que tanto el caucho pulverizado como la resina de poliuretano monocomponente se me fueron facilitadas directamente de la Empresa “PODEPLA S.A.” distribuidora de productos de caucho y pvc, ubicada en Ambato-Ecuador vía Santa Rosa ya que en dicha planta se realizará la elaboración y compactación del material sujeto a investigación debido a que cuentan con la maquinaria necesaria y el proceso de producción de tiras de caucho tipo rompecabezas para el uso en gimnasios. Por lo tanto, la materia prima se entrega directamente a esta empresa por parte de los distribuidores antes mencionados.

3.3.2.5 FIBRA DE ABACÁ

La fibra de abacá, que actúa como refuerzo alternativo en el material compuesto, se lo adquirió en la empresa “FURUKAWA PLANTACIONES” esta es de las empresas con mejor y mayor producción de exportación de la fibra a nivel nacional. La calidad de la fibra de abacá producida está garantizada bajo estándares de exportación.

Existen variedad de especies de abacá una de ellas se presenta en la Figura 43, pero la que se cultiva predominantemente en el país es la Musa textiles Néé, las capas de los tallos nos generan la fibra y las de centro son las de mejor calidad, la calidad tiene la siguiente denominación: calidad segunda, calidad tercera, calidad cuarta, calidad quinta, calidad quinta corta y calidad tow. Para el estudio se

compró la fibra de abacá de tercera, debido a que era la de mejor calidad que poseían en el momento de la visita a la empresa.




Figura 43: Fibra de abacá

La Tabla 5 presenta los proveedores de los materiales para la fabricación del composite que fueron seleccionados, analizando la calidad del producto ofertado, el precio y la ubicación del mismo. Los detalles de estos proveedores se indican en la siguiente tabla:

Tabla 5: Proveedores de materiales

PRODUCTO	DATOS DE LA EMPRESA	
Resina de poliuretano monocomponente (Matriz)	Nombre: ECSADE S.A. Ciudad: El Tambo-Cañar Dirección: Km 10 ^{1/2} vía Durán Teléfono: (593) 45060797	
Granulo de caucho (Refuerzo)	Nombre: FACER QUIM Ciudad: Ambato - Tungurahua Dirección: Parque Industrial Teléfono: (593) 2434115	
Fibra de abacá (Refuerzo Alternativo)	Nombre: Furukawa plantaciones Ciudad: Santo Domingo Tsáchilas Dirección: Av. Quito #520 y Chorrera del Napa Teléfono: (593) 22750202 email: furukawa@fpce.com.ec	

Maquinaria y herramienta	Nombre: PODEPLA S.A. Ciudad: Ambato Dirección: Parque industrial Santa Rosa calle 1 Teléfono: 032528081 email: cssevilla@podepla.com	
---------------------------------	---	---

Fuente: Autor

3.3.2.6 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

El estudio de factibilidad consiste en analizar si es posible realizar la investigación con los recursos existentes en el país, es decir laboratorios que cumplan con los alcances de las normativas planteadas para ejecutar los ensayos de tracción, compresión, dureza y desgaste. Así mismo de que los materiales sean de fácil acceso para la fabricación del compuesto en cuanto a disponibilidad, calidad y precio.

En cuanto a la realización de los ensayos, se seleccionó la siguiente normativa para cada ensayo:

- Para el ensayo de Tracción, Normativa NTE INEN 1165-2013. (Anexo A)
- Para el ensayo de Compresión, Normativa ASTM D695-2015. (Anexo B)
- Para el ensayo de Dureza, Normativa ASTM D2240. (Anexo C)
- Para el ensayo de Desgaste, Normativa ISO 4649-2010. (Anexo D)

Para la ejecución de los ensayos que se mencionan anteriormente se necesita como primera instancia contar con dependencias ya sean estas gubernamentales, seccionales, universitarias o privadas, que presten servicios de laboratorio dotados con la logística, instrumentos y maquinaria necesarias para llevar a cabo los análisis.

Como instancia final para la selección del lugar idóneo se tomarán en cuenta factores importantes como son el costo, tiempo, ubicación y factibilidad de ejecución de estos ensayos y así tomar la mejor decisión.

Para la realización de los ensayos de Tracción y Compresión se ha tomado en cuenta el “Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero” en la tabla 6 se presenta su dirección ellos están bajo el control del “Honorable Gobierno

Provincial de Tungurahua” puesto que cuenta con un laboratorio de resistencia de materiales en el cual se puede ensayar materiales poliméricos bajo las normativas NTE INEN 1165-2013(tracción) y ASTM D695-2015(compresión), cumpliendo así las condiciones requeridas para el material compuesto sujeto a investigación en el presente proyecto. Para la realización del ensayo de Dureza, también se ha tomado en cuenta el “Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero” bajo el control del “Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua” puesto que cuenta con un laboratorio de análisis metalográfico en el cual se puede ensayar la dureza shore de materiales elastómeros bajo la normativa ASTM D2240, cumpliendo así las condiciones requeridas para el material compuesto sujeto a investigación en el presente proyecto.


Tabla 6: Laboratorio análisis metalográfico (ensayo a tracción y compresión)

CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO (CFPMC)	
LOGOTIPO DE LA EMPRESA	DATOS DE LA EMPRESA
 <p>Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero</p>	<p>Dirección: Cetilato, calle Toronto y Río de Janeiro</p> <p>Teléfono :03-373-0350</p> <p>Correo: centro.carrocero@tungurahua.gob.ec</p> <p style="text-align: center;">Ambato-Ecuador</p>

Fuente: Autor

Para la realización del ensayo de Desgaste se ha tomado en cuenta la empresa “PODEPLA S.A.” en la tabla 7 se indica la ubicación y logotipo de la distribuidora de productos de caucho y pvc ubicada en Ambato-Ecuador vía Santa Rosa; que debido a uno de sus procesos productivos el cual es elaborar tiras de caucho antideslizantes tipo rompecabezas para pisos, cuentan con un laboratorio en el cual se puede determinar la resistencia a la abrasión por efectos de control de calidad de su producto bajo la normativa ISO 4649:2010 utilizando un Abrasímetro tipo ISO 4649, cumpliendo así las condiciones requeridas para el material compuesto sujeto a investigación en el presente proyecto.

Tabla 7: Laboratorio para determinar resistencia a la abrasión (ensayo de desgaste)

PODEPLA S.A. distribuidora de productos de caucho y pvc	
Logotipo de la empresa	Datos de la empresa
	Dirección: Parque Industrial Santa Rosa, calle #1 Teléfono: 032528081 Correo: cssevilla@podepla.com

Fuente: Autor

3.3.3 OBTENCIÓN DE DATOS DE DENSIDAD

3.3.3.1 DENSIDAD DE RESINA POLIURETANO MONOCOMPONENTE

Para obtener la densidad de la resina de poliuretano monocomponente se puede utilizar el método gravimétrico para el cálculo de densidades, pero para nuestra investigación realizar este procedimiento no es necesario debido a que el fabricante (ECSADE S.A.) de la resina nos proporciona la ficha técnica del material, donde constan los datos de la densidad. La densidad de la resina de poliuretano monocomponente es de: $1.1 \pm 0.01 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$, este dato de densidad se lo puede corroborar en las especificaciones técnicas del Anexo E.

3.3.3.2 DENSIDAD DEL GRÁNULO DE CAUCHO

Para la obtención de la densidad del gránulo de caucho reciclado, se realizó por medio del método gravimétrico, así como también utilizando un densímetro electrónico. Se optó por utilizar el densímetro debido a la exactitud de medida que estos equipos electrónicos proporcionan.

En la Figura 44, se observa el tamaño de gránulo de caucho que se utilizó con granulometría de 0.03mm o malla 80 para la investigación y se tomó una muestra del mismo para proceder a determinar su valor de densidad.

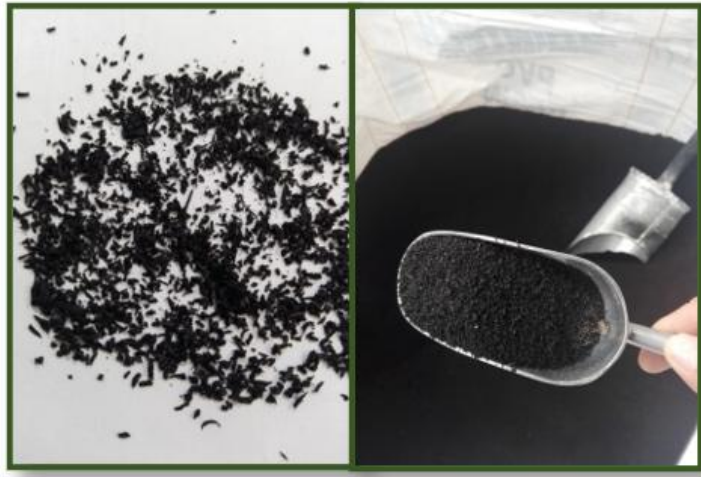


Figura 44: Muestra de gránulo de caucho

Con la muestra, se elaboró una probeta de gránulo de caucho reciclado para la posterior medición de su densidad mediante el equipo explicado las probetas se muestran en la Figura 45.

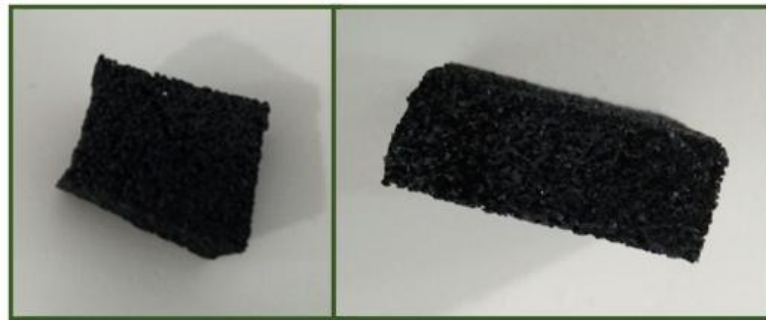


Figura 45: Probeta elaborada a partir de gránulo de caucho

Procedimiento:

Se realizó la calibración del densímetro electrónico, el cual posee una precisión de pesaje de 0,01 gr y una precisión de densidad de $0,01 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$, la cual es bastante aceptable para ejecutar un estudio y para el uso industrial en la Figura 46 se calibra el peso del material.



Figura 46: Densímetro calibrado

La Figura 47 indica como se ubicó la muestra obtenida en la parte superior del densímetro, la cual actúa como balanza y determinamos el valor del peso de la probeta, el cual nos dio como resultado 0,65 gr. Por último, guardamos el valor obtenido del peso en la memoria del equipo.



Figura 47: Peso de la probeta

Se procedió a introducir la probeta de caucho en el agua en el interior de la cubierta y se realizó el pesaje de la misma mientras esta bajo el agua y se guarda el resultado en el equipo. El densímetro realiza el cálculo de la densidad de la probeta de caucho utilizando los datos guardados anteriormente. La densidad del gránulo de caucho reciclado es de $0,73 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$ como presenta la Figura 48.



Figura 48: Densidad del caucho

3.3.3.3 DENSIDAD DE LA FIBRA DE ABACÁ

Se tomó una muestra de fibra de abacá y se le realizó un corte para que esta posea el tamaño adecuado para ejecutar la obtención de la densidad en la Figura 49 se observa las fibras de abacá.



Figura 49: Muestra de fibra de abacá

A la fibra de abacá cortada se la procedió a adecuar para la toma de densidad, se la debe anudar como se indica en la Figura 50, para que de esta manera ninguna fibra se desprenda al momento de ser pesadas.



Figura 50: Muestra de fibra de abacá anudada

Procedimiento:

Se realizó la calibración del densímetro electrónico, el cual posee una precisión de pesaje de 0,01 gr y una precisión de densidad de $0,01 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$, la cual es bastante aceptable para ejecutar un estudio y para el uso industrial ver Figura 51.



Figura 51: Densímetro calibrado

Se ubicó la muestra de fibra de abacá obtenida en la parte superior del densímetro, la cual actúa como balanza como muestra la Figura 52, y determinamos el valor del peso de la fibra, el cual nos dio como resultado 0,12 gr. Por último, guardamos el valor obtenido del peso en la memoria del equipo.



Figura 52: Pesaje de la fibra de abacá

Se procedió a introducir la fibra de abacá en el agua en el interior de la cubierta y se realizó el pesaje de la misma mientras la fibra estuvo bajo el agua y se guardó el resultado en el equipo ver Figura 53. Para realizar este procedimiento se utilizó el marco anti flotante que posee el densímetro, el cual impide que la fibra flote mientras está sumergida en el agua.



Figura 53: Fibra de abacá sumergida en agua

El densímetro realiza el cálculo de la densidad de la fibra de abacá utilizando los datos guardados anteriormente. La densidad de la fibra de abacá es de $0,48 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$. Como indica la Figura 55 verificando los resultados obtenidos.



Figura 54: Densidad fibra de abacá

Los datos de la densidad de los materiales obtenidos por medio del densímetro y fichas técnicas se detalla en la siguiente tabla 8:

Tabla 8: Densidad de materiales que conforman el composite

Materiales	Densidad (<i>gr/cm³</i>)	Forma de obtención
Resina de poliuretano monocomponente	1,1	Ficha Técnica Fabricante
Gránulo de caucho	0,73	Densímetro Electrónico
Fibra de abacá	0,48	Densímetro Electrónico

Fuente: Autor

3.3.4 DETALLE DE MATRICES PARA LAS PROBETAS

3.3.4.1 MOLDES PARA ELABORAR EL MATERIAL COMPUESTO

Para esta investigación no fue necesario elaborar ningún tipo de matriz o molde para las probetas, ya que la prensa hidráulica donde se elaboran las losetas de caucho cuenta con una propia matriz de acero o llamadas también bandejas, las cuales tienen unas dimensiones de 500 mm de largo por 500 mm de ancho y un espesor de 10mm, en las cuales se moldea el material compuesto para posteriormente ser prensado esta prensa se indica en la Figura 55.



Figura 55: Molde de compactación para material compuesto

- Para elaborar nuestras probetas necesitaremos fabricar láminas de material compuesto con los siguientes espesores:
- Probetas para ensayos de tracción: Se elaboran láminas con espesores de $2 \pm 0,2$ mm, cumpliendo con la normativa NTE INEN 1165-2013, para la elaboración de probetas.
- Probetas para ensayos de compresión: Se elaboran láminas con espesores de $6,3 \pm 0,3$ mm, cumpliendo con la normativa ASTM D695-2015, para la elaboración de probetas.
- Probetas para ensayos de dureza: elaboramos láminas con espesores de 10 mm, cumpliendo con la normativa ASTM D2240, para la elaboración de probetas.
- Probetas para ensayos de desgaste: elaboramos láminas con espesores de 10 mm, cumpliendo con la normativa ISO 4649-2010, para la elaboración de probetas.

3.3.4.2 MOLDE PARA ELABORAR PROBETAS

Dado que las losetas de material compuesto pueden tener un único espesor es decir el del propio molde el cual es de 10mm, la manera como se obtendrán las láminas con los distintos espesores requeridos para cada ensayo según la normativa propuesta será realizando cortes transversales de diferentes dimensiones a la loseta de material compuesto, las dimensiones dependerán del número de probetas requeridas para cada ensayo según la normativa correspondiente.

El corte de la loseta de mayores dimensiones será dedicado al ensayo de tracción, puesto que éste cuenta con sus probetas más grandes con respecto a las de

compresión y dureza, los siguientes cortes de la loseta serán para las probetas del compresión y dureza respectivamente por el espacio que ocupan debido a su geometría y a la cantidad de probetas.

3.3.4.3 MOLDEPARA ENSAYO A TRACCIÓN

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 tabla 9 se indican las dimensiones con las que va elaborar el troquel:

Tabla 9: Dimensiones del troquel

DIMENSIÓN		
A	Longitud total (mm)	115
B	Ancho de extremos (mm)	25±1
C	Longitud de la porción estrecha	33±2
D	Ancho de la porción estrecha(mm)	6,2±0,2
E	Radio de transición exterior	14±1
F	Radio de transición interior	25±2

Fuente: Autor

Troquel para el ensayo a tracción:

La manufactura del troquel se basa en la norma de ensayo a tracción que se utilizará NTE INEN 1165-2013 en donde se presenta dos tipos diferentes de probetas las cuales son tipo de halterio y tipo anillo, de éstas dos se selecciona la probeta tipo halterio tipo 1 porque el estiramiento es más uniforme en toda la sección transversal y gracias a sus dimensiones permite un mejor acomode en la maquina universal para su ensayo por lo tanto la forma del troquel se presenta en la figura 56.

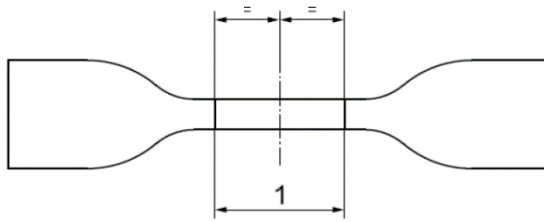


Figura 56: Forma de la probeta tipo halterio [25]

Una longitud total mayor podría ser necesario para asegurar que solo los terminales externos anchos entren en contacto con las mordazas de la máquina, evitando así las “roturas en el hombro de la probeta” como se indica en la Figura 56

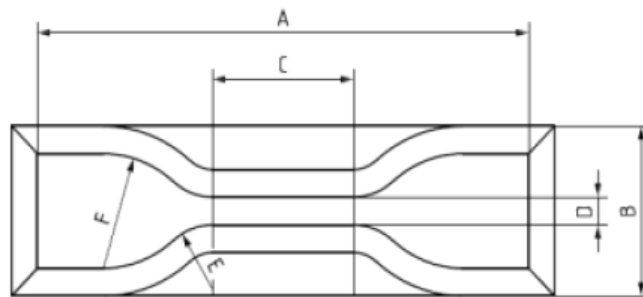


Figura 57: Molde del troquel [25]

Por lo tanto, se construye el troquel en base a la norma en material de acero obteniendo la forma del tipo 1 por razones ya explicadas el ejemplo del molde se presenta en la Figura 58.



Figura 58: Molde probetas de tracción
Fuente: Autor

3.3.4.4 MODE PARA ENSAYO A COMPRESIÓN

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. Se utiliza la probeta de 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 la norma NTE INEN 889 (ver anexo B), esta probeta se la puede obtener por corte o moldeada en la figura se muestra el molde para poder extraer las piezas que servirán para el ensayo de compresión el molde para esta investigación se indica en la Figura 59.

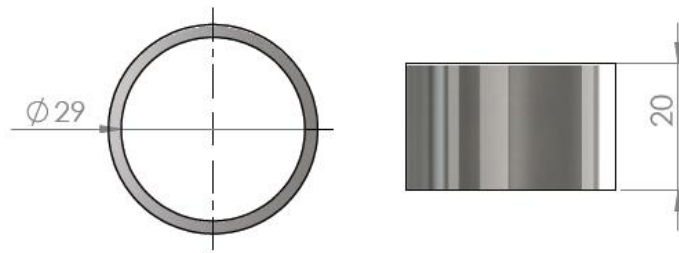


Figura 59: Molde probetas de compresión
Fuente: Autor

Troquel para el ensayo a compresión:

La manufactura del troquel se basa en la norma de ensayo a compresión que se utilizará ASTM D695-2015 en donde se presenta dos tipos diferentes de probetas las cuales son de tipo 1 y de tipo 2, se tomarán en cuenta las de tipo 1 ya que este requiere de un espesor que está dentro del límite de espesor del molde en el cual se compactará la loseta de material compuesto tal como muestra la Figura 60.



Figura 60: Molde probetas de compresión
Fuente: Autor

3.3.4.5 MOLDE PARA ENSAYO DE DUREZA

Se decidió elaborar la probeta para ensayo normal, de la norma NTE INEN 887, (ver anexo 3) 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 medidas indicadas en la Figura 61.

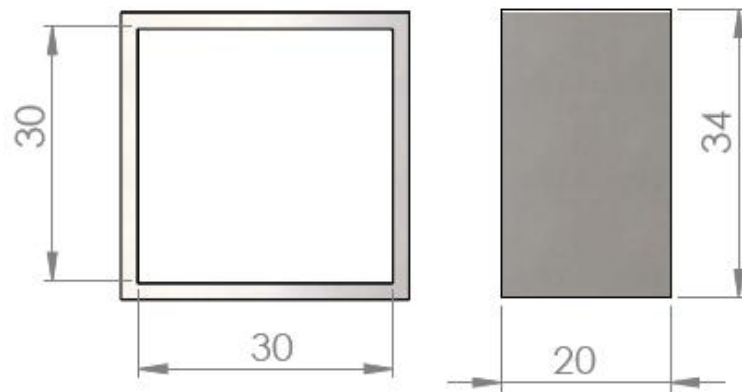


Figura 61: Molde probetas de dureza
Fuente: Autor

Troquel para el ensayo de dureza:

La manufactura del troquel se basa en la norma de ensayo de dureza que se utilizará ASTM D2240 en donde se señala que la probeta debe las caras superior e inferior planas, lisas y paralelas y entre 8 a 10mm de espesor, de tal manera que también están dentro del límite de espesor del molde en el cual se compactará la loseta de material compuesto el molde a utilizar para las probetas de dureza se indica en la Figura 62.



Figura 62: Molde probetas de dureza

Fuente: Autor

3.3.4.6 MOLDE PARA ENSAYO DE DESGASTE

Para el ensayo de desgaste bajo la normativa ISO 4649-2010 se usarán las mismas probetas que se usaron para el ensayo de dureza, ya que estas no sufrieron alteración en sus propiedades mecánicas y su espesor es el ideal para el ensayo; de éstas probetas se extraerá una pieza cilíndrica de diámetro $16\text{mm} \pm 0.2\text{mm}$ la cual servirá para llevarla al Abrasímetro y someterla a su respectivo análisis.

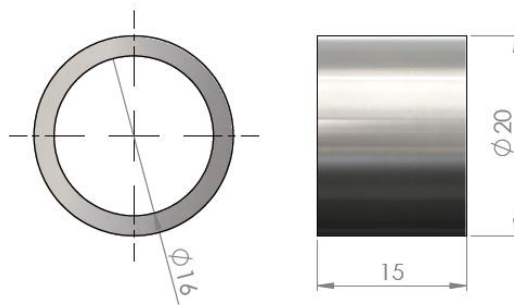


Figura 63: Molde probetas de dureza

Fuente: Autor

3.3.5 CONFIGURACIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO

Para realizar la investigación se consideró analizar 13 configuraciones diferentes, variando su porcentaje volumétrico de matriz (resina de poliuretano monocomponente), refuerzo (gránulo de caucho) y refuerzo alternativo (fibra de abacá) así como las características del refuerzo, en detalle el tamaño de la fibra de abacá entre 10 – 130 mm. En la tabla 10, se indica las configuraciones.

Tabla 10: Configuración del material compuesto

Granulometría Caucho	Tamaño Fibra	Composición Volumétrica				Configuración	Nro. Configuración
		#	Matriz	Refuerzo			
			Poliuretano (%)	Caucho	Abaca		
0-0,03 mm	FC (Fibra Corta) 10 mm	1	10	60	30	FC1	1
		2	10	65	25	FC2	2
		3	10	70	20	FC3	3
		4	10	75	15	FC4	4
		5	10	80	10	FC5	5

	6	10	85	5	FC6	6
FL (Fibra Larga) 130 mm	1	10	60	30	FL1	7
	2	10	65	25	FL2	8
	3	10	70	20	FL3	9
	4	10	75	15	FL4	10
	5	10	80	10	FL5	11
	6	10	85	5	FL6	12
-	-	10	90	-	Poliuretano/Cau ch	13

Fuente: Autor

Se establecieron las configuraciones en base a un previo análisis que se desarrolló, donde se comprobó cuál es la composición volumétrica entre matriz y refuerzo que puede ser conformada sin que se sature la mezcla entre estos.

En el siguiente diagrama de la Figura 64 de procesos podemos visualizar el procedimiento que se realizó para conseguir las configuraciones adecuadas de materiales:

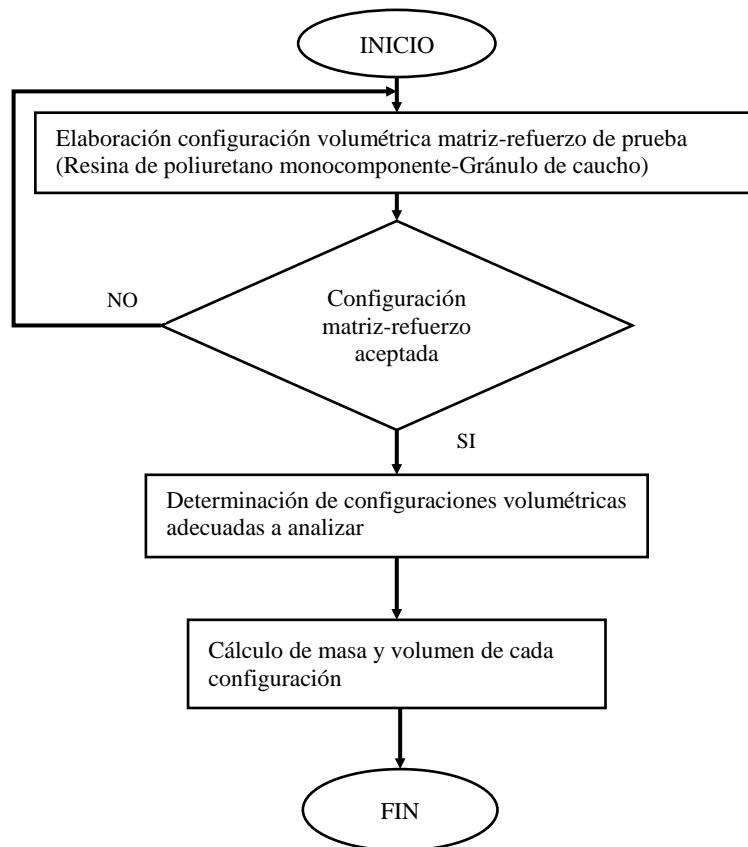


Figura 64: Proceso de selección de configuraciones a analizar

3.3.6 ELABORACIÓN DE CONFIGURACIÓN VOLUMÉTRICA DE PRUEBA: MATRIZ – REFUERZO (CAUCHO)

Para seleccionar que configuraciones volumétricas son adecuadas estudiar en la investigación, se realizó un análisis preliminar. En este análisis preliminar se elaboró una composición inicial, donde solo se consideró mezclar como matriz resina de poliuretano monocomponente y como refuerzo gránulo de caucho reciclado, de esta manera podremos obtener primero la configuración adecuada de resina de poliuretano con gránulo de caucho reciclado para posteriormente agregarle el refuerzo alternativo que es la fibra de abacá.

Esto se hace para conocer con qué porcentaje volumétrico máximo de resina se puede compactar el gránulo de caucho reciclado, ya que si se le agrega un porcentaje excesivo de resina el material compuesto tiende a tomar texturas chiclosas lo cual le da una geometría no apta para realizar los ensayos requeridos, de igual manera si se le agrega un porcentaje insuficiente de resina el material no puede compactarse y presenta grietas y rupturas en el material.

Para realizar la composición se utilizó gránulo de caucho reciclado y resina de poliuretano monocomponente, las características de los materiales se indican en la siguiente tabla 11:

Tabla 11: Características de matriz y refuerzo

Materiales	Densidad (gr/cm³)	Detalle
Resina de poliuretano monocomponente	1,1	Marca: ECSADE S. A
Gránulo de caucho	0,73	Granulometría: 0.03mm Marca: FACER QUIM

Fuente: Autor

El molde que se utilizó para elaborar todas las configuraciones y para todos los tipos de ensayos, es el que posee la máquina (prensa hidráulica), donde se conformó el material compuesto, el cual posee unas dimensiones de 500 mm ancho, 500 mm largo y 10 mm espesor como indica la Figura 65.



Figura 65: Molde para compactación de material
Fuente: Autor

Utilizando los datos de densidad de la matriz (resina de poliuretano monocomponente) y del refuerzo (gránulo de caucho reciclado), además de las dimensiones del molde para la conformación del material compuesto, procedemos a buscar la configuración volumétrica adecuada para que se conforme correctamente el material compuesto, el detalle más importante es conocer qué porcentaje de resina se le puede agregar con la mayor cantidad de porcentaje de granulo de caucho posible.

Configuramos el material compuesto con el mayor porcentaje de refuerzo y se analizará si es posible que el material se conforme de forma adecuada, esto lo vamos a repetir reduciendo la cantidad de refuerzo hasta encontrar una configuración adecuada entre la resina y el gránulo de caucho.

1^{ra} Configuración volumétrica de prueba matriz – refuerzo

De la 1ra configuración volumétrica de prueba se obtuvieron los siguientes datos mostrados en la tabla 12:

Tabla 12: Configuración de prueba: 5% resina - 95% gránulo

Materiales	Configuración volumétrica (%)	Masa (gr)	Volumen (mm³)
Resina de poliuretano	5	137,5	125000
Gránulo de caucho reciclado	95	1733,75	2375000

Fuente: Autor

Nota: En la primera configuración volumétrica de prueba correspondiente a 5% de resina de poliuretano y 95% de granulo de caucho, se llega a la conclusión de que el material no presenta una compactación ideal puesto que muestra agrietamientos en su superficie debido al bajo porcentaje de resina, lo cual provoca que haya un pobre entrecruzamiento y adherencia entre la resina y los gránulos de caucho derivando en dichos agrietamientos en la superficie del compuesto esto lo muestra la Figura 66.



Figura 66: Configuración: 5% resina - 95% gránulo

2^{da} Configuración volumétrica de prueba matriz – refuerzo

Así mismo con las fórmulas ya indicadas en el análisis de la primera configuración volumétrica se obtuvieron los siguientes valores mostrados en la tabla 13:

Tabla 13: Configuración de prueba: 10% resina - 90% gránulo

Materiales	Configuración volumétrica (%)	Masa (gr)	Volumen (mm³)
Resina	10	275	250000
Gránulo de caucho	90	1642,5	2250000

Fuente: Autor

Nota: Con los porcentajes de 10% de resina de poliuretano y 90% de granulo de caucho, se llega a la conclusión de que la muestra del compuesto presenta una compactación ideal puesto que no muestra agrietamientos ni desprendimientos de material en su superficie debido a que se ha llegado a un adecuado porcentaje de resina, lo cual ha facilitado el entrecruzamiento y adherencia entre la resina y los gránulos, manifestándose en una superficie lisa, fuerte y compacta ver Figura 67.



Figura 67: Configuración: 10% resina - 90% gránulo

3^{ra} Configuración volumétrica de prueba matriz – refuerzo

La siguiente configuración se detalla en la tabla 14.

Tabla 14: Configuración de prueba: 15% resina - 85% gránulo

Materiales	Configuración volumétrica (%)	Masa (gr)	Volumen (mm³)
Resina de poliuretano	15	412.5	375000
Gránulo de caucho reciclado	85	1551,25	2125000

Fuente: Autor

Nota: En la tercera configuración volumétrica de prueba correspondiente a 15% de resina de poliuretano y 85% mostrado en la Figura 68, el granulo de caucho, se llega a la conclusión de que el compuesto no presenta una compactación ideal puesto que muestra áreas fundidas en la superficie de diferentes zonas del material debido al alto porcentaje de resina, lo cual ha provocado que el entrecruzamiento y adherencia entre la resina y los gránulos sea muy profundo y presente irregularidades y discontinuidades que afectan sus propiedades mecánicas y por ende a la toma de muestras del material.



Figura 68: Configuración: 15% resina - 85% gránulo

Nota final: Después de haber finalizado con la elaboración de las configuraciones volumétricas de prueba matriz – refuerzo, se concluye finalmente que la configuración volumétrica de resina de poliuretano monocomponente y granulo de caucho que se debe tomar como referencia para un adecuado porcentaje de compuesto matriz que debe llevar el material es el siguiente:

Resina de poliuretano monocomponente = 10%, Gránulo de caucho = 90%

Esta configuración presenta niveles adecuados de compactación en el material compuesto puesto que el entrecruzamiento y adherencia entre la resina y los gránulos de caucho manifiestan una superficie lisa, fuerte y compacta, además que no muestra zonas agrietadas en su superficie debido a su bajo nivel de resina (5%), ni áreas donde la matriz y el refuerzo están fundidos presentando discontinuidades que varíen las propiedades mecánicas del material debido a su alto nivel de resina (15%).

➤ Configuración volumétrica para granulometría molde para planchas mostrado en la Figura 15.

Tabla 15: configuraciones volumétricas

N.º	Caucho	Fibra	Resina
1	60	30	10
2	65	25	10
3	70	20	10
4	75	15	10
5	80	10	10
6	85	5	10

Fuente: Autor

Cálculo de plancha al 95% caucho y 5 % de resina

Nota: el cálculo de la densidad del caucho se obtiene directamente del densímetro EW-3005 Ealfa mirage que viene dado por el principio de Arquímedes

Cálculo del volumen del molde tabla 16

Tabla 16: Cálculo de volúmenes de molde

Materiales	Volumen mm³	Masa gr
Resina 5%	125000	137,5
Molde	2500000	
Volumen caucho 95%	2375000	1733,75

Fuente: Autor

Nota: con la configuración volumétrica correspondiente a 5% de resina y 95% de caucho, el material no presenta una compactación ideal puesto que presenta agrietamientos debido al bajo porcentaje de resina.

Configuración volumétrica base (sin material de refuerzo alternativo solo caucho) tabla 17.

Tabla 17: Cálculo de volúmenes de molde

Materiales	Volumen mm³	Masa gr
Resina 10	2250000	275
Caucho 90	2375000	1642,5
Molde	25x10 ⁵	

Fuente: Autor

Nota: con la configuración volumétrica correspondiente al 10% de resina y 90 % de caucho el material presenta una compactación adecuada ya que no presenta agrietamiento ni desprendimiento del material.

Configuración volumétrica base= 15% resina y Caucho= 85% tabla 18.

Tabla 18: Cálculo de volúmenes de molde

Materiales	Volumen mm³	Masa gr
Resina 15%	3750000	412,5
Caucho 85%	21250000	1551,25
Molde	25x10 ⁵	

Fuente: Autor

Nota: con la configuración volumétrica correspondiente al 15% de resina y 85% caucho el material no presenta una buena compactación ya que presenta zonas chichosas debido a su elevado porcentaje de resina.

Se concluyó que la configuración volumétrica y base es idónea para tomar como referencia es 10% de resina y 90% caucho ya que el material se comporta sin presentar zonas con grietas ni chiclosas producto de la variación de resina.

Configuración con los siguientes valores en la tabla 19.

Tabla 19: Varias configuraciones volumétricas 1

N.º	Resina	Caucho	Abacá	Volumen molde mm ³	Volumen resina mm ³	Volumen caucho mm ³	Volumen fibra mm ³
FC1	10%	60%	30%	50000	50000	300000	150000
FL1	10%	60%	30%				
FC2	10%	65%	25%				
FL2	10%	65%	25%				
FC3	10%	70%	20%				
FL3	10%	70%	20%				
FC4	10%	75%	15%				
FL4	10%	75%	15%				
FC5	10%	80%	10%				
FL5	10%	80%	10%				
FC6	10%	85%	5%				
FL6	10%	85%	5%				

Fuente: Autor

Calculo Caucho= 90% y espesor 6 mostrado en la tabla 20

Tabla 20: Cálculo de 90% caucho y 6 de espesor

N.º	Resina	Caucho	Abacá	Volumen molde	Volumen resina	Volumen caucho	Volumen fibra
-----	--------	--------	-------	---------------	----------------	----------------	---------------

				mm ³	mm ³	mm ³	mm ³
FC1	10%	60%	30%	1500000	150000	900000	450000
FL1	10%	60%	30%			975000	375000
FC2	10%	65%	25%			1050000	300000
FL2	10%	65%	25%			1125000	2250000
FC3	10%	70%	20%			1200000	150000
FL3	10%	70%	20%			1275000	75000
FC4	10%	75%	15%				
FL4	10%	75%	15%				
FC5	10%	80%	10%				
FL5	10%	80%	10%				
FC6	10%	85%	5%				
FL6	10%	85%	5%				

Fuente: autor

Configuración volumétrica dureza ver tabla 21.

Tabla 21: Cálculo volumétrico de dureza

N.º	Resina	Caucho	Abacá	Volumen molde mm ³	Volumen resina mm ³	Volumen caucho mm ³	Volumen fibra mm ³
FC1	10%	60%	30%	2500000	250000	1500000	750000
FL1	10%	60%	30%			1625000	625000
FC2	10%	65%	25%			1750000	500000
FL2	10%	65%	25%			1850000	375000
FC3	10%	70%	20%			2000000	250000
FL3	10%	70%	20%			2125000	125000
FC4	10%	75%	15%				
FL4	10%	75%	15%				
FC5	10%	80%	10%				
FL5	10%	80%	10%				
FC6	10%	85%	5%				
FL6	10%	85%	5%				

Fuente: Autor

Cálculo volumétrico de Tracción espesor 2 mm ver tabla 22.

Tabla 22: Cálculo de volúmenes de tracción espesor 2 mm

N.º	Resina	Caucho	Abacá	Masa de	Masa de	Masa de
-----	--------	--------	-------	---------	---------	---------

				resina	caucho	fibra
FC1	10%	60%	30%	55	219	72
FL1	10%	60%	30%			
FC2	10%	65%	25%	55	273,25	60
FL2	10%	65%	25%			
FC3	10%	70%	20%	55	255,5	48
FL3	10%	70%	20%			
FC4	10%	75%	15%	55	273,75	36
FL4	10%	75%	15%			
FC5	10%	80%	10%	55	292	24
FL5	10%	80%	10%			
FC6	10%	85%	5%	55	310,25	12
FL6	10%	85%	5%			

Fuente: Autor

Cálculo volumétrico Compresión 2 mm tabla 23 y 24.

Tabla 23: Varias configuraciones volumétricas 25

N.º	Resina	Caucho	Abacá
FC1	10%	60%	30%
FL1	10%	60%	30%

Fuente: Autor

Tabla 24: Cálculo de volúmenes de compresión

N.º	Resina	Caucho	Abacá	Masa de resina	Masa de caucho	Masa de fibra
FC1	10%	60%	30%	165	657	216
FL1	10%	60%	30%			
FC2	10%	65%	25%		711,75	180
FL2	10%	65%	25%			
FC3	10%	70%	20%		766,5	144
FL3	10%	70%	20%			
FC4	10%	75%	15%		821,25	108
FL4	10%	75%	15%			
FC5	10%	80%	10%		876	72
FL5	10%	80%	10%			
FC6	10%	85%	5%		930,75	36
FL6	10%	85%	5%			

Fuente: Autor

Calculo volúmenes de dureza 10 mm ver tabla 25 y 26.

Tabla 25: Varias configuraciones volumétricas

N.º	Resina	Caucho	Abacá
FC1	10%	60%	30%

FL1	10%	60%	30%
-----	-----	-----	-----

Fuente: Autor

Tabla 26: Cálculo de volúmenes de molde

N.º	Resina	Caucho	Abacá	Masa de resina	Masa de caucho	Masa de fibra
FC1	10%	60%	30%	275	1095	360
FL1	10%	60%	30%		1186,2	300
FC2	10%	65%	25%		1277,5	240
FL2	10%	65%	25%		2368,75	180
FC3	10%	70%	20%		1460	120
FL3	10%	70%	20%		1551,25	60
FC4	10%	75%	15%			
FL4	10%	75%	15%			
FC5	10%	80%	10%			
FL5	10%	80%	10%			
FC6	10%	85%	5%			
FL6	10%	85%	5%			

Fuente: Autor

3.3.7 DETERMINACIÓN DE LAS CONFIGURACIONES VOLUMÉTRICAS SUEJTAS A ANÁLISIS

Una vez concluido el análisis de los porcentajes ideales de resina de poliuretano monocomponente que se le debe agregar a la mezcla matriz - refuerzo para que el material compuesto logre un nivel de compactación adecuado para su posterior estudio, el siguiente paso es configurar dicha mezcla añadiéndole el porcentaje de refuerzo alternativo el cual es la fibra de abacá en un rango de variaciones propuestas que serán proporcionales a la variación del porcentaje del refuerzo principal el cual es el gránulo de caucho, manteniendo constante el valor del porcentaje de resina. De esta manera se generaron las configuraciones que fueron estudiadas en nuestra investigación. De esta manera se han generado 12 configuraciones volumétricas, de las cuales en todas ellas se mantendrá como constante el valor porcentual de la matriz, es decir la resina de poliuretano al 10%, y se variará el porcentaje de refuerzo entre el gránulo de caucho reciclado y la fibra de abacá. Además, se ha generado una configuración adicional solo entre resina de poliuretano y gránulo de caucho reciclado (10% - 90% respectivamente) la cual nos servirá para tener un valor de referencia entre un material compuesto sin refuerzo alternativo y otro incluido dicho refuerzo; sumando un total de 13

configuraciones volumétricas diferentes. El detalle de esta explicación se puede analizar teniendo establecidas las configuraciones sujetas al respectivo ensayo mecánico se procedió a desarrollar los ensayos que se recopilaron en fichas técnicas.

Una vez logrados estos cortes transversales en las losetas del material compuesto y establecidos los pedazos que se van a usar para cada ensayo, el siguiente paso es proceder a realizar cortes longitudinales en cada pedazo cortado según el espesor correspondiente a cada ensayo, de esta manera tendremos las láminas precisas para posteriormente poder obtener de ellas las probetas que estarán sujetas a su respectivo análisis.

Los cortes longitudinales que se realizarán a cada pedazo de loseta serán llevados a cabo con la ayuda de la máquina divididora de marca alemana FECKEN KIRFEL(ver Figura 69) que sirve para cortar rollos de caucho y materiales plásticos sólidos en láminas delgadas, se hizo uso de esta máquina en las instalaciones de la empresa PLASTICAUCHO Industrial S.A. la cual me ha facilitado la ejecución de la división de dichas losetas en los diferentes espesores requeridos.



Figura 69: Molde de compactación para material compuesto
Divididora FECKEN KIRFEL [26]

Los datos de los espesores de las losetas de material compuesto y su respectiva normativa se encuentran detallados en la siguiente tabla 27:

Tabla 27: Espesor de las losetas

Ensayos	Normativa	Espesor Loseta (mm)
Ensayo de Tracción	NTE INEN 1165-2013	2±0,2
Ensayo de Compresión	ASTM D695-2015	12,5±0,5 o 6,3±0,3
Ensayo de Dureza	ASTM D2240	10
Ensayo de Desgaste	ISO 4649-2010	10

Fuente: Autor

3.3.8 PROCEDIMIENTO PARA EXTRAER LAS PROBETAS DE TRACCIÓN

Una vez realizada la loseta de las diferentes combinaciones de fibra más caucho se procede a extraer las probetas como indica la Figura 70, esto lo realizamos con la ayuda del molde que se realizó en la figura se indica cómo se fue extrayendo cada probeta para el ensayo de tracción en total se obtienen 65 probetas que servirán para determinar que configuración volumétrica genere mejores propiedades mecánicas.



Figura 70: Probetas extraídas de loseta

Fuente: Autor

Luego de extraer las probetas en sus diferentes combinaciones son enviadas a laboratorio para su posterior ensayo de tracción, en la figura 71 se indica varios ejemplos de las probetas que fueron obtenidas verificando su calidad y recomendaciones de la normativa ecuatoriana.



Figura 71: Probetas según normativa
Fuente: Autor

3.3.9 PROCEDIMIENTO PARA EXTRAER LAS PROBETAS DE COMPRESIÓN

Una vez realizada la loseta de las diferentes combinaciones de fibra más caucho se procede a extraer las probetas esto lo realizamos con la ayuda del molde para ensayos de compresión la figura 72, nos indica cómo se fue extrayendo cada probeta para el ensayo de compresión en total se obtienen 65 probetas que servirán para determinar que configuración volumétrica genere mejores propiedades mecánicas.



Figura 72: Probetas extraídas de compresión
Fuente: Autor

La figura 73 presenta las probetas extraídas en sus diferentes combinaciones son enviadas al laboratorio para su posterior ensayo de compresión, en la figura se indica varios ejemplos de las probetas que fueron obtenidas verificando su calidad y recomendaciones de la normativa ecuatoriana.



Figura 73: Probetas extraídas de loseta compresión
Fuente: Autor

3.3.9.1 PROCEDIMIENTO PARA EXTRAER LAS PROBETAS DE DUREZA

La extracción de las probetas de dureza se realiza de igual forma con la ayuda de la prensa y se va obteniendo cada probeta en base a los requerimientos de la norma de igual manera la figura 74 nos indica el proceso de extracción de probetas.



Figura 74: Probetas extraídas de loseta dureza
Fuente: Autor

Con las probetas extraídas como se observa en la figura 75, en sus diferentes combinaciones son enviadas al laboratorio para su posterior ensayo de dureza, en la figura se indica varios ejemplos de las probetas que fueron obtenidas verificando su calidad y recomendaciones de la normativa ecuatoriana.



Figura 75: Probetas extraídas de loseta dureza

Fuente: Autor

De esta manera se desarrolló los ensayos de tracción, compresión dureza y desgaste, los resultados de todos ensayos fueron recopilados en fichas técnicas.

CAPÍTULO IV

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.

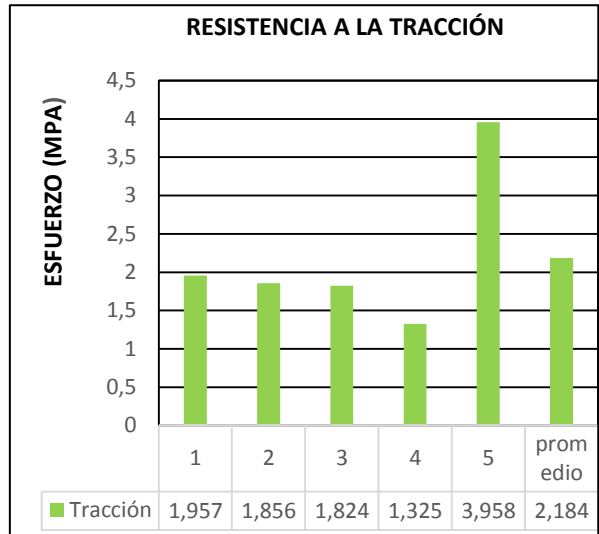
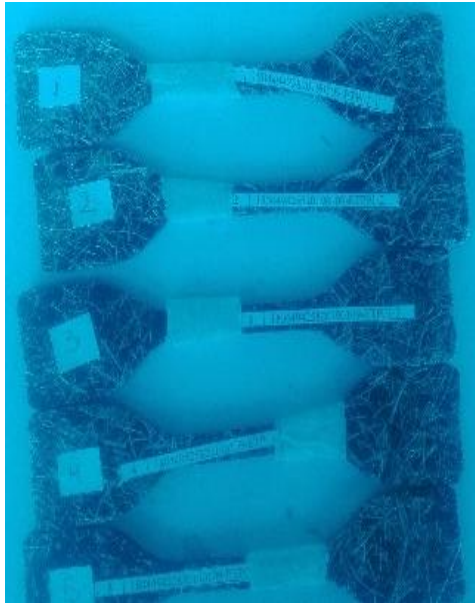
Utilizamos los resultados obtenidos para evaluar la mejor configuración de material compuesto.

4.1.1 RECOLECCIÓN DE DATOS DE RESULTADOS DE ENSAYO A TRACCIÓN

Ficha Técnica1 Resultados de ensayo a tracción de la configuración 10, 30 y 60 %

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL MATERIAL COMPUESTO						
Fecha	11/07/2018	Tipo de ensayo	Tracción	Registro	T-01	
Laboratorio:	Laboratorio de Resistencia de Materiales CANFAC					
Norma:	NTE INEN 1165:2013					
Dimensiones:	Promedio 6,356 con espesor de 2,91 mm					
Equipo:	Máquina de ensayos universal Polímeros Metrotest 50 KN.			Modelo:	MTE 50	
Velocidad:	100 mm/min	PRECARGA:		0 KN		
COMPOSICION DEL MATERIAL COMPUESTO						
Configuración:	ETP 01		Tipo de probeta:			
Aporte	RESINA (poliuretano monocomponente)		Fracción volumétrica:		10%	
Matriz:	Abacá (fibra vegetal)		Fracción volumétrica:		30%	
Refuerzo:	Caucho (granulo SBR)		Fracción volumétrica:		60%	
Orientación:	Al azar		Dimensiones del refuerzo:			
Probetas:	5		Estratificación:		Compresión manual	
RESULTADO DEL ENSAYO						
Nº de probetas	Resistencia a la tracción (MPa)	% de elongación a la tracción	Resistencia a la fluencia (MPa)	% de elongación a la fluencia		
1	1,957	18,068	0,851	23,645		
2	1,856	15,38	1,238	21,325		
3	1,824	17,396	1,659	20,68		
4	1,325	20,828	0,994	19,675		
5	3,958	25,64	2,287	16,84		
Promedio	2,184	19,4626	1,4058	20,433		

PROBETAS ENSAYADAS



OBSERVACIÓN

- El grupo conformado para este ensayo presentaron una buena adherencia entre su matriz y refuerzo.
- Las probetas de tracción no necesitaron de la colocación de sobre montas para su agarre ya que el material no presento deslizamientos entre las sujeciones al momento de ejecutar el ensayo.



EVALUACIÓN

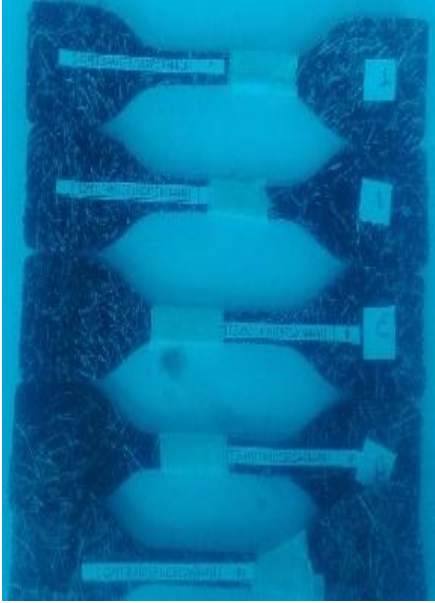
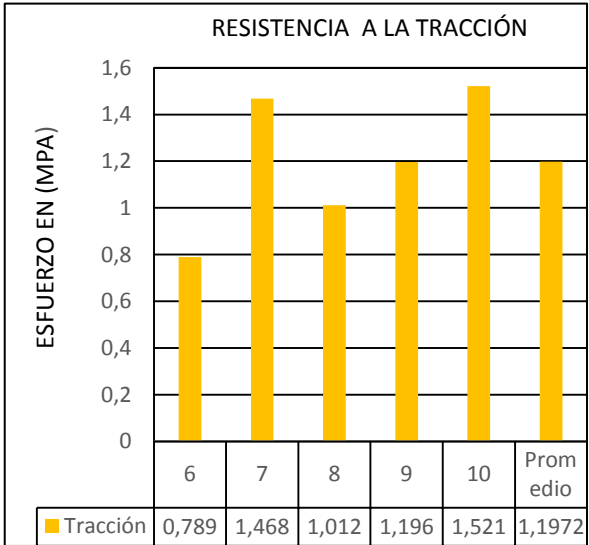
- La resistencia ala traccion promedio es de 2.184 MPa.
- El porcentaje de elongacion a la traccion promedio es de 19.4620%.
- El esfuerzo a la fluencia promedio es de 1.4058 MPa.
- El porcentaje de elongacion a la fluencia es de 20.433%

Elaborado por:



Aprobado por:

Ficha Técnica 2 Resultados de ensayo a tracción configuración 10, 25 y 65 %

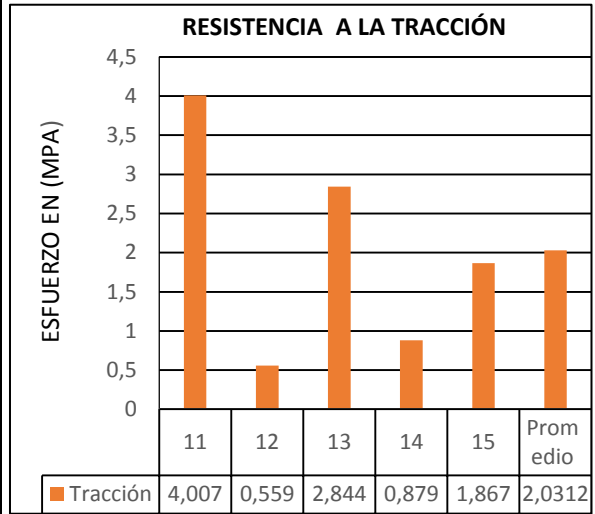
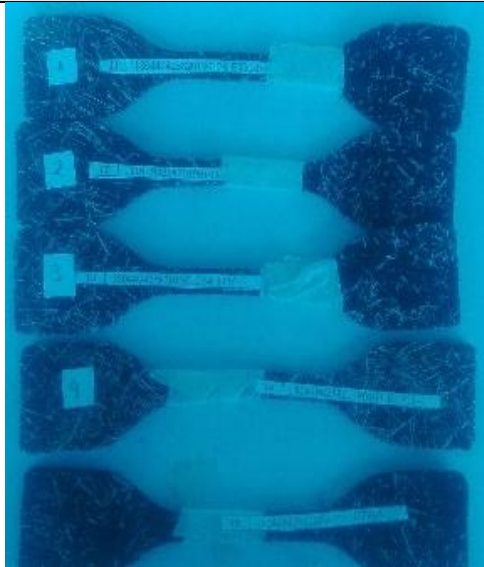
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL MATERIAL COMPUESTO					
Fecha	11/07/2018	Tipo de ensayo	Tracción	Registro	T-02
Laboratorio:	Laboratorio de Resistencia de Materiales CANFAC				
Norma:	NTE INEN 1165:2013				
Dimensiones:	Promedio 6,328 con espesor de 2,212 mm				
Equipo:	Máquina de ensayos universal Polímeros Metrotest 50 KN.			Modelo:	MTE 50
Velocidad:	100 mm/min	PRECARGA:	0 KN		
COMPOSICION DEL MATERIAL COMPUESTO					
Configuración:	ETP 02	Tipo de probeta:			
Aporte	RESINA (poliuretano monocomponente)	Fracción volumétrica:		10%	
Matriz:	Abacá (fibra vegetal)	Fracción volumétrica:		25%	
Refuerzo:	Caucho (granulo SBR)	Fracción volumétrica:		65%	
Orientación:	Al azar	Dimensiones del refuerzo:			
Probetas:	5	Estratificación:		Compresión manual	
RESULTADO DEL ENSAYO					
N° de probetas	Resistencia a la tracción (MPa)	% de elongación a la tracción	Resistencia a la fluencia (MPa)	% de elongación a la fluencia	
6	0,789	20,92	0,564	16,91	
7	1,468	22,34	0,113	2,53	
8	1,012	19,228	0,675	17,285	
9	1,196	21,804	0,109	3,26	
10	1,521	23,528	0,234	2,91	

Promedio	1,1972	21,564	0,339	8,579														
PROBETAS ENSAYADAS																		
		 <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> <th>Promedio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>■ Tracción</td> <td>0,789</td> <td>1,468</td> <td>1,012</td> <td>1,196</td> <td>1,521</td> <td>1,1972</td> </tr> </tbody> </table>				6	7	8	9	10	Promedio	■ Tracción	0,789	1,468	1,012	1,196	1,521	1,1972
	6	7	8	9	10	Promedio												
■ Tracción	0,789	1,468	1,012	1,196	1,521	1,1972												
OBSERVACIÓN		EVALUACIÓN																
<ul style="list-style-type: none"> • El grupo conformado para este ensayo presentaron una buena adherencia entre su matriz y refuerzo. • Las probetas de tracción no necesitaron de la colocación de sobre montas para su agarre ya que el material no presento deslizamientos entre las sujeciones al momento de ejecutar el ensayo. 		<ul style="list-style-type: none"> • La resistencia ala traccion promedio es de 1.1972 MPa. • El porcentaje de elongacion a la traccion promedio es de 21.564%. • El esfuerzo a la fluencia promedio es de 0.339 MPa. • El porcentaje de elongacion a la fluencia es de 8.579% 																
Elaborado por:		Aprobado por:																

Ficha Técnica 3 Resultados de ensayo a tracción de la configuración volumétrica
10, 20 y 70 %

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 				
FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL MATERIAL COMPUESTO				
Fecha	11/07/2018	Tipo de ensayo	Tracción	Registro T-03
Laboratorio:	Laboratorio de Resistencia de Materiales CANFAC			
Norma:	NTE INEN 1165:2013			
Dimensiones:	Promedio 6,356 con espesor de 2,91 mm			
Equipo:	Máquina de ensayos universal Polímeros Metrotest 50 KN.			Modelo: MTE 50
Velocidad:	100 mm/min	PRECARGA:	0 KN	
COMPOSICION DEL MATERIAL COMPUESTO				
Configuración:	ETP 03	Tipo de probeta:		
Aporte	RESINA (poliuretano monocomponente)	Fracción volumétrica:	10%	
Matriz:	Abacá (fibra vegetal)	Fracción volumétrica:	20%	
Refuerzo:	Caucho (granulo SBR)	Fracción volumétrica:	70%	
Orientación:	Al azar	Dimensiones del refuerzo:		
Probetas:	5	Estratificación:	Compresión manual	
RESULTADO DEL ENSAYO				
N° de probetas	Resistencia a la tracción (MPa)	% de elongación a la tracción	Resistencia a la fluencia (MPa)	% de elongación a la fluencia
11	4,007	37,472	0,758	6,465
12	0,559	11,284	0,112	3,61
13	2,844	28,088	0,474	4,675
14	0,879	16,86	0,11	0,775
15	1,867	26,384	0,117	3,25
Promedio	2,0312	24,0176	0,3142	3,755

PROBETAS ENSAYADAS



OBSERVACIÓN

- El grupo conformado para este ensayo presentaron una buena adherencia entre su matriz y refuerzo.
- Las probetas de tracción no necesitaron de la colocación de sobre montas para su agarre ya que el material no presento deslizamientos entre las sujeciones al momento de ejecutar el ensayo.



EVALUACIÓN

- La resistencia ala traccion promedio es de 2.0312 MPa.
- El porcentaje de elongacion a la traccion promedio es de 24.0176%.
- El esfuerzo a la fluencia promedio es de 0.3141 MPa.
- El porcentaje de elongacion a la fluencia es de 3.755%

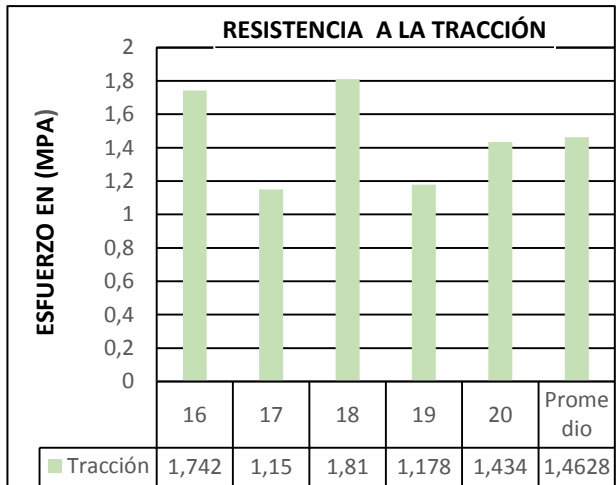
Elaborado por:

Aprovado por:

Ficha Técnica 4 Resultados de ensayo a tracción de la configuración volumétrica 10, 15 y 75 %

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL MATERIAL COMPUESTO						
Fecha	11/07/2018	Tipo de ensayo	Tracción	Registro	T-04	
Laboratorio:	Laboratorio de Resistencia de Materiales CANFAC					
Norma:	NTE INEN 1165:2013					
Dimensiones:	Promedio 6,304 con espesor de 2,284 mm					
Equipo:	Máquina de ensayos universal Polímeros Metrotest 50 KN.				Modelo:	MTE 50
Velocidad:	100 mm/min	PRECARGA:		0 KN		
COMPOSICION DEL MATERIAL COMPUESTO						
Configuración:	ETP 04		Tipo de probeta:			
Aporte	RESINA (poliuretano monocomponente)		Fracción volumétrica:		10%	
Matriz:	Abacá (fibra vegetal)		Fracción volumétrica:		15%	
Refuerzo:	Caucho (granulo SBR)		Fracción volumétrica:		75%	
Orientación:	Al azar		Dimensiones del refuerzo:			
Probetas:	5		Estratificación:		Compresión manual	
RESULTADO DEL ENSAYO						
Nº de probetas	Resistencia a la tracción (MPa)	% de elongación a la tracción	Resistencia a la fluencia (MPa)	% de elongación a la fluencia		
16	1,742	42,076	0,232	9,5		
17	1,15	27,548	0,805	20,895		
18	1,81	37,804	0,201	4,685		
19	1,178	26,404	0,107	3,255		
20	1,434	28,116	0,22	4,325		
Promedio	1,4628	32,3896	0,313	8,532		

PROBETAS ENSAYADAS



OBSERVACIÓN

- El grupo conformado para este ensayo presentaron una buena adherencia entre su matriz y refuerzo.
- Las probetas de tracción no necesitaron de la colocación de sobre montas para su agarre ya que el material no presento deslizamientos entre las sujeciones al momento de ejecutar el ensayo.



EVALUACIÓN

- La resistencia ala traccion promedio es de 1.4628 MPa.
- El porcentaje de elongacion a la traccion promedio es de 32.3896%.
- El esfuerzo a la fluencia promedio es de 0.313 MPa.
- El porcentaje de elongacion a la fluencia es de 8.532%

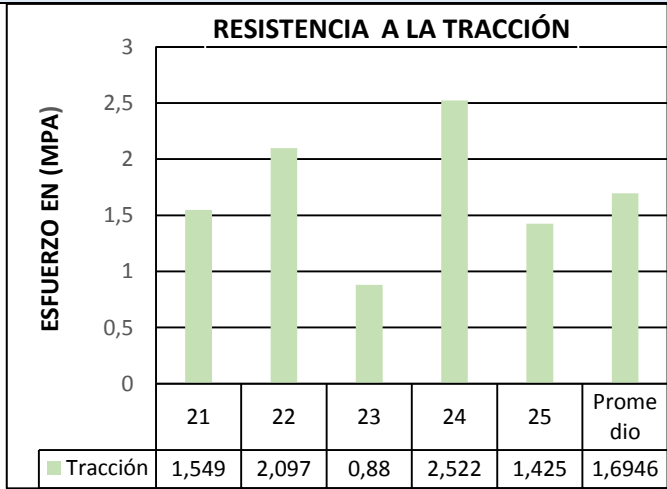
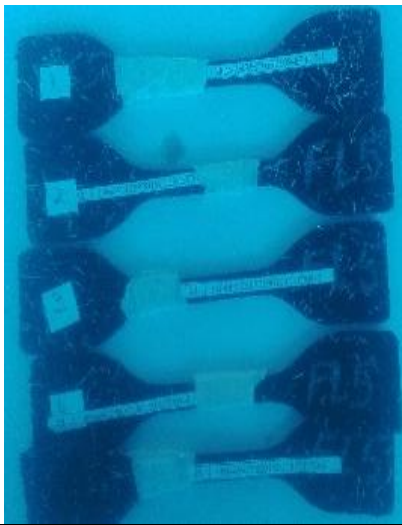
Elaborado por:

Aprobado por:

Ficha Técnica 5 Resultados de ensayo a tracción de la configuración volumétrica
10, 10 y 80 %

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL MATERIAL COMPUESTO						
Fecha	11/07/2018	Tipo de ensayo	Tracción	Registro	T-05	
Laboratorio:	Laboratorio de Resistencia de Materiales CANFAC					
Norma:	NTE INEN 1165:2013					
Dimensiones:	Promedio 6,272 con espesor de 2,282 mm					
Equipo:	Máquina de ensayos universal Polímeros Metrotest 50 KN.				Modelo:	MTE 50
Velocidad:	100 mm/min	PRECARGA:		0 KN		
COMPOSICION DEL MATERIAL COMPUESTO						
Configuración:	ETP 05		Tipo de probeta:			
Aporte	RESINA (poliuretano monocomponente)		Fracción volumétrica:		10%	
Matriz:	Abacá (fibra vegetal)		Fracción volumétrica:		10%	
Refuerzo:	Caucho (granulo SBR)		Fracción volumétrica:		80%	
Orientación:	Al azar		Dimensiones del refuerzo:			
Probetas:	5		Estratificación:		Compresión manual	
RESULTADO DEL ENSAYO						
Nº de probetas	Resistencia a la tracción (MPa)	% de elongación a la tracción	Resistencia a la fluencia (MPa)	% de elongación a la fluencia		
21	1,549	27,016	0,221	4,34		
22	2,097	54,692	0,699	11,29		
23	0,88	33,864	0,11	3,265		
24	2,522	33,568	0,42	5,755		
25	1,425	45,276	0,329	6,48		
Promedio	1,6946	38,8832	0,3558	6,226		



PROBETAS ENSAYADAS



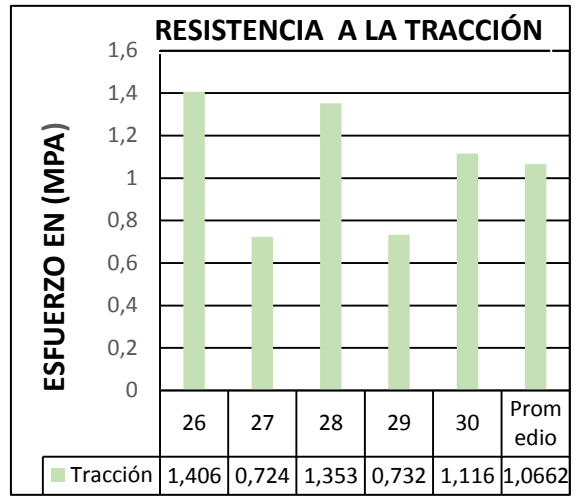
GRAFICAS RESULTADOS

OBSERVACIÓN		EVALUACIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> El grupo conformado para este ensayo presentaron una buena adherencia entre su matriz y refuerzo. Las probetas de tracción no necesitaron de la colocación de sobre montas para su agarre ya que el material no presento deslizamientos entre las sujeciones al momento de ejecutar el ensayo. 		<ul style="list-style-type: none"> La resistencia ala traccion promedio es de 1.6946 MPa. El porcentaje de elongacion a la traccion promedio es de 38.38832%. El esfuerzo a la fluencia promedio es de 0.3558 MPa. El porcentaje de elongacion a la fluencia es de 6,226% 	
Elaborado por:		Aprovado por:	

Ficha Técnica 6 Resultados de ensayo a tracción de la configuración volumétrica 10, 5 y 85 %

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL MATERIAL COMPUESTO						
Fecha	11/07/2018	Tipo de ensayo	Tracción	Registro	T-06	
Laboratorio:	Laboratorio de Resistencia de Materiales CANFAC					
Norma:	NTE INEN 1165:2013					
Dimensiones:	Promedio 6,186 con espesor de 2,154 mm					
Equipo:	Máquina de ensayos universal Polímeros Metrotest 50 KN.				Modelo:	MTE 50
Velocidad:	100 mm/min	PRECARGA:		0 KN		
COMPOSICIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO						
Configuración:	ETP 06		Tipo de probeta:			
Aporte	RESINA (poliuretano monocomponente)		Fracción volumétrica:		10%	
Matriz:	Abacá (fibra vegetal)		Fracción volumétrica:		5%	
Refuerzo:	Caucho (granulo SBR)		Fracción volumétrica:		85%	
Orientación:	Al azar		Dimensiones del refuerzo:			
Probetas:	5		Estratificación:		Compresión manual	
RESULTADO DEL ENSAYO						
Nº de probetas	Resistencia a la tracción (MPa)	% de elongación a la tracción	Resistencia a la fluencia (MPa)	% de elongación a la fluencia		
26	1,406	62,928	0,117	10,535		
27	0,724	56,868	0,121	11,33		
28	1,353	70,872	0,369	14,245		
29	0,732	33,4	0,366	29,08		
30	1,116	56,088	0,223	3,23		
Promedio	1,0662	56,0312	0,2392	13,684		

PROBETAS ENSAYADAS



OBSERVACIÓN

- El grupo conformado para este ensayo presentaron una buena adherencia entre su matriz y refuerzo.
- Las probetas de tracción no necesitaron de la colocación de sobre montas para su agarre ya que el material no presento deslizamientos entre las sujeciones al momento de ejecutar el ensayo.

EVALUACIÓN

- La resistencia ala traccion promedio es de 1.0662 MPa.
- El porcentaje de elongacion a la traccion promedio es de 13,684%.
- El esfuerzo a la fluencia promedio es de 0.2392 MPa.
- El porcentaje de elongacion a la fluencia es de 6,226%

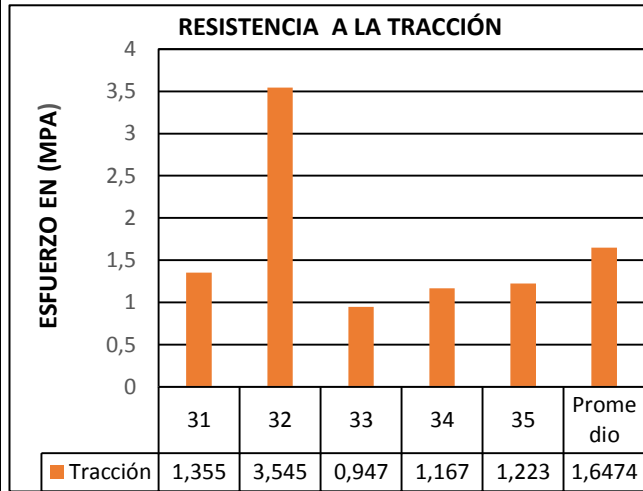
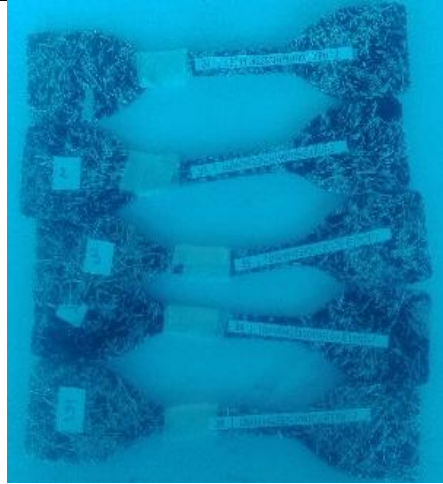
Elaborado por:

Aprobado por:

Ficha Técnica 7 Resultados de ensayo a tracción de la configuración volumétrica
10, 30 y 60 %

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL MATERIAL COMPUESTO						
Fecha	11/07/2018	Tipo de ensayo	Tracción	Registro	T-07	
Laboratorio:	Laboratorio de Resistencia de Materiales CANFAC					
Norma:	NTE INEN 1165:2013					
Dimensiones:	Promedio 6,458 con espesor de 2,284 mm					
Equipo:	Máquina de ensayos universal Polímeros Metrotest 50 KN.				Modelo:	MTE 50
Velocidad:	100 mm/min	PRECARGA:		0 KN		
COMPOSICIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO						
Configuración:	ETP 07		Tipo de probeta:			
Aporte	RESINA (poliuretano monocomponente)		Fracción volumétrica:		10%	
Matriz:	Abacá (fibra vegetal)		Fracción volumétrica:		30%	
Refuerzo:	Caucho (granulo SBR)		Fracción volumétrica:		60%	
Orientación:	Al azar		Dimensiones del refuerzo:			
Probetas:	5		Estratificación:		Compresión manual	
RESULTADO DEL ENSAYO						
N° de probetas	Resistencia a la tracción (MPa)	% de elongación a la tracción	Resistencia a la fluencia (MPa)	% de elongación a la fluencia		
31	1,355	12,392	1,13	16,55		
32	3,545	15,232	2,685	12,305		
33	0,947	18,64	0,842	20,1		
34	1,167	9,276	0,907	14,08		
35	1,223	10,412	1,136	14,8		
Promedio	1,6474	13,1904	1,34	15,567		

PROBETAS ENSAYADAS



OBSERVACIÓN

- El grupo conformado para este ensayo presentaron una buena adherencia entre su matriz y refuerzo.
- Las probetas de tracción no necesitaron de la colocación de sobre montas para su agarre ya que el material no presento deslizamientos entre las sujeciones al momento de ejecutar el ensayo.



EVALUACIÓN

- La resistencia ala traccion promedio es de 1.6474 MPa.
- El porcentaje de elongacion a la traccion promedio es de 13,1904%.
- El esfuerzo a la fluencia promedio es de 1,34 MPa.
- El porcentaje de elongacion a la fluencia es de 15,567%

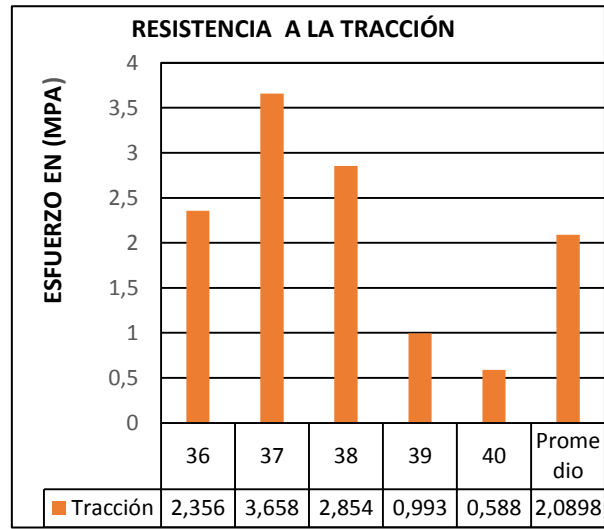
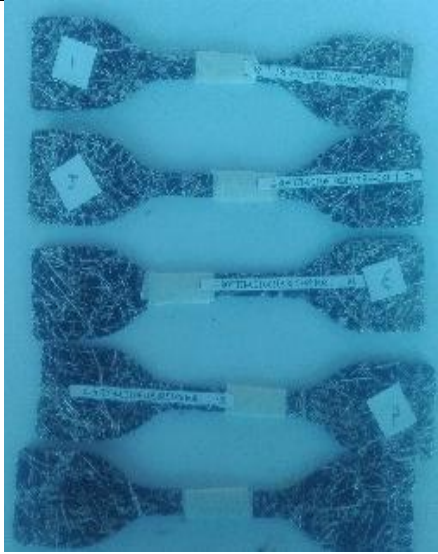
Elaborado por:

Aprovado por:

Ficha Técnica 8 Resultados de ensayo a tracción de la configuración volumétrica
10, 25 y 65 %

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL MATERIAL COMPUESTO						
Fecha	11/07/2018	Tipo de ensayo	Tracción	Registro	T-08	
Laboratorio:	Laboratorio de Resistencia de Materiales CANFAC					
Norma:	NTE INEN 1165:2013					
Dimensiones:	Promedio 6,46 con espesor de 1,142 mm					
Equipo:	Máquina de ensayos universal Polímeros Metrotest 50 KN.				Modelo:	MTE 50
Velocidad:	100 mm/min	PRECARGA:		0 KN		
COMPOSICIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO						
Configuración:	ETP 08		Tipo de probeta:			
Aporte	RESINA (poliuretano monocomponente)		Fracción volumétrica:		10%	
Matriz:	Abacá (fibra vegetal)		Fracción volumétrica:		25%	
Refuerzo:	Caucho (granulo SBR)		Fracción volumétrica:		65%	
Orientación:	Al azar		Dimensiones del refuerzo:			
Probetas:	5		Estratificación:		Compresión manual	
RESULTADO DEL ENSAYO						
Nº de probetas	Resistencia a la tracción (MPa)	% de elongación a la tracción	Resistencia a la fluencia (MPa)	% de elongación a la fluencia		
36	2,356	11,52	2,021	12,275		
37	3,658	20,024	2,439	17,235		
38	2,854	12,94	2,634	15,83		
39	0,993	15,504	0,397	16,545		
40	0,588	12,384	0,392	16,19		
Promedio	2,0898	14,4744	1,5766	15,615		

PROBETAS ENSAYADAS



OBSERVACIÓN

- El grupo conformado para este ensayo presentaron una buena adherencia entre su matriz y refuerzo.
- Las probetas de tracción no necesitaron de la colocación de sobre montas para su agarre ya que el material no presento deslizamientos entre las sujeciones al momento de ejecutar el ensayo.

EVALUACIÓN

- La resistencia ala traccion promedio es de 2,0898 MPa.
- El porcentaje de elongacion a la traccion promedio es de 14,4744%.
- El esfuerzo a la fluencia promedio es de 1,5766 MPa.
- El porcentaje de elongacion a la fluencia es de 15,5615%

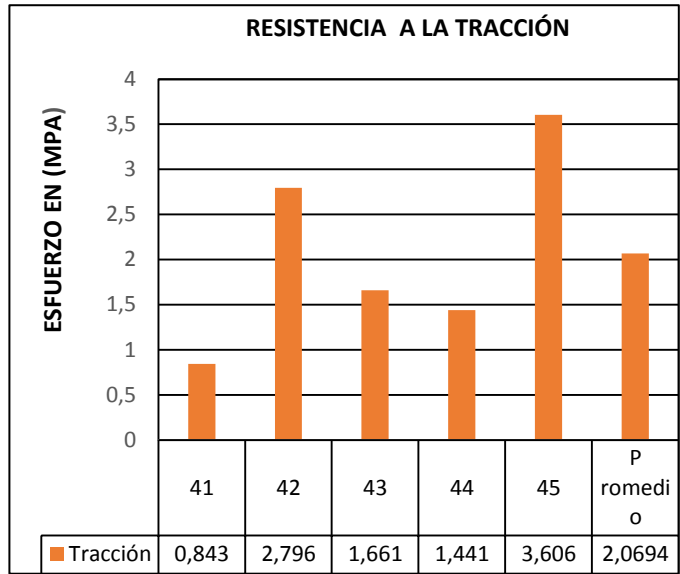
Elaborado por:

Aprobado por:

Ficha Técnica 9 Resultados de ensayo a tracción de la configuración volumétrica
10, 20 y 70 %

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL MATERIAL COMPUESTO						
Fecha	11/07/2018	Tipo de ensayo	Tracción	Registro	T-09	
Laboratorio:	Laboratorio de Resistencia de Materiales CANFAC					
Norma:	NTE INEN 1165:2013					
Dimensiones:	Promedio 6,468 con espesor de 1,846 mm					
Equipo:	Máquina de ensayos universal Polímeros Metrotest 50 KN.				Modelo:	MTE 50
Velocidad:	100 mm/min	PRECARGA:		0 KN		
COMPOSICIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO						
Configuración:	ETP 09		Tipo de probeta:			
Aporte	RESINA (poliuretano monocomponente)		Fracción volumétrica:		10%	
Matriz:	Abacá (fibra vegetal)		Fracción volumétrica:		20%	
Refuerzo:	Caucho (granulo SBR)		Fracción volumétrica:		70%	
Orientación:	Al azar		Dimensiones del refuerzo:			
Probetas:	5		Estratificación:		Compresión manual	
RESULTADO DEL ENSAYO						
Nº de probetas	Resistencia a la tracción (MPa)	% de elongación a la tracción	Resistencia a la fluencia (MPa)	% de elongación a la fluencia		
41	0,843	12,712	0,723	16,595		
42	2,796	33,192	2,415	26,915		
42	1,661	19,244	1,55	20,14		
44	1,441	17,252	1,12	19,8		
45	3,606	27,216	2,979	21,57		
Promedio	2,0694	21,9232	1,7574	21,004		

PROBETAS ENSAYADAS



OBSERVACIÓN

- El grupo conformado para este ensayo presentaron una buena adherencia entre su matriz y refuerzo.
- Las probetas de tracción no necesitaron de la colocación de sobre montas para su agarre ya que el material no presento deslizamientos entre las sujeciones al momento de ejecutar el ensayo.



EVALUACIÓN

- La resistencia ala traccion promedio es de 2,0694 MPa.
- El porcentaje de elongacion a la traccion promedio es de 21,9232%.
- El esfuerzo a la fluencia promedio es de 1,5766 MPa.
- El porcentaje de elongacion a la fluencia es de 21,004%

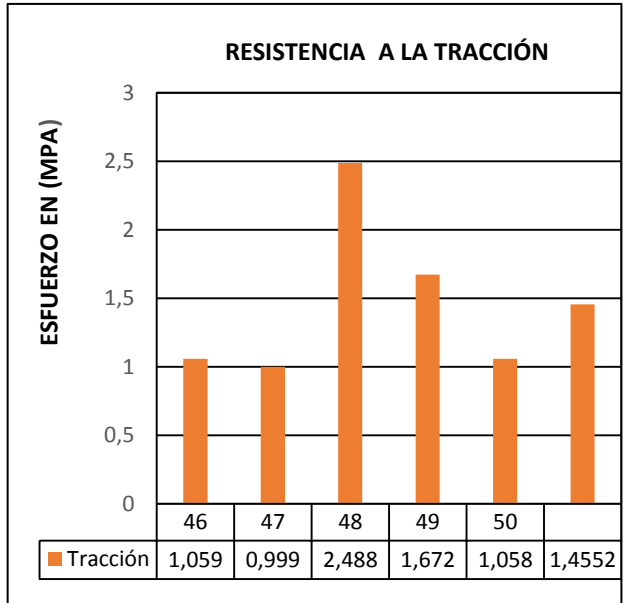
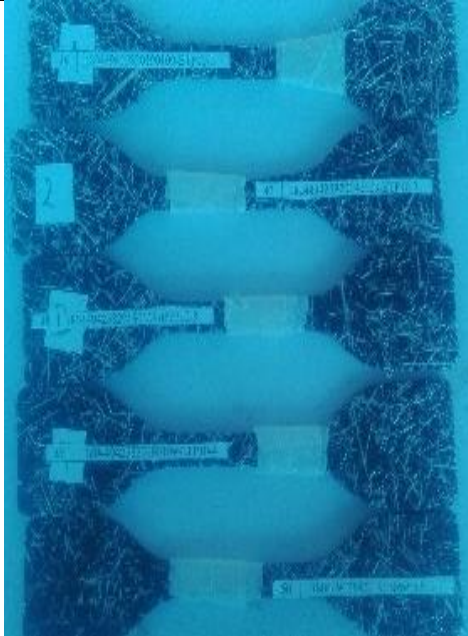
Elaborado por:

Aprobado por:

Ficha Técnica 10 Resultado de ensayo a tracción de la configuración volumétrica 10, 15 y 75 %



		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL MATERIAL COMPUESTO						
Fecha	11/07/2018	Tipo de ensayo	Tracción	Registro	T-10	
Laboratorio:	Laboratorio de Resistencia de Materiales CANFAC					
Norma:	NTE INEN 1165:2013					
Dimensiones:	Promedio 6,3 con espesor de 2,008 mm					
Equipo:	Máquina de ensayos universal Polímeros Metrotest 50 KN.				Modelo:	MTE 50
Velocidad:	100 mm/min	PRECARGA:		0 KN		
COMPOSICIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO						
Configuración:	ETP 10		Tipo de probeta:			
Aporte	RESINA (poliuretano monocomponente)		Fracción volumétrica:		10%	
Matriz:	Abacá (fibra vegetal)		Fracción volumétrica:		15%	
Refuerzo:	Caucho (granulo SBR)		Fracción volumétrica:		75%	
Orientación:	Al azar		Dimensiones del refuerzo:			
Probetas:	5		Estratificación:		Compresión manual	
RESULTADO DEL ENSAYO						
Nº de probetas	Resistencia a la tracción (MPa)	% de elongación a la tracción	Resistencia a la fluencia (MPa)	% de elongación a la fluencia		
46	1,059	25,536	0,941	25,87		
47	0,999	21,268	0,874	22,31		
48	2,488	25,824	1,833	20,89		
49	1,672	31,524	1,075	20,89		
50	1,058	18,136	0,662	18,385		
Promedio	1,4552	24,4576	1,077	21,669		

PROBETAS ENSAYADAS

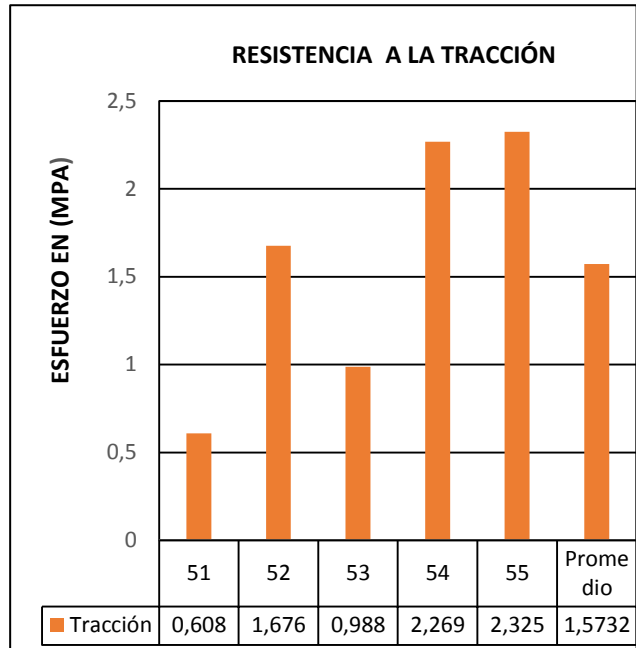
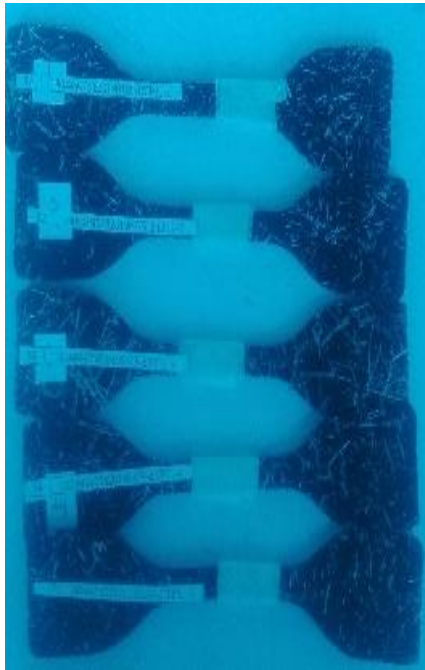


OBSERVACIÓN		EVALUACIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> • El grupo conformado para este ensayo presentaron una buena adherencia entre su matriz y refuerzo. • Las probetas de tracción no necesitaron de la colocación de sobre montas para su agarre ya que el material no presento deslizamientos entre las sujeciones al momento de ejecutar el ensayo. 		<ul style="list-style-type: none"> • La resistencia ala traccion promedio es de 1,4552 MPa. • El porcentaje de elongacion a la traccion promedio es de 24,4576%. • El esfuerzo a la fluencia promedio es de 1,077 MPa. • El porcentaje de elongacion a la fluencia es de 21,669% 	
Elaborado por:		Aprovado por:	

Ficha Técnica 11 Resultado de ensayo a tracción de la configuración volumétrica
10, 10 y 80 %

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL MATERIAL COMPUESTO						
Fecha	11/07/2018	Tipo de ensayo	Tracción	Registro	T-11	
Laboratorio:	Laboratorio de Resistencia de Materiales CANFAC					
Norma:	NTE INEN 1165:2013					
Dimensiones:	Promedio 6,314 con espesor de 2,046 mm					
Equipo:	Máquina de ensayos universal Polímeros Metrotest 50 KN.				Modelo:	MTE 50
Velocidad:	100 mm/min	PRECARGA:		0 KN		
COMPOSICIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO						
Configuración:	ETP 11		Tipo de probeta:			
Aporte	RESINA (poliuretano monocomponente)		Fracción volumétrica:		10%	
Matriz:	Abacá (fibra vegetal)		Fracción volumétrica:		10%	
Refuerzo:	Caucho (granulo SBR)		Fracción volumétrica:		80%	
Orientación:	Al azar		Dimensiones del refuerzo:			
Probetas:	5		Estratificación:		Compresión manual	
RESULTADO DEL ENSAYO						
Nº de probetas	Resistencia a la tracción (MPa)	% de elongación a la tracción	Resistencia a la fluencia (MPa)	% de elongación a la fluencia		
51	0,608	13,56	0,364	17,305		
52	1,676	24,984	1,34	25,885		
53	0,988	32,664	0,618	27,65		
54	2,269	28,972	1,891	29,09		
55	2,325	33,256	1,679	26,24		
Promedio	1,5732	26,6872	1,1784	25,234		

PROBETAS ENSAYADAS



OBSERVACIÓN

- El grupo conformado para este ensayo presentaron una buena adherencia entre su matriz y refuerzo.
- Las probetas de tracción no necesitaron de la colocación de sobre montas para su agarre ya que el material no presento deslizamientos entre las sujeciones al momento de ejecutar el ensayo.



EVALUACIÓN

- La resistencia ala traccion promedio es de 1,5732 MPa.
- El porcentaje de elongacion a la traccion promedio es de 26,6872%.
- El esfuerzo a la fluencia promedio es de 1,1784 MPa.
- El porcentaje de elongacion a la fluencia es de 25,234%

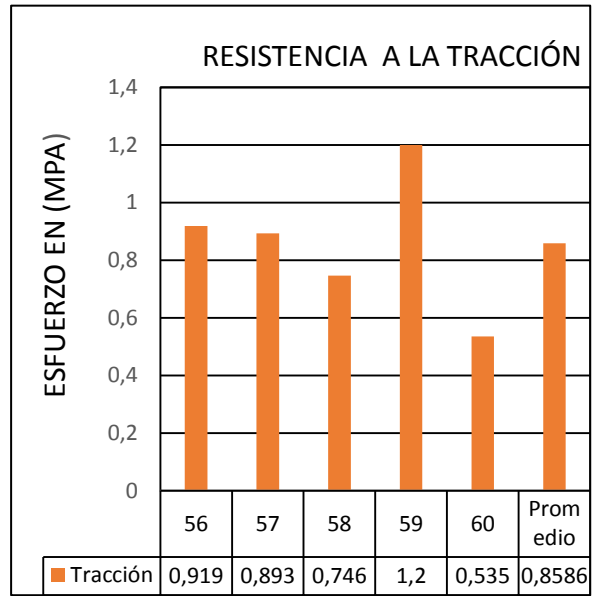
Elaborado por:

Aprovado por:

Ficha Técnica 12 Resultado de ensayo a tracción de la configuración volumétrica
10, 5 y 85 %

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL MATERIAL COMPUESTO						
Fecha	11/07/2018	Tipo de ensayo	Tracción	Registro	T-12	
Laboratorio:	Laboratorio de Resistencia de Materiales CANFAC					
Norma:	NTE INEN 1165:2013					
Dimensiones:	Promedio 6,314 con espesor de 2,046 mm					
Equipo:	Máquina de ensayos universal Polímeros Metrotest 50 KN.				Modelo:	MTE 50
Velocidad:	100 mm/min	PRECARGA:		0 KN		
COMPOSICIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO						
Configuración:	ETP 12		Tipo de probeta:			
Aporte	RESINA (poliuretano monocomponente)		Fracción volumétrica:		10%	
Matriz:	Abacá (fibra vegetal)		Fracción volumétrica:		5%	
Refuerzo:	Caucho (granulo SBR)		Fracción volumétrica:		85%	
Orientación:	Al azar		Dimensiones del refuerzo:			
Probetas:	5		Estratificación:		Compresión manual	
RESULTADO DEL ENSAYO						
Nº de probetas	Resistencia a la tracción (MPa)	% de elongación a la tracción	Resistencia a la fluencia (MPa)	% de elongación a la fluencia		
56	0,919	53,788	0,613	40,5		
57	0,893	52,06	0,558	41,205		
58	0,746	50,072	0,319	41,2		
59	1,2	44,364	0,839	34,79		
60	0,535	45,088	0,267	37,48		
Promedio	0,8586	49,0744	0,5192	39,035		

PROBETAS ENSAYADAS



OBSERVACIÓN

- El grupo conformado para este ensayo presentaron una buena adherencia entre su matriz y refuerzo.
- Las probetas de tracción no necesitaron de la colocación de sobre montas para su agarre ya que el material no presento deslizamientos entre las sujeciones al momento de ejecutar el ensayo.

EVALUACIÓN

- La resistencia ala traccion promedio es de 0,8586 MPa.
- El porcentaje de elongacion a la traccion promedio es de 49,0744%.
- El esfuerzo a la fluencia promedio es de 0,5192 MPa.
- El porcentaje de elongacion a la fluencia es de 39,035%

Elaborado por:

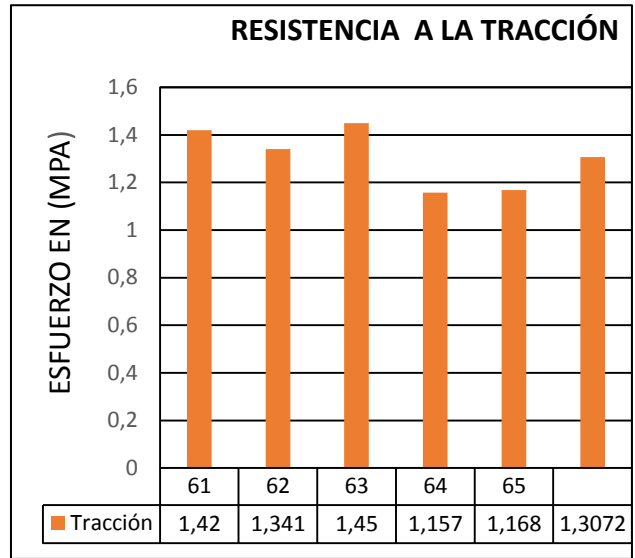
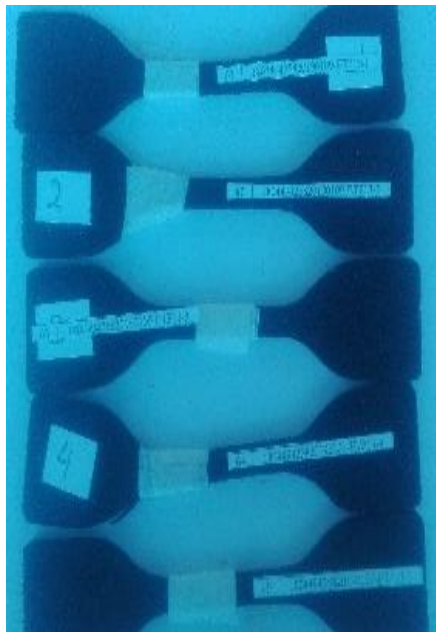
Aprobado por:

Ficha Técnica 13 Resultado de ensayo a tracción de la configuración volumétrica

10, 5 y 85 %

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL MATERIAL COMPUESTO						
Fecha	11/07/2018	Tipo de ensayo	Tracción	Registro	T-13	
Laboratorio:	Laboratorio de Resistencia de Materiales CANFAC					
Norma:	NTE INEN 1165:2013					
Dimensiones:	Promedio 6,20 con espesor de 2,646 mm					
Equipo:	Máquina de ensayos universal Polímeros Metrotest 50 KN.				Modelo:	MTE 50
Velocidad:	100 mm/min	PRECARGA:		0 KN		
COMPOSICIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO						
Configuración:	ETP 13		Tipo de probeta:			
Aporte	RESINA (poliuretano monocomponente)		Fracción volumétrica:		10%	
Matriz:	Abacá (fibra vegetal)		Fracción volumétrica:		5%	
Refuerzo:	Caucho (granulo SBR)		Fracción volumétrica:		85%	
Orientación:	Al azar		Dimensiones del refuerzo:			
Probetas:	5		Estratificación:		Compresión manual	
RESULTADO DEL ENSAYO						
Nº de probetas	Resistencia a la tracción (MPa)	% de elongación a la tracción	Resistencia a la fluencia (MPa)	% de elongación a la fluencia		
61	1,42	204,608	0,473	110,705		
62	1,341	172,38	0,479	107,135		
63	1,45	181,536	0,483	108,58		
64	1,157	178,388	0,386	102,165		
65	1,168	159,596	0,389	98,265		
Promedio	1,3072	179,3016	0,442	105,37		

PROBETAS ENSAYADAS



OBSERVACIÓN

- El grupo conformado para este ensayo presentaron una buena adherencia entre su matriz y refuerzo.
- Las probetas de tracción no necesitaron de la colocación de sobre montas para su agarre ya que el material no presento deslizamientos entre las sujeciones al momento de ejecutar el ensayo.

EVALUACIÓN

- La resistencia ala traccion promedio es de 1,3072 MPa.
- El porcentaje de elongacion a la traccion promedio es de 179,3016%.
- El esfuerzo a la fluencia promedio es de 0,442 MPa.
- El porcentaje de elongacion a la fluencia es de 105,37%

Elaborado por:

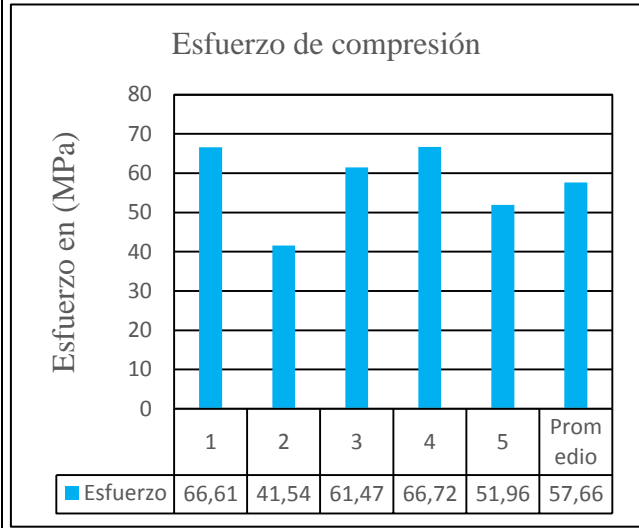
Aprovado por:

4.1.2 RECOLECCIÓN DE DATOS DE RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESIÓN

Ficha Técnica1 Resultados de ensayo a compresión

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL MATERIAL COMPUESTO						
Fecha	25/01/2019	Tipo de ensayo	Compresión	Registro	C-01	
Laboratorio:	Laboratorio de Resistencia de Materiales CANFAC					
Norma:	ASTM D695-2015: Método de prueba estándar para Propiedades de Compresión de Plásticos Rígidos.					
Dimensiones:	Diámetro promedio 29.314 longitud promedio 6 mm					
Equipo:	Máquina de ensayos universal Polímeros Metrotest			Modelo:	8210M002	
Velocidad:	1,3 mm/min	PRECARGA:	0 KN			
COMPOSICIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO						
Configuración:	EPC 01	Tipo de probeta:	Cilíndrica			
Tipo matriz	0	Fracción volumétrica:	100%			
Resina poliester		Fracción volumétrica:	100%			
Orientación:	Al azar	Dimensiones del refuerzo:				
Probetas:	5	Estratificación:	Compresión manual			
RESULTADO DEL ENSAYO						
Nº de probetas	Fuerza máxima (N)	Fuerza de fluencia (N)	Esfuerzo máximo de compresión (MPa)	Esfuerzo de fluencia (MPa)		
1	44976,96	134,11	66,61	0,20		
2	28026,59	31,56	41,54	0,05		
3	41532,61	261,91	61,47	0,39		
4	45016,4	329,76	66,72	0,49		
5	35032,05	88,36	51,96	0,13		
Promedio	38916,92	169,14	57,66	0,25		

PROBETAS ENSAYADAS



OBSERVACIÓN

- El grupo conformado para este ensayo presentaron una buena adherencia entre su matriz y refuerzo.
- Las probetas de tracción no necesitaron de la colocación de sobre montas para su agarre ya que el material no presento deslizamientos entre las sujeciones al momento de ejecutar el ensayo.



EVALUACIÓN

- La fuerza maxima promedio es de 38916.922 N.
- La fuerza de fluencia maxima promedio es de 169,14 N
- El esfuerzo de compresion promedio es de 57,66 MPa.
- El esfuerzo promedio maximo a la fluencia es 0,252MPa.

Elaborado por:

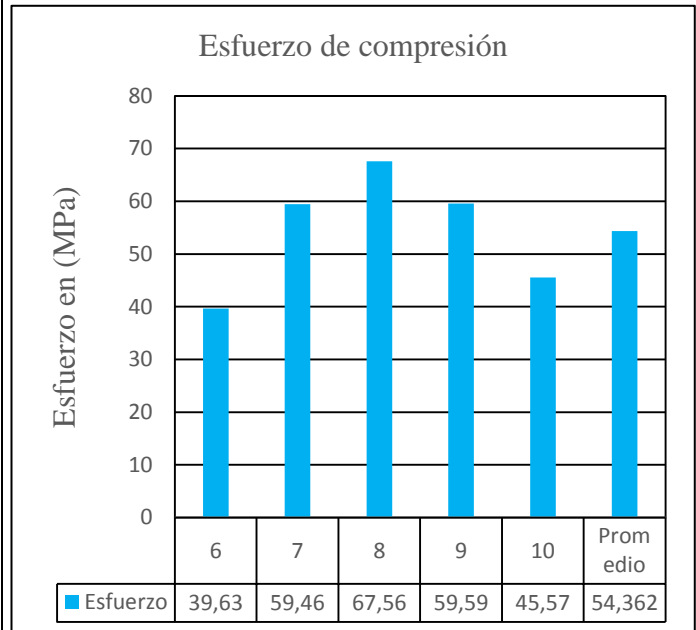
Aprobado por:

Ficha Técnica 2 Resultados de ensayo a compresión del material compuesto

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL MATERIAL COMPUESTO						
Fecha	25/01/2019	Tipo de ensayo	Compresión	Registro	C-02	
Laboratorio:	Laboratorio de Resistencia de Materiales CANFAC					
Norma:	ASTM D695-2015: Método de prueba estándar para Propiedades de Compresión de Plásticos Rígidos.					
Dimensiones:	Diámetro promedio 29.126 longitud promedio 6 mm					
Equipo:	Máquina de ensayos universal Polímeros Metrotest				Modelo:	8210M002
Velocidad:	1,3 mm/min	PRECARGA:		0 KN		
COMPOSICIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO						
Configuración:	EPC 02	Tipo de probeta:		Cilíndrica		
Tipo matriz	A					
	Resina poliéster	Fracción volumétrica:		90%		
	Particulado de caucho	Fracción volumétrica:		10%		
Orientación:	Aleatorio	Dimensiones del refuerzo:				
Probetas:	5	Estratificación:		Compresión manual		
RESULTADO DEL ENSAYO						
Nº de probetas	Fuerza máxima (N)	Fuerza de fluencia (N)	Esfuerzo máximo de compresión (MPa)	Esfuerzo de fluencia (MPa)		
6	26396,71	421,27	39,63	0,05		
7	39602,96	897,77	59,46	0,32		
8	44997,48	370,78	67,56	0,96		
9	39765,47	661,1	59,59	0,31		
10	30352,28	452,83	45,57	0,07		

Promedio	36222,98	227,83	54,36	0,34
----------	----------	--------	-------	------

PROBETAS ENSAYADAS



OBSERVACIÓN



- El grupo conformado para este ensayo presentaron una buena adherencia entre su matriz y refuerzo.
- Las probetas compresión no necesitaron de la colocación de sobre montas para su agarre

EVALUACIÓN

- La fuerza máxima promedio es de 35222.98 N.
- La fuerza de fluencia máxima promedio es de 560,75 N
- El esfuerzo de compresión promedio es de 54,362 MPa.
- El esfuerzo promedio máximo a la fluencia es 0,342MPa.

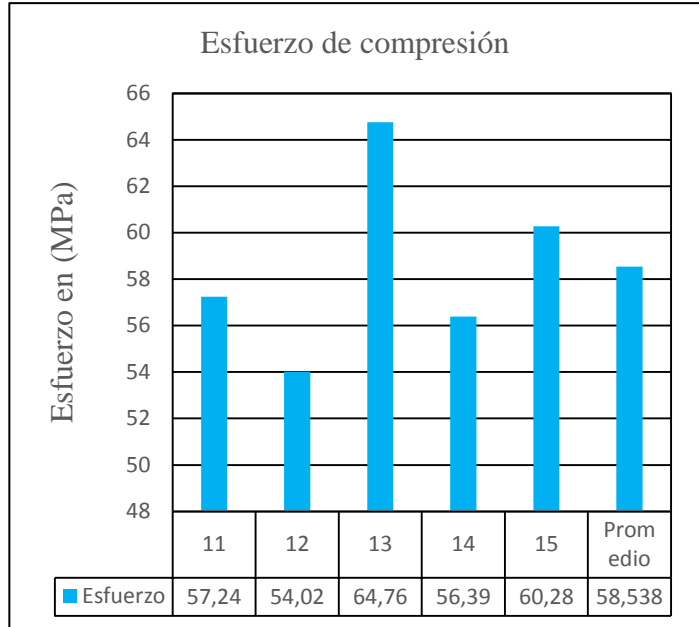
Elaborado por:		Aprobado por:	
----------------	--	---------------	--

Ficha Técnica 3 Resultados de ensayo a compresión

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL MATERIAL COMPUESTO						
Fecha	25/01/2019	Tipo de ensayo	Compresión	Registro	C-03	
Laboratorio:	Laboratorio de Resistencia de Materiales CANFAC					
Norma:	ASTM D695-2015: Método de prueba estándar para Propiedades de Compresión de Plásticos Rígidos.					
Dimensiones:	Diámetro promedio 29.424 longitud promedio 6 mm					
Equipo:	Máquina de ensayos universal Polímeros Metrotest				Modelo:	8210M002
Velocidad:	1,3 mm/min	PRECARGA:		0 KN		
COMPOSICIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO						
Configuración:	EPC 03	Tipo de probeta:		Cilíndrica		
Tipo	B					
matriz	Resina poliéster	Fracción volumétrica:		80%		
Refuerzo	Particulado de caucho	Fracción volumétrica:		20%		
Orientación:	Aleatorio	Dimensiones del refuerzo:				
Probetas:	5	Estratificación:		Compresión manual		
RESULTADO DEL ENSAYO						
N° de probetas	Fuerza máxima (N)	Fuerza de fluencia (N)	Esfuerzo máximo de compresión (MPa)	Esfuerzo de fluencia (MPa)		
11	38776,18	164,09	57,24	0,24		
12	36472,59	160,94	54,02	0,24		
13	43900,9	304,52	64,76	0,45		
14	38331,25	211,43	56,39	0,31		

15	41146,05	295,05	60,28	0,43
Promedio	39725,39	227,21	58,54	0,33

PROBETAS ENSAYADAS



OBSERVACIÓN

- El grupo conformado para este ensayo presentaron una buena adherencia entre su matriz y refuerzo.
- Las probetas compresión no necesitaron de la colocación de sobre montas para su agarre ya que el material no presento deslizamientos entre las sujeciones al momento de ejecutar el ensayo.

EVALUACIÓN

- La fuerza máxima promedio es de 39725.394 N.
- La fuerza de fluencia máxima promedio es de 227,206 N
- El esfuerzo de compresión promedio es de 58,538 MPa.
- El esfuerzo promedio máximo a la fluencia es 0,334 MPa.

Elaborado por:

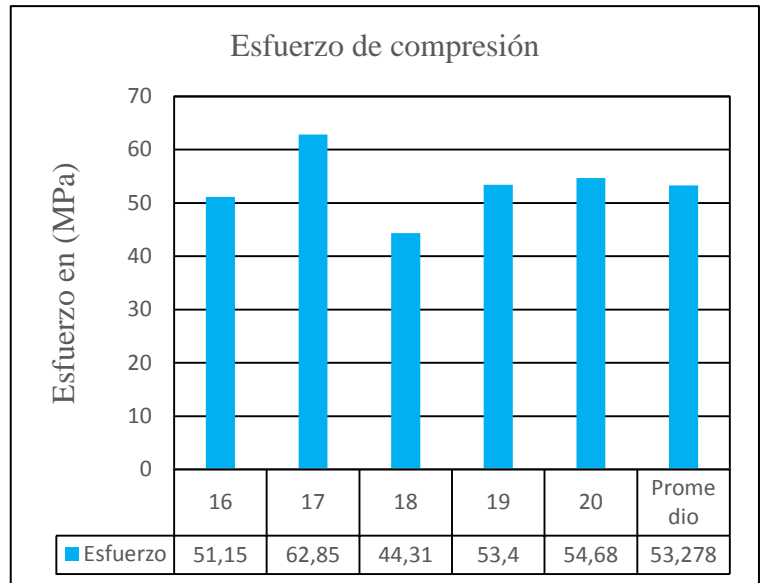
Aprobado por:

Ficha Técnica 4 Resultados de ensayo a compresión

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL MATERIAL COMPUESTO						
Fecha	25/01/2019	Tipo de ensayo	Compresión	Registro	C-04	
Laboratorio:	Laboratorio de Resistencia de Materiales CANFAC					
Norma:	ASTM D695-2015: Método de prueba estándar para Propiedades de Compresión de Plásticos Rígidos.					
Dimensiones:	Diámetro promedio 29.394 longitud promedio 6 mm					
Equipo:	Máquina de ensayos universal Polímeros Metrotest			Modelo:	8210M002	
Velocidad:	1,3 mm/min	PRECARGA:	0 KN			
COMPOSICION DEL MATERIAL COMPUESTO						
Configuración:	EPC 04	Tipo de probeta:	Cilíndrica			
Tipo	C					
matriz	Resina poliéster	Fracción volumétrica:	70%			
Refuerzo	Particulado de caucho	Fracción volumétrica:	30%			
Orientación:	Aleatorio	Dimensiones del refuerzo:				
Probetas:	5	Estratificación:	Compresión manual			
RESULTADO DEL ENSAYO						
Nº de probetas	Fuerza máxima (N)	Fuerza de fluencia (N)	Esfuerzo máximo de compresión (MPa)	Esfuerzo de fluencia (MPa)		
16	38776,18	164,09	57,24	0,24		
17	36472,59	160,94	54,02	0,24		
18	43900,9	304,52	64,76	0,45		
19	38331,25	211,43	56,39	0,31		

20	41146,05	295,05	60,28	0,43
Promedio	39725,39	227,21	58,54	0,33

PROBETAS ENSAYADAS



OBSERVACIÓN

- El grupo conformado para este ensayo presentaron una buena adherencia entre su matriz y refuerzo.
- Las probetas compresión no necesitaron de la colocación de sobre montas para su agarre ya que el material no presento deslizamientos entre las sujeciones al momento de ejecutar el ensayo.

Elaborado por:


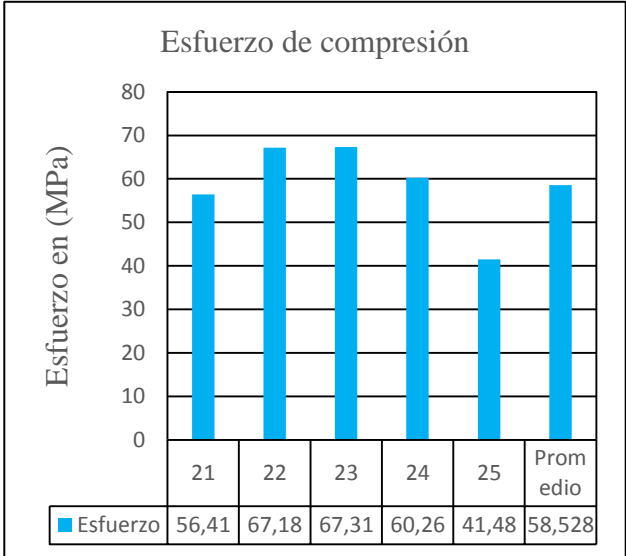
EVALUACIÓN

- La fuerza máxima promedio es de 35226.452 N.
- La fuerza de fluencia máxima promedio es de 222,47 N
- El esfuerzo de compresión promedio es de 53,278 MPa.
- El esfuerzo promedio máximo a la fluencia es 0,326 MPa.

Aprobado por:


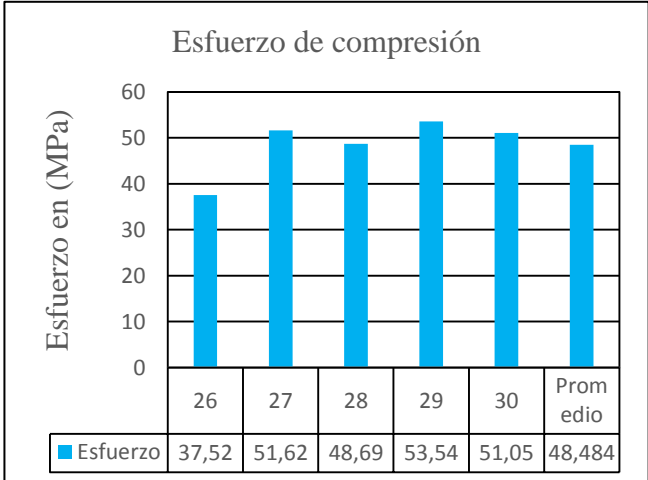
Ficha Técnica 5: Resultados de ensayo a compresión

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL MATERIAL COMPUESTO						
Fecha	25/01/2019	Tipo de ensayo	Compresión	Registro	C-05	
Laboratorio:	Laboratorio de Resistencia de Materiales CANFAC					
Norma:	ASTM D695-2015: Método de prueba estándar para Propiedades de Compresión de Plásticos Rígidos.					
Dimensiones:	Diámetro promedio 29.134 longitud promedio 6 mm					
Equipo:	Máquina de ensayos universal Polímeros Metrotest			Modelo:	8210M002	
Velocidad:	1,3 mm/min	PRECARGA:	0 KN			
COMPOSICIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO						
Configuración:	EPC 05	Tipo de probeta:	Cilíndrica			
Tipo	D					
matriz	Resina poliéster	Fracción volumétrica:	65%			
Refuerzo	Particulado de caucho	Fracción volumétrica:	35%			
Orientación:	Aleatorio	Dimensiones del refuerzo:				
Probetas:	5	Estratificación:	Compresión manual			
RESULTADO DEL ENSAYO						
Nº de probetas	Fuerza máxima (N)	Fuerza de fluencia (N)	Esfuerzo máximo de compresión (MPa)	Esfuerzo de fluencia (MPa)		
21	37643,32	224,05	56,41	0,34		
22	44991,17	268,23	67,18	0,40		
23	44984,86	77,31	67,31	0,12		
24	40077,86	168,82	60,26	0,25		
25	27490,13	58,38	41,48	0,09		

Promedio	39037,47	159,36	58,53	0,24														
PROBETAS ENSAYADAS																		
		 <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>21</th> <th>22</th> <th>23</th> <th>24</th> <th>25</th> <th>Prom edio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>■ Esfuerzo</td> <td>56,41</td> <td>67,18</td> <td>67,31</td> <td>60,26</td> <td>41,48</td> <td>58,528</td> </tr> </tbody> </table>				21	22	23	24	25	Prom edio	■ Esfuerzo	56,41	67,18	67,31	60,26	41,48	58,528
	21	22	23	24	25	Prom edio												
■ Esfuerzo	56,41	67,18	67,31	60,26	41,48	58,528												
OBSERVACIÓN		EVALUACIÓN																
<ul style="list-style-type: none"> • El grupo conformado para este ensayo presentaron una buena adherencia entre su matriz refuerzo. • Las probetas compresión no necesitaron de la colocación de sobre montas para su agarre ya que el material no presento deslizamientos entre las sujeciones al momento de ejecutar el ensayo. 		<ul style="list-style-type: none"> • La fuerza de fluencia máxima promedio es de 159,358 N • El esfuerzo de compresión promedio es de 58,528 MPa. • El esfuerzo promedio máximo a la fluencia es 0,24 MPa. • La fuerza máxima promedio es de 30037.46 N. 																
Elaborado por:		Aprobado por:																

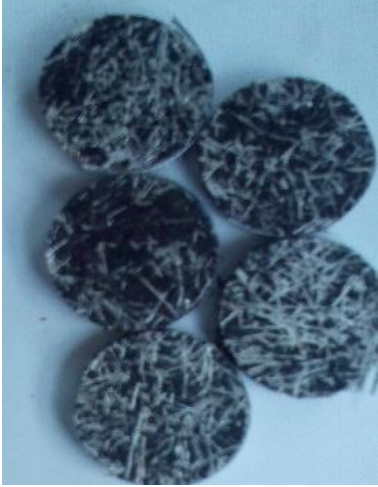
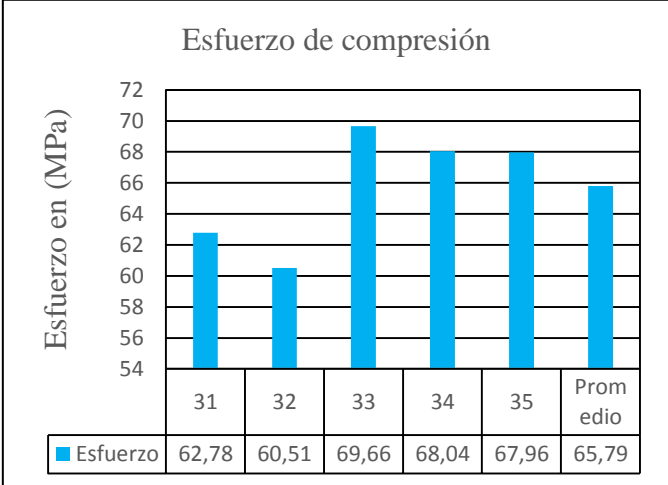
Ficha Técnica 6: Resultados de ensayo a compresión

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL MATERIAL COMPUESTO						
Fecha	25/01/2019	Tipo de ensayo	Compresión	Registro	C-06	
Laboratorio:	Laboratorio de Resistencia de Materiales CANFAC					
Norma:	ASTM D695-2015: Método de prueba estándar para Propiedades de Compresión de Plásticos Rígidos.					
Dimensiones:	Diámetro promedio 29.62 longitud promedio 6 mm					
Equipo:	Máquina de ensayos universal Polímeros Metrotest			Modelo:	8210M002	
Velocidad:	1,3 mm/min	PRECARGA:	0 KN			
COMPOSICIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO						
Configuración:	EPC 06	Tipo de probeta:	Cilíndrica			
Tipo	E					
matriz	Resina poliéster	Fracción volumétrica:	60%			
Refuerzo	Particulado de caucho	Fracción volumétrica:	40%			
Orientación:	Aleatorio	Dimensiones del refuerzo:				
Probetas:	5	Estratificación:	Compresión manual			
RESULTADO DEL ENSAYO						
Nº de probetas	Fuerza máxima (N)	Fuerza de fluencia (N)	Esfuerzo máximo de compresión (MPa)	Esfuerzo de fluencia (MPa)		
26	25871,3	31,56	37,52	0,05		
27	35570,07	238,25	51,62	0,35		
28	33529,98	224,05	48,69	0,33		
29	36915,95	255,6	53,54	0,37		
30	35153,54	246,14	51,05	0,36		



Promedio	33408,17	199,12	48,48	0,29														
PROBETAS ENSAYADAS																		
		 <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>26</th> <th>27</th> <th>28</th> <th>29</th> <th>30</th> <th>Promedio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Esfuerzo</td> <td>37,52</td> <td>51,62</td> <td>48,69</td> <td>53,54</td> <td>51,05</td> <td>48,484</td> </tr> </tbody> </table>				26	27	28	29	30	Promedio	Esfuerzo	37,52	51,62	48,69	53,54	51,05	48,484
	26	27	28	29	30	Promedio												
Esfuerzo	37,52	51,62	48,69	53,54	51,05	48,484												
OBSERVACIÓN		EVALUACIÓN																
<ul style="list-style-type: none"> • El grupo conformado para este ensayo presentaron una buena adherencia entre su matriz y refuerzo. • Las probetas compresión no necesitaron de la colocación de sobre montas para su agarre ya que el material no presento deslizamientos entre las sujeciones al momento de ejecutar el ensayo 		<ul style="list-style-type: none"> • La fuerza maxima promedio es de 33408.168 N. • La fuerza de fluencia maxima promedio es de 199,12 N • El esfuerzo de compresion promedio es de 48,484 MPa. • El esfuerzo promedio maximo a la fluencia es 0,292 MPa 																
Elaborado por:		Aprobado por:																


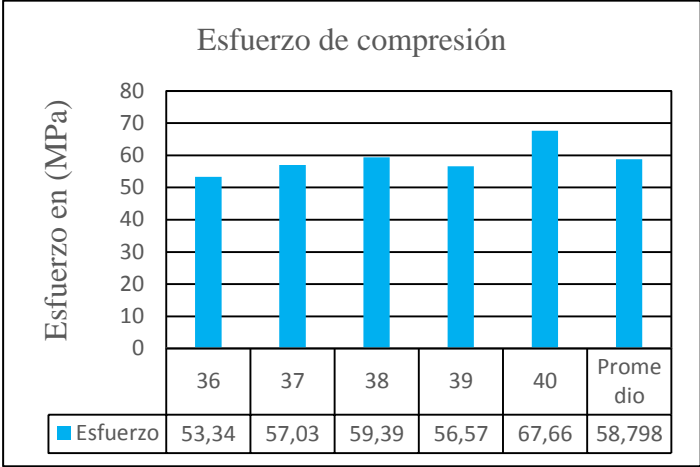
Ficha Técnica 7: Resultados de ensayo a compresión

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL MATERIAL COMPUESTO						
Fecha	25/01/2019	Tipo de ensayo	Compresión	Registro	C-07	
Laboratorio:	Laboratorio de Resistencia de Materiales CANFAC					
Norma:	ASTM D695-2015: Método de prueba estándar para Propiedades de Compresión de Plásticos Rígidos.					
Dimensiones:	Diámetro promedio 29.148 longitud promedio 6 mm					
Equipo:	Máquina de ensayos universal Polímeros Metrotest			Modelo:	8210M002	
Velocidad:	1,3 mm/min	PRECARGA:	0 KN			
COMPOSICIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO						
Configuración:	EPC 07	Tipo de probeta:	Cilíndrica			
Tipo matriz	A					
Resina poliéster		Fracción volumétrica:	90%			
Refuerzo	Particulado de caucho	Fracción volumétrica:	10%			
Orientación:	Aleatorio	Dimensiones del refuerzo:				
Probetas:	5	Estratificación:	Compresión manual			
RESULTADO DEL ENSAYO						
Nº de probetas	Fuerza máxima (N)	Fuerza de fluencia (N)	Esfuerzo máximo de compresión (MPa)	Esfuerzo de fluencia (MPa)		
31	43145,14	211,43	62,78	0,31		
32	41441,11	205,11	60,51	0,30		
33	44721,36	336,07	69,66	0,52		
34	44970,66	288,74	68,04	0,44		
35	44981,7	654,79	67,96	0,99		

Promedio	43851,99	339,23	65,79	0,51														
PROBETAS ENSAYADAS																		
		 <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>31</th> <th>32</th> <th>33</th> <th>34</th> <th>35</th> <th>Prom edio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Esfuerzo</td> <td>62,78</td> <td>60,51</td> <td>69,66</td> <td>68,04</td> <td>67,96</td> <td>65,79</td> </tr> </tbody> </table>				31	32	33	34	35	Prom edio	Esfuerzo	62,78	60,51	69,66	68,04	67,96	65,79
	31	32	33	34	35	Prom edio												
Esfuerzo	62,78	60,51	69,66	68,04	67,96	65,79												
OBSERVACIÓN		EVALUACIÓN																
<ul style="list-style-type: none"> El grupo conformado para este ensayo presentaron una buena adherencia entre su matriz y refuerzo. Las probetas compresión no necesitaron de la colocación de sobre montas para su agarre ya que el material no presento deslizamientos entre las sujeciones al momento de ejecutar el ensayo. 		<ul style="list-style-type: none"> La fuerza máxima promedio es de 43851,994 N. La fuerza de fluencia máxima promedio es de 399,228 N El esfuerzo de compresión promedio es de 65,79 MPa. El esfuerzo promedio máximo a la fluencia es 0,512 MPa. 																
Elaborado por:		Aprobado por:																


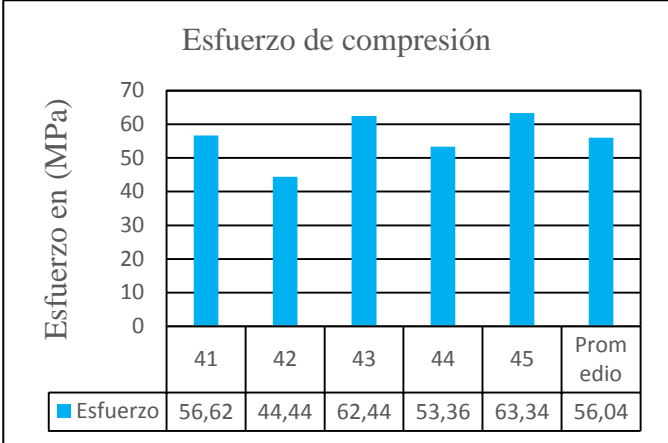
Ficha Técnica 8: Resultados de ensayo a compresión

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL MATERIAL COMPUESTO						
Fecha	25/01/2019	Tipo de ensayo	Compresión	Registro	C-08	
Laboratorio:	Laboratorio de Resistencia de Materiales CANFAC					
Norma:	ASTM D695-2015: Método de prueba estándar para Propiedades de Compresión de Plásticos Rígidos.					
Dimensiones:	Diámetro promedio 29.426 longitud promedio 6 mm					
Equipo:	Máquina de ensayos universal Polímeros Metrotest			Modelo:	8210M002	
Velocidad:	1,3 mm/min	PRECARGA:		0 KN		
COMPOSICIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO						
Configuración:	EPC 08	Tipo de probeta:		Cilíndrica		
Tipo	B					
matriz	Resina poliéster	Fracción volumétrica:		80%		
Refuerzo	Particulado de caucho	Fracción volumétrica:		20%		
Orientación:	Aleatorio	Dimensiones del refuerzo:				
Probetas:	5	Estratificación:		Compresión manual		
RESULTADO DEL ENSAYO						
N° de probetas	Fuerza máxima (N)	Fuerza de fluencia (N)	Esfuerzo máximo de compresión (MPa)		Esfuerzo de fluencia (MPa)	
36	36505,72	22,09	53,34		0,03	
37	39087,01	129,38	57,03		0,19	
38	40729,51	258,76	59,39		0,38	
39	38457,47	31,56	56,57		0,05	
40	44999,05	331,34	67,66		0,50	

Promedio	39955,75	154,63	58,80	0,23														
PROBETAS ENSAYADAS																		
		<p style="text-align: center;">Esfuerzo de compresión</p>  <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>36</th> <th>37</th> <th>38</th> <th>39</th> <th>40</th> <th>Prome dio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>■ Esfuerzo</td> <td>53,34</td> <td>57,03</td> <td>59,39</td> <td>56,57</td> <td>67,66</td> <td>58,798</td> </tr> </tbody> </table>				36	37	38	39	40	Prome dio	■ Esfuerzo	53,34	57,03	59,39	56,57	67,66	58,798
	36	37	38	39	40	Prome dio												
■ Esfuerzo	53,34	57,03	59,39	56,57	67,66	58,798												
OBSERVACIÓN		EVALUACIÓN																
<ul style="list-style-type: none"> • El grupo conformado para este ensayo presentaron una buena adherencia entre su matriz y refuerzo. • Las probetas compresión no necesitaron de la colocación de sobre montas para su agarre ya que el material no presento deslizamientos entre las sujeciones al momento de ejecutar el ensayo. 		<ul style="list-style-type: none"> • La fuerza maxima promedio es de 39955,752 N. • La fuerza de fluencia maxima promedio es de 154,626 N • El esfuerzo de compresion promedio es de 58,798 MPa. • El esfuerzo promedio maximo a la fluencia es 0,23 MPa. 																
Elaborado por:		Aprobado por:																

Ficha Técnica 9: Resultados de ensayo a compresión

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL MATERIAL COMPUESTO						
Fecha	25/01/2019	Tipo de ensayo	Compresión	Registro	C-09	
Laboratorio:	Laboratorio de Resistencia de Materiales CANFAC					
Norma:	ASTM D695-2015: Método de prueba estándar para Propiedades de Compresión de Plásticos Rígidos.					
Dimensiones:	Diámetro promedio 29.364 longitud promedio 6 mm					
Equipo:	Máquina de ensayos universal Polímeros Metrotest			Modelo:	8210M002	
Velocidad:	1,3 mm/min	PRECARGA:	0 KN			
COMPOSICION DEL MATERIAL COMPUESTO						
Configuración:	EPC 09	Tipo de probeta:	Cilíndrica			
Tipo	C					
matriz	Resina poliéster	Fracción volumétrica:	70%			
Refuerzo	Particulado de caucho	Fracción volumétrica:	30%			
Orientación:	Aleatorio		Dimensiones del refuerzo:			
Probetas:	5		Estratificación:	Compresión manual		
RESULTADO DEL ENSAYO						
N° de probetas	Fuerza máxima (N)	Fuerza de fluencia (N)	Esfuerzo máximo de compresión (MPa)	Esfuerzo de fluencia (MPa)		
41	37116,33	179,87	56,62	0,27		
42	30167,67	85,2	44,44	0,13		
43	42103,79	369,21	62,44	0,55		
44	36717,14	1186,51	53,36	1,72		

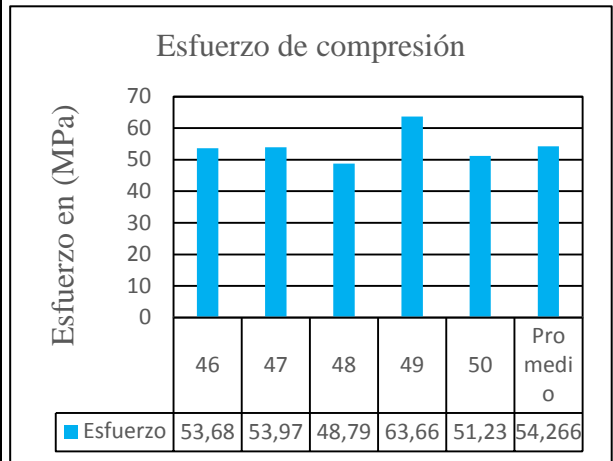
45	43676,86	274,54	63,34	0,40														
Promedio	37956,36	419,07	56,04	0,61														
PROBETAS ENSAYADAS																		
		 <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>41</th> <th>42</th> <th>43</th> <th>44</th> <th>45</th> <th>Promedio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Esfuerzo</td> <td>56,62</td> <td>44,44</td> <td>62,44</td> <td>53,36</td> <td>63,34</td> <td>56,04</td> </tr> </tbody> </table>				41	42	43	44	45	Promedio	Esfuerzo	56,62	44,44	62,44	53,36	63,34	56,04
	41	42	43	44	45	Promedio												
Esfuerzo	56,62	44,44	62,44	53,36	63,34	56,04												
OBSERVACIÓN		EVALUACIÓN																
<ul style="list-style-type: none"> • El grupo conformado para este ensayo presentaron una buena adherencia entre su matriz y refuerzo. • Las probetas compresión no necesitaron de la colocación de sobre montas para su agarre ya que el material no presento deslizamientos entre las sujeciones al momento de ejecutar el ensayo. 		<ul style="list-style-type: none"> • La fuerza maxima promedio es de 37956,358 N. • La fuerza de fluencia maxima promedio es de 419.066 N • El esfuerzo de compresion promedio es de 56,04 MPa. • El esfuerzo promedio maximo a la fluencia es 0,614 MPa. 																
Elaborado por:		Aprobado por:																

Ficha Técnica 10: Resultados de ensayo a compresión

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL MATERIAL COMPUESTO					
Fecha	25/01/2019	Tipo de ensayo	Compresión	Registro	C-10
Laboratorio:	Laboratorio de Resistencia de Materiales CANFAC				
Norma:	ASTM D695-2015: Método de prueba estándar para Propiedades de Compresión de Plásticos Rígidos.				
Dimensiones:	Diámetro promedio 29.334 longitud promedio 6 mm				
Equipo:	Máquina de ensayos universal Polímeros Metrotest		Modelo:	8210M002	
Velocidad:	1,3 mm/min	PRECARGA:	0 KN		
COMPOSICIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO					
Configuración:	EPC 10	Tipo de probeta:	Cilíndrica		
Tipo matriz	D				
	Resina poliéster	Fracción volumétrica:	65%		
Refuerzo	Particulado de caucho	Fracción volumétrica:	35%		
Orientación:	Aleatorio	Dimensiones del refuerzo:			
Probetas:	5	Estratificación:	Compresión manual		
RESULTADO DEL ENSAYO					
N° de probetas	Fuerza máxima (N)	Fuerza de fluencia (N)	Esfuerzo máximo de compresión (MPa)	Esfuerzo de fluencia (MPa)	
46	35579,55	165,67	53,68	0,25	
47	35846,2	107,29	53,97	0,16	

48	33170,24	119,91	48,79	0,18
49	43509,61	492,27	63,66	0,72
50	33954,41	31,56	51,23	0,05
Promedio	36412,00	183,34	54,27	0,27

PROBETAS ENSAYADAS



OBSERVACIÓN

- El grupo conformado para este ensayo presentaron una buena adherencia entre su matriz y refuerzo.
- Las probetas compresión no necesitaron de la colocación de sobre montas para su agarre ya que el material no presento deslizamientos entre las sujeciones al momento de ejecutar el ensayo.

EVALUACIÓN

- La fuerza maxima promedio es de 36412,002 N.
- La fuerza de fluencia maxima promedio es de 183.34 N
- El esfuerzo de compresion promedio es de 54,266 MPa.
- El esfuerzo promedio maximo a la fluencia es 0,272 MPa.

Elaborado por:

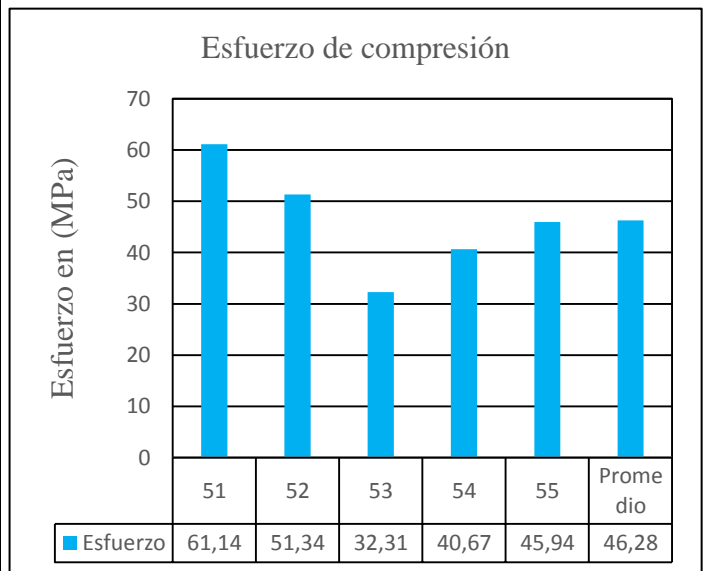
Aprobado por:

Ficha Técnica 11: Resultados de ensayo a compresión

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL MATERIAL COMPUESTO						
Fecha	25/01/2019	Tipo de ensayo	Compresión	Registro	C-11	
Laboratorio:	Laboratorio de Resistencia de Materiales CANFAC					
Norma:	ASTM D695-2015: Método de prueba estándar para Propiedades de Compresión de Plásticos Rígidos.					
Dimensiones:	Diámetro promedio 29.646 longitud promedio 6 mm					
Equipo:	Máquina de ensayos universal Polímeros Metrotest				Modelo:	8210M002
Velocidad:	1,3 mm/min	PRECARGA:		0 KN		
COMPOSICIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO						
Configuración:	EPC 11	Tipo de probeta:		Cilíndrica		
Tipo	E					
matriz	Resina poliéster	Fracción volumétrica:		60%		
Refuerzo	Particulado de caucho	Fracción volumétrica:		40%		
Orientación:	Aleatorio	Dimensiones del refuerzo:				
Probetas:	5	Estratificación:		Compresión manual		
RESULTADO DEL ENSAYO						
N° de probetas	Fuerza máxima (N)	Fuerza de fluencia (N)	Esfuerzo máximo de compresión (MPa)		Esfuerzo de fluencia (MPa)	
51	42132,18	432,32	61,14		0,63	

52	35451,74	184,6	51,34	0,27
53	22280,21	37,87	32,31	0,05
54	28078,65	78,89	40,67	0,11
55	31781,77	134,11	45,94	0,19
Promedio	31944,91	173,56	46,28	0,25

PROBETAS ENSAYADAS



OBSERVACIÓN

EVALUACIÓN

- El grupo conformado para este ensayo presentaron una buena adherencia entre su matriz y refuerzo.
- Las probetas compresión no necesitaron de la colocación de sobre montas para su agarre ya que el material no presento deslizamientos entre las sujeciones al momento de ejecutar el ensayo.

- La fuerza maxima promedio es de 31944,91 N.
- La fuerza de fluencia maxima promedio es de 173.558 N
- El esfuerzo de compresion promedio es de 46,28 MPa.
- El esfuerzo promedio maximo a la fluencia es 0,25 MPa.

Elaborado por:

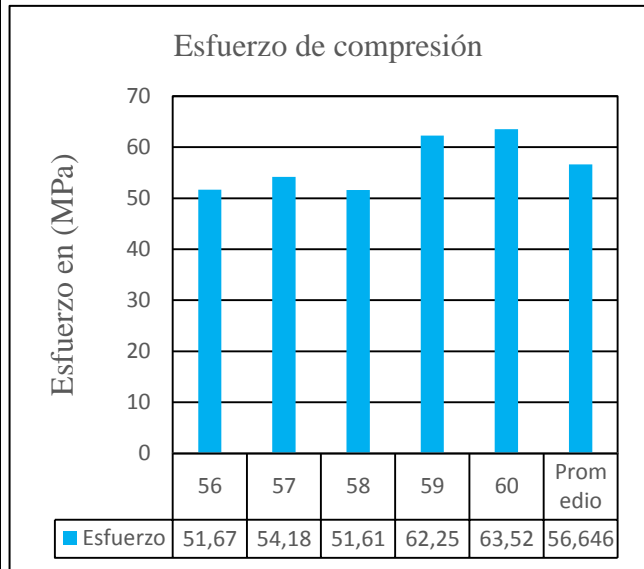
Aprobado por:

Ficha Técnica 12: Resultados de ensayo a compresión

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL MATERIAL COMPUESTO						
Fecha	25/01/2019	Tipo de ensayo	Compresión	Registro	C-12	
Laboratorio:	Laboratorio de Resistencia de Materiales CANFAC					
Norma:	ASTM D695-2015: Método de prueba estándar para Propiedades de Compresión de Plásticos Rígidos.					
Dimensiones:	Diámetro promedio 29.646 longitud promedio 6 mm					
Equipo:	Máquina de ensayos universal Polímeros Metrotest			Modelo:	8210M002	
Velocidad:	1,3 mm/min	PRECARGA:	0 KN			
COMPOSICIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO						
Configuración:	EPC 12	Tipo de probeta:		Cilíndrica		
Tipo	A					
matriz	Resina poliéster	Fracción volumétrica:		90%		
Refuerzo	Particulado de caucho	Fracción volumétrica:		10%		
Orientación:	Aleatorio	Dimensiones del refuerzo:				
Probetas:	5	Estratificación:		Compresión manual		
RESULTADO DEL ENSAYO						
Nº de probetas	Fuerza máxima (N)	Fuerza de fluencia (N)	Esfuerzo máximo de compresión (MPa)	Esfuerzo de fluencia (MPa)		

56	3563,04	208,27	51,67	0,30
57	37406,65	206,69	54,18	0,30
58	35560,61	195,65	51,61	0,28
59	43067,82	296,63	62,25	0,43
60	42973,15	266,65	63,52	0,39
Promedio	39827,65	234,78	56,64	0,34

PROBETAS ENSAYADAS



OBSERVACIÓN

- El grupo conformado para este ensayo presentaron una buena adherencia entre su matriz y refuerzo.
- Las probetas compresión no necesitaron de la colocación de sobre montas para su agarre ya que el material no presento deslizamientos entre las sujeciones al momento de ejecutar el ensayo.



EVALUACIÓN

- La fuerza maxima promedio es de 38927,654 N.
- La fuerza de fluencia maxima promedio es de 234,778 N
- El esfuerzo de compresion promedio es de 56,646 MPa.
- El esfuerzo promedio maximo a la fluencia es 0,34 MPa.

Elaborado por:

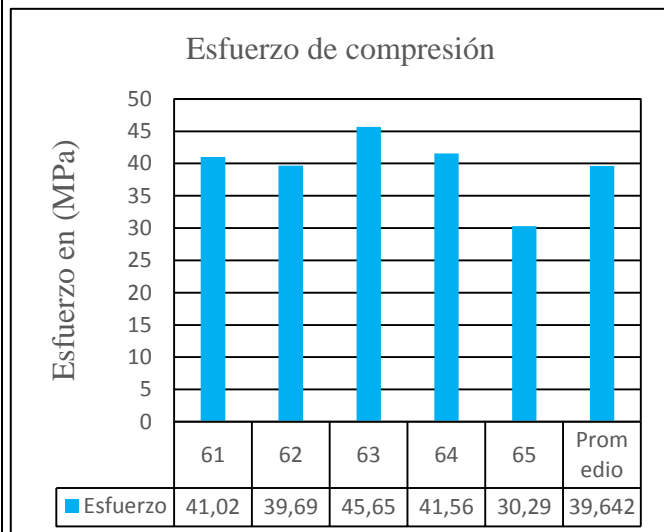
Aprobado por:

Ficha Técnica 13: Resultados de ensayo a compresión

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL MATERIAL					
COMPUESTO					
Fecha	25/01/2019	Tipo de ensayo	Compresión	Registro	C-13
Laboratorio:	Laboratorio de Resistencia de Materiales CANFAC				
Norma:	ASTM D695-2015: Método de prueba estándar para Propiedades de Compresión de Plásticos Rígidos.				
Dimensiones:	Diámetro promedio 29.646 longitud promedio 6 mm				
Equipo:	Máquina de ensayos universal Polímeros Metrotest	Modelo:	8210M002		
Velocidad:	1,3 mm/min	PRECARGA:	0 KN		
COMPOSICION DEL MATERIAL COMPUESTO					
Configuración:	EPC 13	Tipo de probeta:	Cilíndrica		
Tipo	A				
matriz	Resina poliéster	Fracción volumétrica:	90%		
Refuerzo	Particulado de caucho	Fracción volumétrica:	10%		
Orientación:	Aleatorio	Dimensiones del refuerzo:			
Probetas:	5	Estratificación:	Compresión manual		
RESULTADO DEL ENSAYO					
N° de probetas	Fuerza máxima	Fuerza de fluencia (N)	Esfuerzo máximo de compresión (MPa)	Esfuerzo de fluencia (MPa)	

	(N)			
61	27116,19	91,51	41,02	0,14
62	26253,13	75,73	39,69	0,11
63	30256,03	124,65	45,65	0,19
64	27924,03	54,64	41,56	0,08
65	20438,91	34,71	30,29	0,05
Promedio	26397,66	76,05	39,64	0,11

PROBETAS ENSAYADAS



OBSERVACIÓN

- El grupo conformado para este ensayo presentaron una buena adherencia entre su matriz y refuerzo.
- Las probetas compresión no necesitaron de la colocación de sobre montas para su agarre ya que el material no presento deslizamientos entre las sujeciones al momento de ejecutar el ensayo.

EVALUACIÓN

- La fuerza maxima promedio es de 26397,658 N.
- La fuerza de fluencia maxima promedio es de 76,048 N
- El esfuerzo de compresion promedio es de 39,642 MPa.
- El esfuerzo promedio maximo a la fluencia es 0,114 MPa.

Elaborado por:		Aprobado por:	
----------------	--	---------------	--


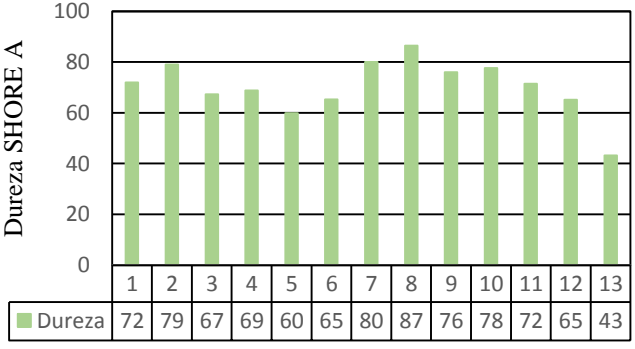
4.1.2 RECOLECCIÓN DE DATOS DE RESULTADOS DE ENSAYO DE DUREZA

Ficha Técnica 1 Resultados de ensayo de dureza

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL MATERIAL COMPUESTO					
Fecha	19/02/2019	Tipo de ensayo	Compresión	Registro	D-01
Laboratorio:	Laboratorio de Resistencia de Materiales CANFAC				
Norma:	ASTM D2240: Método de prueba estándar para propiedades de caucho - Dureza.				
Dimensiones:	1cm promedio 8,81mm de espesor				
Equipo:	Durómetro Shore	Modelo:	2806201802	Tipo:	A
Intervalo de tiempo de Identación:	1 seg				
COMPOSICION DEL MATERIAL COMPUESTO					
Configuración:	D01	Tipo de probeta:	Cuadrada		
Resina:	RESINA (poliuretano monocomponente)	Fracción volumétrica:	10%		
Matriz:	CAUCHO (gránulo SBR)	Fracción volumétrica:	60%		
Refuerzo:	ABACÁ (fibra vegetal)	Fracción volumétrica:	30%		
Orientación:	Al azar	Dimensiones del refuerzo:	1cm		
Probetas:	1	Estratificación:	Compresión manual		

RESULTADOS DEL ENSAYO	
N° DE PROBETAS	DUREZA SHORE A
Muestra 1	72
Muestra 2	79
Muestra 3	67,33
Muestra 4	68,83
Muestra 5	59,83
Muestra 6	65,33

Muestra 7	80
Muestra 8	86,5
Muestra 9	76
Muestra 10	77,67
Muestra 11	71,5
Muestra 12	65,17
Muestra 13	43,17
Promedio	70,196



PROBETAS ENSAYADAS																															
	<p style="text-align: center;">PROMEDIO DE DUREZA</p>  <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td></td> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td> </tr> <tr> <td>Dureza</td> <td>72</td><td>79</td><td>67</td><td>69</td><td>60</td><td>65</td><td>80</td><td>87</td><td>76</td><td>78</td><td>72</td><td>65</td><td>43</td> </tr> </table>				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Dureza	72	79	67	69	60	65	80	87	76	78	72	65	43
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13																	
Dureza	72	79	67	69	60	65	80	87	76	78	72	65	43																		
OBSERVACIÓN	EVALUACIÓN																														
<ul style="list-style-type: none"> La matriz y el refuerzo presentan una excelente adherencia, las probetas presentan una cara plana de superficie irregular. Se realizó en la probeta 3 puntos para determinar la dureza Shore A. 	<ul style="list-style-type: none"> Mediante el ensayo de dureza se determinó que las muestras presenta un valor promedio de 70,196 Shore A siendo un valor estándar calculado de las combinaciones que se realizaron en los ensayos de dureza 																														
Elaborado por:		Aprobado por:																													

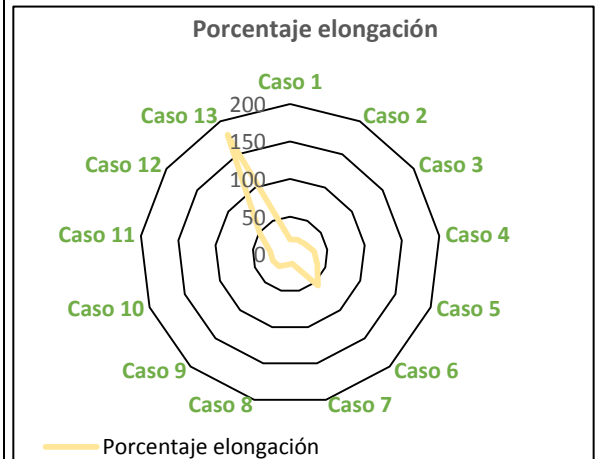
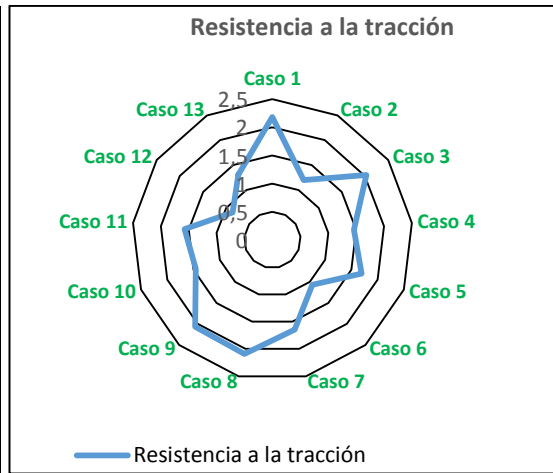
Resumen de mejores resultados para el análisis de dureza

Análisis de los resultados		
Nº Probeta	Material caso 7 Esfuerzo Max (MPa)	Material caso 9 Esfuerzo Max (MPa)
1	80,5	78

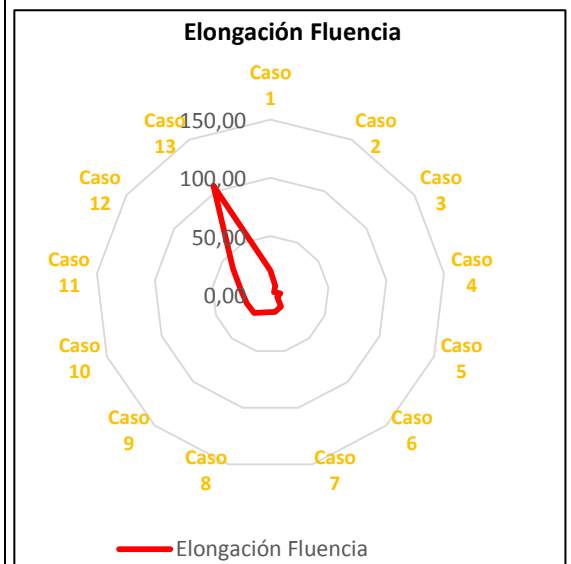
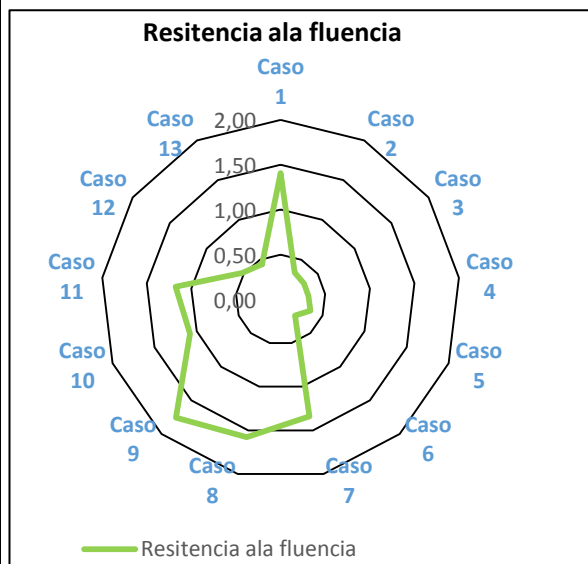
2	79	80
3	79	79,5
promedio	79,5	79,167
Desviación estándar	0,8660254	1,040833

Ficha Técnica Evaluación 1 de las propiedades del grupo de probetas de tracción.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
EVALUACIÓN DE RESULTADOS PROMEDIOS DE TRACCIÓN				
N° de probetas	Fuerza máxima (N)	Resistencia a la tracción (MPa)	% de elongación a la tracción	Resistencia a la fluencia (MPa)
Caso 1	2,184	19,4624	1,41	20,43
Caso 2	1,1972	21,564	0,34	8,58
Caso 3	2,0312	24,0176	0,31	3,76
Caso 4	1,4628	32,3896	0,31	8,53
Caso 5	1,6946	38,8832	0,36	6,23
Caso 6	1,0662	56,0312	0,24	13,68
Caso 7	1,6474	13,1904	1,34	15,57
Caso 8	2,0898	14,4744	1,58	15,62
Caso 9	2,0694	21,9232	1,76	21,00
Caso 10	1,4552	24,4576	1,08	21,67
Caso 11	1,5732	26,6872	1,18	25,23
Caso 12	0,8586	49,0744	0,52	39,04
Caso 13	1,3072	179,3016	0,44	105,37
PROBETAS ENSAYADAS				





Las gráficas radiales de las propiedades del ensayo a tracción muestran los valores relativos al punto central en las cual se verifica que los mejores datos se presentan en el caso 3 y en el caso 13

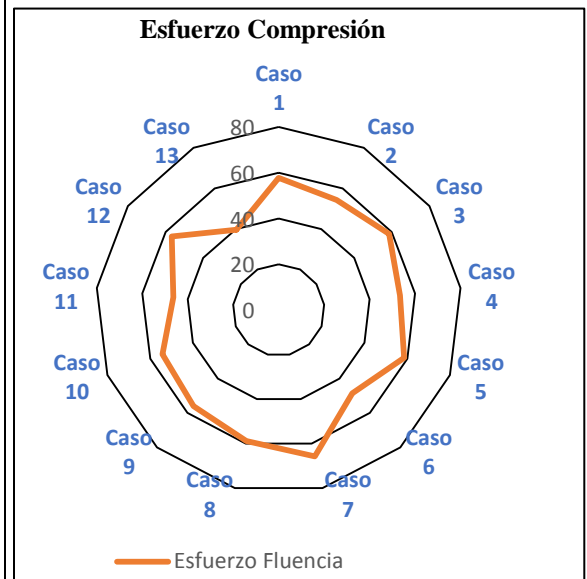
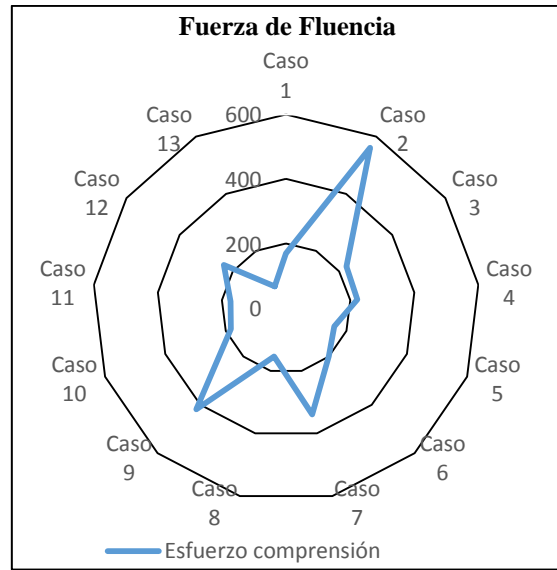


Las gráficas radiales de las propiedades del ensayo a tracción muestran los valores relativos al punto central en las cual se verifica que los mejores datos se presentan en el caso 9 y caso 13.

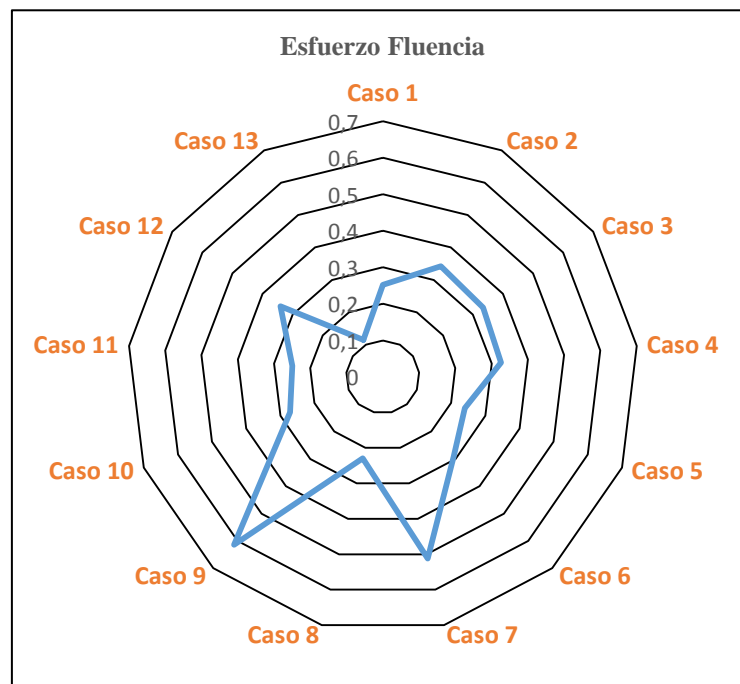
La representación gráfica de las propiedades mecánicas permite considerar las mejores características del material obteniendo como mejor resultado en el ensayo de tracción la configuración del caso 13 en las propiedades de esfuerzo máximo.

Ficha Técnica Evaluación 2 de las propiedades del grupo de probetas a compresión.

 <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA </div> 				
EVALUACIÓN DE RESULTADOS PROMEDIOS DE TRACCIÓN				
Nº de probetas	Fuerza máxima (N)	Fuerza de fluencia (N)	Esfuerzo máximo de compresión (MPa)	Esfuerzo de fluencia (MPa)
Caso 1	38916,922	169,14	57,66	0,252
Caso 2	36222,98	560,75	54,362	0,342
Caso 3	39725,394	227,206	58,538	0,334
Caso 4	36226,452	222,47	53,278	0,326
Caso 5	39037,468	159,358	58,528	0,24
Caso 6	33408,168	199,12	48,484	0,292
Caso 7	43851,994	339,228	65,79	0,512
Caso 8	39955,752	154,626	58,798	0,23
Caso 9	37956,358	419,066	56,04	0,614
Caso 10	36412,002	183,34	54,266	0,272
Caso 11	31944,91	173,558	46,28	0,25
Caso 12	38927,654	234,778	56,646	0,34
Caso 13	26397,658	76,048	39,642	0,114
PROBETAS ENSAYADAS				



Las gráficas radiales de las propiedades del ensayo a compresión muestran los valores relativos al punto central en las cual se verifica que los mejores datos se presentan en el caso 2 y en el caso7



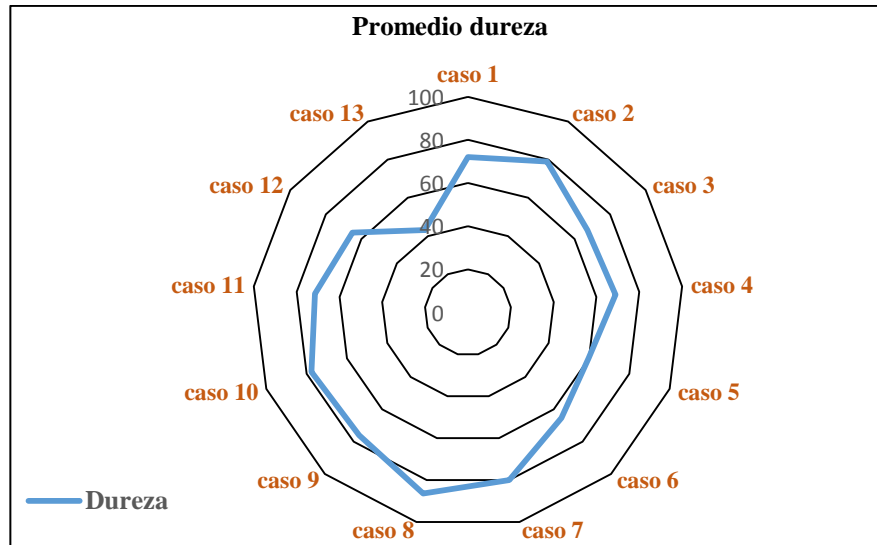
Las gráficas radiales de las propiedades del ensayo a compresión muestran los valores relativos al punto central en las cual se verifica que los mejores datos se presentan en el caso 9 y caso 7.

La representación gráfica de las propiedades mecánicas permite considerar las mejores características del material obteniendo como mejor resultado en el ensayo de compresión la Configuración del caso 2,7,9 en las propiedades de esfuerzo máximo.

Ficha Técnica Evaluación 3 Propiedades del grupo de probetas de dureza realizadas

EVALUACIÓN DE RESULTADOS PROMEDIOS	
Nº de probetas	DUREZA SHORE A
Caso 1	72
Caso 2	79
Caso 3	67,33
Caso 4	68,83
Caso 5	59,83
Caso 6	65,33
Caso 7	80
Caso 8	86,5
Caso 9	76
Caso 10	77,67
Caso 11	71,5
Caso 12	65,17
Caso 13	43,17

PROBETAS ENSAYADAS



Las gráficas radiales de las propiedades del ensayo de dureza muestran los valores relativos al punto central en las cual se verifica que los mejores datos se presentan en el caso 8 y 10

4.1.3 ANÁLISIS DE DESGATE DE LA PROBETA

Para el análisis del desgaste de la probeta del compuesto a partir de matriz de poliuretano monocomponente, reforzado con gránulo de caucho reciclado y fibra de abacá como material alternativo se procede con el cálculo del desgaste mediante la tabla de la ficha técnica 3 tomando en cuenta los mejores comportamientos de dureza de las probetas siendo los casos 8 y 10 que tienen mejores comportamientos.

En la siguiente tabla se muestra los valores de peso inicial y el peso final después de someter a las probetas a las pruebas de ensayo de desgaste.

Tabla 28: Análisis de ensayo de desgaste

Ensayo de abrasión compuesto					
Norma: ISO 4649		Responsable			
Material/formula	Test	P1	P2	Diferencia (g)	
		Peso inicial(g)	Peso final(g)		
CASO 8		1	1,21	0,84	0,37
Densidad	0,85	2	1,28	0,65	0,63
dureza	86,5	3	1,18	0,7	0,48
CASO 10		1	1,29	0,95	0,34

Densidad	0,91	2	1,41	1,14	0,27
dureza	77,67	3	1,57	1,35	0,22

Fuente: Autor

Con estos datos procedemos a calcular el desgaste indicado en la siguiente tabla

Tabla 29: % de desgaste de las probetas

Combinaciones	Numero de ensayos	% de desgaste
Combinación 8	Ensayo 1	30,59
	Ensayo 2	49,42
	Ensayos 3	40,67
Combinación 10	Ensayo 1	26,36
	Ensayo 2	19,15
	Ensayos 3	14,013

Fuente: Autor

Con estos valores de los mejores casos de dureza se determina que el caso 8 tiene mejor comportamiento al desgaste como se analiza en los 3 casos anteriormente demostrados.

4.1.4 ANÁLISIS GENERAL DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

Ficha Técnica 1 Resultados de todos los ensayos en las diferentes configuraciones a tracción

Tabla 30: Análisis de esfuerzo máximo de tracción del compuesto

N° de probeta	Configuración volumétrica	Ensayo tracción		Ensayo compresión		Dureza shore A	Desgaste
		Esfuerzo máximo (MPa)	% de elongación a la tracción	Esfuerzo máximo de compresión (MPa)	Esfuerzo de fluencia (MPa)		
Caso 1 FL	Resina: 10%	2,184	0,20433	57,66	0,252	72	No aplica
	Abacá: 30%						
	caucho: 60%						
Caso 2 FL	Resina: 10%	1,1972	0,08579	54,362	0,342	79	
	Abacá: 25%						
	caucho: 65%						
Caso 3 FL	Resina: 10%	2,0312	0,03755	58,538	0,334	67,33	
	Abacá: 20%						
	caucho: 70%						
Caso 4 FL	Resina: 10%	1,4628	0,08532	53,278	0,326	68,83	
	Abacá: 15%						
	caucho: 75%						
Caso 5 FL	Resina: 10%	1,6946	0,06226	58,528	0,24	59,83	
	Abacá: 10%						

	caucho: 80%							
Caso 6 FL	Resina: 10%	1,0662	0,13684	48,484	0,292	65,33		
	Abacá: 5%							
	caucho: 85%							
Caso 7 FC	Resina: 10%	1,6474	0,15567	65,79	0,512	80		
	Abacá: 30%							
	caucho: 60%							
Caso 8 FC	Resina: 10%	2,0898	0,15615	58,798	0,23	86,5		42,22
	Abacá: 25%							
	caucho: 65%							
Caso 9 FC	Resina: 10%	2,0694	0,21004	56,04	0,614	76		
	Abacá: 20%							
	caucho: 70%							
Caso 10 FC	Resina: 10%	1,4552	0,21669	54,266	0,272	77,67	19,841	
	Abacá: 15%							
	caucho: 75%							
Caso 11 FC	Resina: 10%	1,5732	0,25234	46,28	0,25	71,5	No aplica	
	Abacá: 10%							
	caucho: 80%							
Caso 12 FC	Resina: 10%	0,8586	0,39035	56,646	0,34	65,17		
	Abacá: 5%							
	caucho: 85%							
Caso 13 R+C	Resina: 10%	1,3072	1,0537	39,642	0,114	43,17		
	Abacá: 0%							
	caucho: 90%							

Fuente: Autor

4.1.5 ANÁLISIS DE LAS MEJORES CONFIGURACIONES

Utilizando esta ponderación de resultados, se estableció cuál es la mejor configuración del material compuesto a partir de matriz de poliuretano monocomponente, reforzado con gránulo de caucho reciclado y fibra de abacá

Se evaluó los resultados de esfuerzo máximo, y porcentaje de elongación del material, para esto se consideró el promedio de todas las configuraciones como indica la tabla 31

Tabla 31: Promedio de esfuerzo máximo del compuesto

Mejor comportamiento mecánico	Esfuerzo máximo (MPa)	% de elongación a la tracción	Esfuerzo máximo a la compresión	Dureza shore A
Caso 1 FL	2,184	0,252	57,66	72
Caso 8 FC	2,0898	0,23	58,798	86,5
Caso 9 FC	2,0694	0,614	56,04	76
Promedio	2,114	0,365	57,499	78,167

Fuente: Autor

Configuración 1,8 y 9 presenta mejor esfuerzo máximo a la tracción se obtiene un valor promedio de 2.1171 MPa

- Mientras que el esfuerzo de fluencia tiene un valor promedio de 0,365 MPa es decir es el material que menos se deforma la someterse a compresión.
- La dureza de 78,167 shore A, es un valor intermedio, que es lo que se decidió como estándar
- De la tabla se evalúa la mejor configuración volumétrica que presenta mayor resistencia a los ensayos realizados siendo la configuración del caso 8 de fibra corta con el 10% de resina, Abacá: 25% y 65% de caucho lo que claramente indica que aumenta las propiedades mecánicas con a comparación de la resistencia del caucho natural sin abacá el valor es de 1,3072 por lo que el caso 8 presenta mejor comportamiento por las razones ya indicadas.

4.2 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Con los resultados tabulados y culminando 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 matriz de poliuretano monocomponente, reforzado con gránulo de caucho reciclado y fibra de abacá.

Ho (Hipótesis Nula) La obtención de las configuraciones del material compuesto a partir de matriz de poliuretano monocomponente reforzado con gránulo de caucho reciclado y fibra de abacá como material alternativo, no mejorará las propiedades mecánicas del material compuesto para aplicaciones industriales.

Ha (Hipótesis Alternativa)

La obtención de las configuraciones del material compuesto a partir de matriz de poliuretano monocomponente reforzado con gránulo de caucho reciclado y fibra de abacá como material alternativo, si mejorará las propiedades mecánicas del material compuesto para aplicaciones industriales.

Se comprueba la hipótesis 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.

$$P = \frac{\alpha}{100}$$

Siendo:

P = probabilidad

α = nivel de significancia

$$P = \frac{5}{100}$$

$$P = 0,05$$

Como se va realizar la prueba bilateral se divide para dos por lo tanto es:

$$P = 0,025$$

Cálculo de grados de libertad es igual al tamaño de la muestra (número de observaciones independientes) menos 1.

$$gl = (n - 1)$$

gl = grado de libertad

n = número de muestras

$$gl = (5 + 5 - 2)$$

$$gl = 8$$

Con los datos calculados de Prueba y Grados de libertad, 0,025 y 12 respectivamente, encontramos el valor de t tabulado (t_{tabl}), utilizando la tabla de distribución T-Student, que se muestra en el Anexo I Tabla de grados de libertad.

$$t_{tabla} = 2.3060$$

Se acepta la Hipótesis alternativa H_a , si el valor de t calculado se ubica en la región de aceptación dentro del rango de -2,3060 a 2,3060 caso contrario si el valor es mayor y está fuera del rango se acepta la hipótesis nula H_0 la gráfica 76 muestra la campana de Gauss donde se especifica los rangos para nuestro estudio.

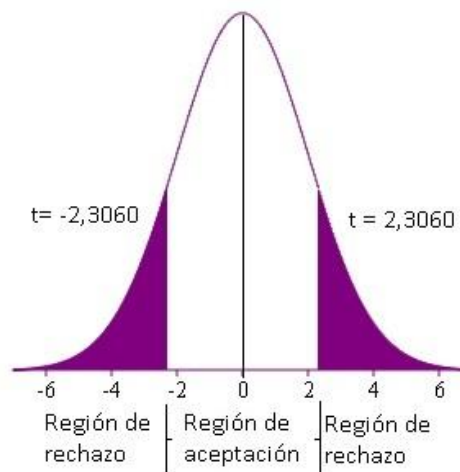


Figura 76: Distribución T-student

Fuente: Autor

Verificación de la hipótesis para ensayo a tracción, con respecto a la configuración caso 7 y caso 9 del material compuesto a partir de matriz de poliuretano monocomponente, reforzado con gránulo de caucho reciclado y fibra de abacá se toma estas dos configuraciones debido a que presentaron mejores propiedades mecánicas luego de los ensayos. Para esta verificación se consideró estas configuraciones de materiales por ser de las que presentaron mejores propiedades mecánicas.

Se indica los datos de las propiedades en la siguiente tabla 32 de propiedades:

Tabla 32: Promedios de caso 7 y 9 de ensayos tracción

N.º Probeta	Material caso 7 Esfuerzo Max (MPa)	Material caso 9 Esfuerzo Max (MPa)
1	1,355	0,843
2	3,545	2,796
3	0,947	1,661
4	1,167	1,441
5	1,223	3,606
Promedio	1,6474	2,0694
Desviación estándar	1,07096256	1,11297138

Fuente: Autor

Cálculo de la varianza utilizando la ecuación siguiente:

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{Gl}}$$

Donde:

S_p = varianza

Gl = grados de libertad

$s_{1,2}$ = desviación estándar

$n_{1,2}$ = grupo de muestras

$$S_p = \sqrt{\frac{(5 - 1)(1,07096)^2 + (5 - 1)(1,11297)^2}{8}}$$

$$S_p = \sqrt{\frac{4.5878 + 4.9548}{8}}$$

$$S_p = 1,09216$$

Cálculo de la t calculada de la siguiente ecuación

$$t_{\text{cal}} = \frac{H}{sp \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

Donde:

t_{cal} = t calculada

H= diferencia de promedios

$$t_{\text{cal}} = \frac{0,422}{1,09216 \sqrt{\frac{1}{5} + \frac{1}{5}}}$$

$$t_{\text{cal}} = 0,6109$$

$$t_{\text{cal}} = 0,6109 < t_{\text{tabla}} = 2.3060$$

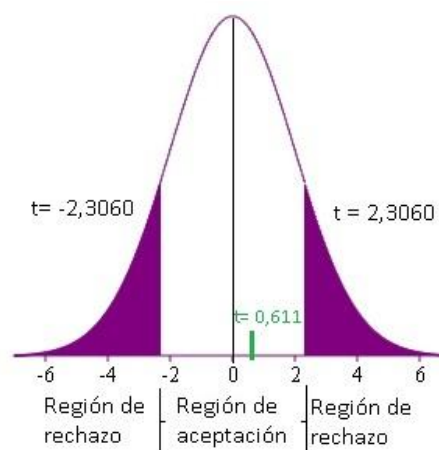


Figura 77: Distribución T-student tracción

Fuente: Autor

Como indica la figura 77 debido a que el $t_{\text{calculado}}$ es menor que el t_{tabulado} , se acepta la hipótesis alternativa, la cual dice:

El análisis de la caracterización del comportamiento mecánico de un material compuesto a partir de matriz de poliuretano monocomponente, reforzado con gránulo de caucho reciclado y fibra de abacá permitirá determinar si es un material alternativo, para aplicaciones industriales.

Y por lo tanto se rechaza la hipótesis nula.

Verificación de la hipótesis para ensayo a compresión, con respecto a la Configuración de caso 7 y 9

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 siguiente tabla 33:

Tabla 33: Promedios de caso 7 y 9 de ensayos compresión

Nº Probeta	Material caso 7 Esfuerzo Fluencia Max (MPa)	Material caso 9 Esfuerzo fluencia Max (MPa)
1	0,31	0,27
2	0,3	0,13

Continua

3	0,52	0,55
4	0,44	1,72
5	0,99	0,4
Promedio	0,512	0,614
Desviación estándar	0,28261281	0,63751863

Fuente: Autor

$$S_p = \sqrt{\frac{(5-1)(0,28261)^2 + (5-1)(0,63752)^2}{8}}$$

$$S_p = \sqrt{\frac{0,31947 + 1,6257}{8}}$$

$$S_p = 0,4925$$

Cálculo de la t calculada de la siguiente ecuación

$$t_{cal} = \frac{H}{s_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

Donde:

$t_{cal} = t$ calculada

H= diferencia de promedios

$$t_{cal} = \frac{0,102}{0,4026 \sqrt{\frac{1}{5} + \frac{1}{5}}}$$

$$t_{cal} = 0,3274$$

$$t_{cal} = 0,4001 < t_{tabla} = 2.3060$$

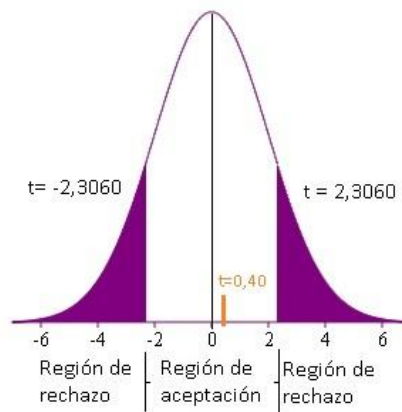


Figura 78: Distribución T-student compresión
Fuente: Autor

La figura 78 nos indica que el t-student calculado es menor que el *tabulado*, se acepta la hipótesis alternativa, la cual dice:

El análisis de la caracterización del comportamiento mecánico de un material compuesto a partir de matriz de poliuretano monocomponente, reforzado con gránulo de caucho reciclado y fibra de abacá permitirá determinar si es un material alternativo, para aplicaciones industriales.

Y por lo tanto se rechaza la hipótesis nula.

Verificación de la hipótesis para ensayo de dureza, con respecto a la Configuración caso 7 y caso 9

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 34.

Tabla 34: Promedios de caso 7 y 9 de ensayos de dureza

Nº Probeta	Material caso 7 Esfuerzo Max (MPa)	Material caso 9 Esfuerzo Max (MPa)
1	80,5	75,5
2	79	80
3	79	79
promedio	79,5	78,167
Desviación estándar	0,8660254	2,36290781

Fuente: Autor

$$S_p = \sqrt{\frac{(3 - 1)(0,866)^2 + (3 - 1)(1,0483)^2}{8}}$$

$$S_p = \sqrt{\frac{1,4999 + 2,1978}{8}}$$

$$S_p = 0.6798$$

Cálculo de la t calculada de la siguiente ecuación

$$t_{cal} = \frac{H}{s_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

Donde:

t_{cal} = t calculada

H= diferencia de promedios

$$t_{cal} = \frac{0,333}{0,5551 \sqrt{\frac{1}{3} + \frac{1}{3}}}$$

$$t_{\text{cal}} = 0,5551$$

$$t_{\text{cal}} = 0,5998 < t_{\text{tabla}} = 2.179$$

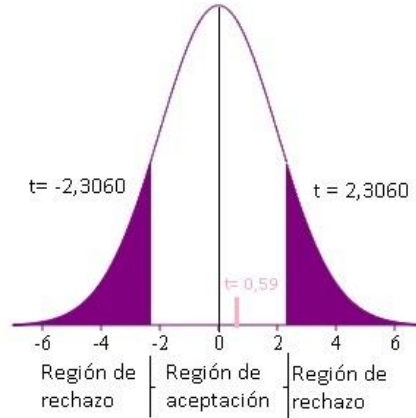


Figura 79: Comparación de variables

Debido a que el t-student calculado es menor que el *t_{tabulado}*, se acepta la hipótesis alternativa como se indica en la figura 79, la cual dice:

El análisis de la caracterización del comportamiento mecánico de un material compuesto a partir de matriz de poliuretano monocomponente, reforzado con gránulo de caucho reciclado y fibra de abacá permitirá determinar si es un material alternativo, para aplicaciones industriales. Y por lo tanto se rechaza la hipótesis nula.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Mediante los ensayos de tracción, compresión, dureza y desgaste del material compuesto determinamos las mejores características y propiedades mecánicas del material compuesto.

Al realizar el análisis del comportamiento del material compuesto mediante diferentes composiciones porcentuales de resina de poliuretano monocomponente con refuerzo de caucho granulado y fibra de abacá encontramos las mejores combinaciones del material compuesto siendo el caso 7 y 9 las que mejor comportamiento presentaron en los ensayos de tracción, compresión, dureza y desgaste.

Definimos el material compuesto que mejores características mecánicas presenta para aplicaciones industriales ya que tiene buena resistencia a la tracción compresión y desgaste siendo la configuración volumétrica del caso 9 la que presento estas características para poder continuar con el estudio de sus propiedades.

Es importante indicar que el material compuesto puede ser mejorado en todo aspecto, por lo que es trascendente que se continúe con su estudio y mejora y principalmente se pase a una siguiente etapa de aplicación de nuestro estudio.

5.2 RECOMENDACIONES

Al realizar el corte de las probetas se debe tener cuidado de no dañar la loseta, ya que se podría generar perdida de material y de tiempo Verificar y analizar la normativa que va ser utilizada en nuestro estudio que esta ejecución de los laboratorios disponibles en el país.

Verificar y analizar la normativa que va ser utilizada en nuestro estudio que esta ejecución de los laboratorios disponibles en el país.

Realizar curvas de esfuerzo vs deformación para entender el comportamiento de las probetas en los ensayos realizados para tener un comportamiento específico de las propiedades mecánicas del material.

Aplicar el material compuesto en la industria textil pues este compuesto sirve para varias aplicaciones entre ellas alfombras.

Se debe tomar en cuenta que el espesor de los materiales de refuerzo en las configuraciones da mejor comportamiento mecánico por tal razón ensayar varios espesores para analizar el compuesto a diferentes espesores

BIBLIOGRAFIA

- [1] M. Shibata, "Biodegradable polyester composites reinforced with short abaca fiber," *Journal of Applied Polymer Science*, vol. 85, no. 1, pp. 129-138, 2002.
- [2] S. M. V. Restrepo, "Uso de fibras vegetales en materiales compuestos de matriz polimérica: una revisión con miras a su aplicación en el diseño de nuevos productos," *Informador Técnico*, vol. 80, no. 1, pp. 77-86, 2016.
- [3] V. H. G. Patricia Pontón, "Obtención de Materiales Compuestos de Matriz Poliéster reforzados con Fibra de Abacá mediante Estratificación manual," *Revista Tecnológica ESPOL*, vol. 23, no. 3, pp. 47-54, 2010.
- [4] M. P. Herrera, Obtención de materiales compuesto de matriz polimérica formulado incorporando tejidos y no tejidos de fibras naturales, Quito : Politécnica, 2015.
- [5] Á. M. Gonzalez, "Aplicación del caucho reciclado como solución," Universitat Politecnica de Valencia, Valencia, 2015.
- [6] J. P. S. C. Jhoanna Paola Quintero Caceres, "Obtencion de un material compuesto a partir de granulos de caucho reciclado y aceite de higuerilla modificado," Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 2009.
- [7] D. F. Carrera, "Obtención de láminas impermeables a partir de caucho reciclado utilizando resina de mortero de uretano," Universidad Central del Ecuador, Quito, 2014.
- [8] P. P. F. Giovanni, "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," Universidad Tecnica de Ambato, Ambato, 2017.
- [9] F. Stupenengo, *Materiales y Materias Primas - Materiales Compuestos*, Buenos Aires: Ministerio de Educación - Instituto Nacional de Educación

Tecnológica, 2011.

- [10] V. H. Guerrero, Nuevos Materiales, Aplicaciones Estructurales e Industriales, Quito: Escuela Politecnica Nacional, 2011.
- [11] A. B. Dietrich, Materiales Compuestos - Procesos de fabricación de embarcaciones, Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya , 2005.
- [12] H. R. Galbarro, "Ingemecánica," [Online]. Available: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn114.html>. [Accessed 10 Abril 2018].
- [13] S. P. J. Gilberto, ""Estudio de polímeros híbridos estratificados de matriz poliéster reforzada con fibra de vidrio y cabuya como material alternativo y su incidencia en las propiedades mecánicas en guardachoques para buses," Unversidad Técnica de Ambato, Ambato, 2012.
- [14] A. B. Moral, Mejora de la interfaz de materiales compuestos Cu-C para la evaluación térmica por medio de elementos carburigenos, Madrid, 2016.
- [15] T. T. J. Daniel, "Propiedades mecánicas de una matriz de poliester reforzada con fibra de coco comparadas con la misma matriz reforzada con fibra de vidrio," Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, 2014.
- [16] S. B. Roberto, "Materiales compuestos de matriz termoplástica," 08 Marzo 2013. [Online]. Available: <https://es.slideshare.net/RobeSanz/materiales-compuestos-de-matriz-termoplstica-17028571>. [Accessed 10 Abril 2018].
- [17] L. Pino, "Monografías," [Online]. Available: <https://www.monografias.com/trabajos84/evaluacion-cenizas-bagazo-cana/evaluacion-cenizas-bagazo-cana.shtml>. [Accessed 14 Febrero 2019].
- [18] S. J. Gallegos, "Obtención de un material compuesto de matriz elastomérica y fibra de coco," Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2011.
- [19] J. C. Fernandez, Análisis del proceso de adhesión en el sistema caucho

sintético - adhesivo de poliuretano, Alicante: Universidad de Alicante, 1991.

- [20] ECSADE, *Adhesivos de Alta Prestación*, El Tambo: Soluciones Ambientales de Ecuador, 2016.
- [21] T. Científicos, "Textos Científicos," Jueves Noviembre 2005. [Online]. Available: <https://www.textoscientificos.com/caucho/sbr/produccion>. [Accessed 25 Enero 2019].
- [22] Mexpolímeros, "Mexpolímeros," [Online]. Available: <https://www.mexpolimeros.com/caucho%20de%20estireno.html>. [Accessed 17 Enero 20019].
- [23] W. Smith, "Materiales compuestos," in *Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales*, México D.F., McGraw-Hill, 2014, pp. 465-468.
- [24] Bibing, "bibing.us.es," [Online]. Available: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70238/fichero/Capitulo+3.pdf>. [Accessed 12 Marzo 2019].
- [25] I. RTE, CAUCHO VULCANIZADO. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y DEL ALARGAMIENTO PORCENTUAL, QUITO, 2013.
- [26] H. B. M. G. Cañarte León Karem Stephanie, "Estudio para determinar la factibilidad de la creación de una empresa recicladora y transformadora de caucho reciclado," Universidad de Guayaquil, Guayaquil, 2015.
- [27] D. C. Z. Estupiñan, "Plan de negocios para la produccion y comercializacion de granulos de caucho reciclado en la ciudad de Quito," Universidad de las Americas, Quito, 2015.
- [28] S. Services, "sportservices.es," [Online]. Available: http://sportservices.es/imagenes/ficha%201_ALSATAN_SW.pdf. [Accessed 1 Enero 2019].

[29] F. Kirfel, "Direct Industry," 2019. [Online]. Available: <http://www.directindustry.es/prod/fecken-kirfel-gmbh-co-kg-maschinenfabrik/product-75972-1243877.html>. [Accessed 01 Marzo 2019].

ANEXOS

ANEXO A: Normativa para realizar el ensayo a tracción NTE INEN 1165-2013



Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 1165:2013
Primera revisión

**CAUCHO VULCANIZADO. DETERMINACIÓN DE LA
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y DEL ALARGAMIENTO
PORCENTUAL**

Primera edición

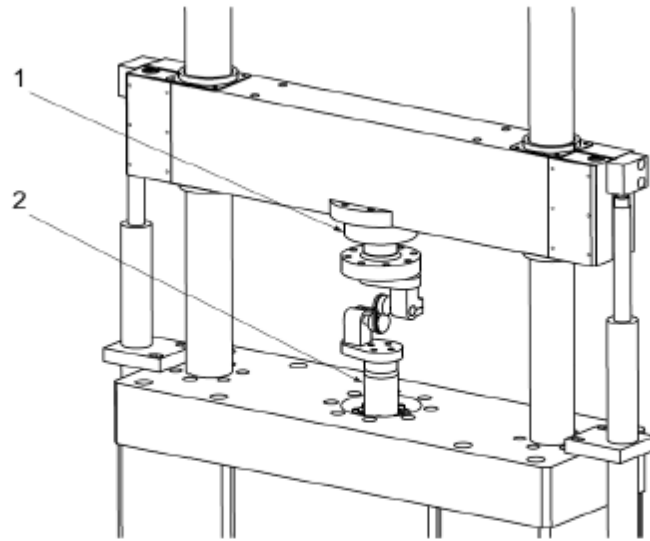
VULCANIZED RUBBER. DETERMINATION OF TENSILE STRESS-STRAIN PROPERTIES

First edition

DESCRIPTORES: Gomas, caucho, resistencia a la tracción, tracción deformación, propiedades mecánicas
MC 10.01-305
CDU: 678.4/7.62a 17
ICS: 83.080.20

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
1. OBJETO		
<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>		
2. ALCANCE		
<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>		
3. SIMBOLOGÍA		
<p>3.1 En esta norma significan:</p>		
<p>F_b fuerza a la rotura F_m fuerza máxima registrada F_y fuerza en el punto de fluencia L₀ longitud inicial de la prueba L_b longitud de la prueba a la rotura L_s Longitud de la prueba a determinado esfuerzo L_y longitud de la prueba en el punto de fluencia e espesor de la probeta W ancho de la probeta C_i circunferencia interna inicial del anillo C_m circunferencia media inicial del anillo d diámetro de las poleas</p>	<p>(newtons) (newtons) (newtons) (milímetros) (milímetros) (milímetros) (milímetros) (milímetros) (milímetros) (milímetros) (milímetros) (milímetros) (milímetros)</p>	
<p>3.2 Otros símbolos aplicables a las probetas se aclaran en la figura 1.</p>		
4. MÉTODO DE ENSAYO		
4.1 Resumen		
<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>		
4.2 Equipos		
<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>(Continúa)</p>		
<p>DESCRIPTORES: Polímeros, caucho, resistencia a la tracción, tracción deformación, propiedades mecánicas</p>		

FIGURA 1. Ejemplo de equipo para probetas tipo anillo



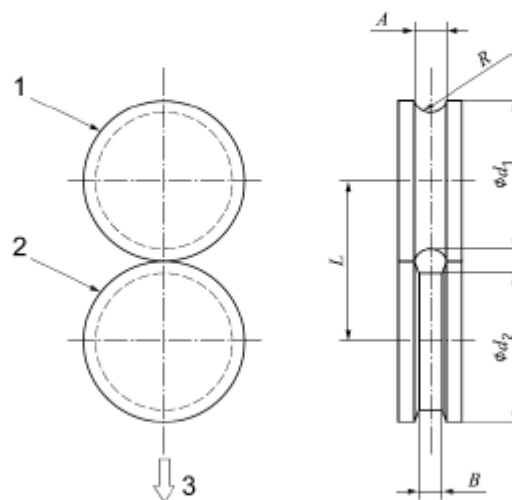
1: celda de carga. 2: actuador

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

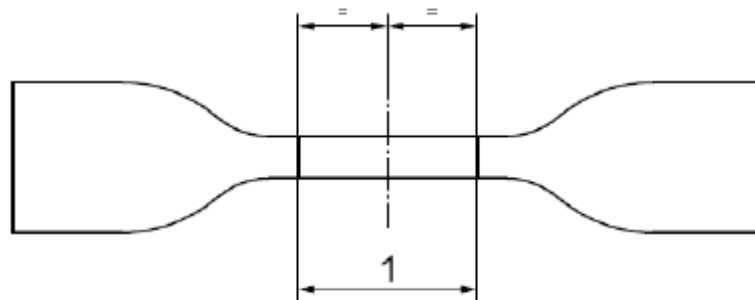
4.3 Preparación de las muestras (probetas)

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)					

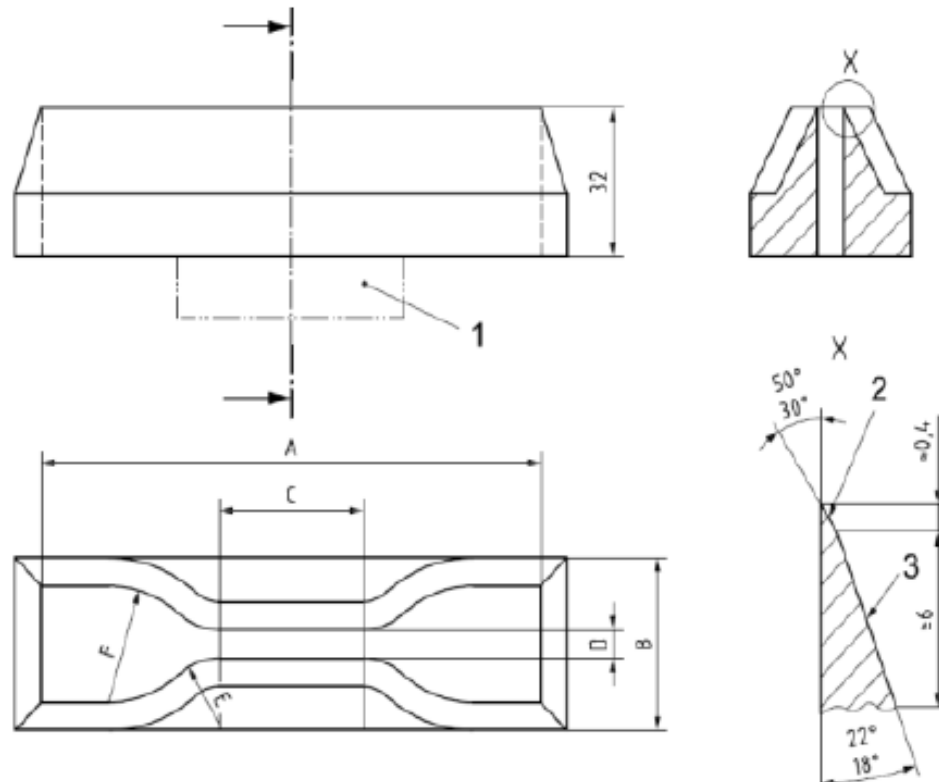
TABLA 3. Dimensiones del troquel de las probetas tipo halterio

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	$12,5 \pm 1$	$10,5 \pm 0,5$	$3 \pm 0,1$
* 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)

4.4.3 La máquina de ensayos debe, estar provista de dispositivos que permitan obtener los siguientes datos mientras se lleva a cabo el ensayo:

- a) forma aplicada,
- b) la elongación de la probeta, mostrada por la distancia entre marcas para probetas de tipo halterio, a la distancia entre poleas para los de tipo anillo.

4.5 Expresión de resultados

4.5.1 Resistencia a la tracción expresada en mega pascales.

a) Para probetas tipo anillo: $TS = \frac{Fm}{2We}$

b) Para probetas tipo halterio: $TS = \frac{Fm}{We}$

4.5.2 La elongación porcentual a la rotura está dada por la fórmula:

a) Para probetas tipo anillo: $Eb = \frac{100 (\pi d + 2Lb - Cl)}{Cl}$

b) Para probetas tipo halterio: $Eb = \frac{100 (Lb - L0)}{L0}$

4.5.3 Resistencia a la tracción a la rotura, expresada en mega pascales:

a) Para probetas tipo anillo: $TSb = \frac{Fb}{2We}$

b) Para probetas tipo halterio: $TSb = \frac{Fb}{We}$

4.5.4 La elongación porcentual a determinada carga es dada por:

a) Para probetas tipo anillo: $Es = \frac{100 (\pi d + 2Ls - Cl)}{Cl}$

b) Para probetas tipo halterio: $Es = \frac{100 (Ls - L0)}{L0}$

4.5.5 La carga en una elongación determinada, expresada en mega pascales

a) Para probetas tipo anillo: $Se = \frac{Fe}{2We}$

b) Para probetas tipo halterio: $Se = \frac{Fe}{We}$

4.5.6 El valor reportado para cualquiera de los parámetros anteriores deberá ser el promedio aritmético de las mediciones y cálculos correspondientes a cada probeta.

5. INFORME DE RESULTADOS

5.1 El informe de ensayo deberá incluir la siguiente información:

5.1.1 Los valores obtenidos según 4,5

5.1.2 Tipo de probeta usada,

5.1.3 Método de determinación de la sección transversal de probetas forma A,

5.1.4 Cantidad de probetas usadas para el ensayo,

5.1.5 Temperatura de ensayo

5.1.6 Dirección del grano en probetas forma B.

ANEXO B: Normativa para realizar el ensayo a compresión INE RTE 889

Norma Ecuatoriana	CAUCHO. DETERMINACION DE LA COMPRESION RESIDUAL	INEN 889
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece el método de ensayo para determinar la compresión residual de cauchos vulcanizados de dureza 30 y 85 IHRD.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>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% sin producir daños, razón por la cual no se aplica el método a tales cauchos.</p> <p>2.2 Esta norma no se aplica para ensayos de deformación rápida, resultante de fuerzas intermitentes.</p> <p style="text-align: center;">3. DEFINICIONES</p> <p>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).</p> <p style="text-align: center;">4. METODO DE ENSAYO</p> <p>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.</p> <p>4.2 Instrumental</p> <p>4.2.1 <i>Troqueles y cuchillas.</i> Utilizados para cortar las 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.</p> <p>4.2.2 <i>Instrumento de medida.</i> 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.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p>		

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)

ANEXO C: Normativa para realizar el ensayo de dureza INEN RTE 887

Norma Ecuatoriana	CAUCHO. DETERMINACIÓN DE LA DUREZA (ESCALA IRHD).	INEN 887 1982-10			
1. OBJETO					
<p>1.1 Esta norma establece el método de ensayo para la determinación de la dureza de productos de caucho vulcanizado.</p>					
2. ALCANCE					
<p>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.</p>					
<p>2.2 Esta norma no se aplica a cauchos muy blandos o muy duros, que serán objeto de las otras normas.</p>					
3. METODO DE ENSAYO					
<p>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).</p>					
3.2 Instrumental					
<p>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.</p>					
<p>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.</p>					
TABLA 1. Fuerzas y dimensiones del instrumental					
Ensayo	Diámetros	Fuerza en la superficie esférica			Fuerza en el pie
	mm	contacto	intentado	total	N
Normal	esfera 2,38±0,01 pie - 20 ± 1 perfor. 6±1 o también	0,30 ± 0,02	5,23 ± 0,01	5,53 ± 0,3	8,3 ± 1,5
	esfera 2,5±0,01 pie 20 ± 1 perfor. 6 ± 1	0,30 ± 0,02	5,40 ± 0,01 -	5,70 ± 0,03	8,3 ± 1,5
Micro	mm	mN	mN	mN	mN
	esfera 0,365±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

Espesor 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 curvas: (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)

ANEXO D: Normativa para realizar el ensayo de desgaste ISO 4649-2010



Quito – Ecuador

**NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA**

NTE INEN-ISO 4649

Tercera edición
2016-10

**CAUCHO, VULCANIZADO O TERMOPLÁSTICO – DETERMINACIÓN
DE LA RESISTENCIA A LA ABRASIÓN UTILIZANDO UN
DISPOSITIVO DE TAMBOR CILÍNDRICO GIRATORIO (ISO
4649:2010, IDT)**

**RUBBER, VULCANIZED OR THERMOPLASTIC – DETERMINATION OF ABRASION
RESISTANCE USING A ROTATING CYLINDRICAL DRUM DEVICE (ISO 4649:2010, IDT)**

Correspondencia:

Esta Norma Técnica Ecuatoriana es una traducción idéntica de la Norma Internacional ISO 4649:2010.

ICS: 83.060

21
Páginas

© ISO 2010 – Todos los derechos reservados
© INEN 2016

Caucho, vulcanizado o termoplástico – Determinación de la resistencia a la abrasión utilizando un dispositivo de tambor cilíndrico giratorio

ADVERTENCIA – Los usuarios de esta norma nacional deberían estar familiarizados con las prácticas normales de laboratorio. Esta norma no pretende abordar todos los problemas de seguridad, si existieran, asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario establecer las prácticas de seguridad y salud adecuadas y asegurar que se cumpla cualquier regulación nacional existente.

PRECAUCIÓN – Ciertos productos especificados en esta norma nacional pueden conllevar el uso o la generación de sustancias, o la generación de desechos, que podrían constituir un peligro ambiental local. Se debería hacer referencia a la documentación apropiada sobre el manejo y eliminación de forma segura.

1 Objeto y campo de aplicación

Esta norma nacional especifica dos métodos para la determinación de la resistencia del caucho a la abrasión mediante un dispositivo de tambor cilíndrico giratorio.

Los métodos incluyen la determinación de la pérdida de volumen debido a la acción abrasiva del frotamiento de una probeta sobre una lámina abrasiva de grado específico. El método A es para probetas no giratorias y el método B para probetas giratorias. Para cada método, el resultado se puede reportar como una pérdida de volumen relativa o un índice de resistencia a la abrasión.

Todos los ensayos son comparativos debido a que factores tales como, el grado de la lámina abrasiva, el tipo de adhesivo utilizado en la fabricación de la lámina y la contaminación y desgaste causados por ensayos previos llevan a variaciones en los valores absolutos de la pérdida de abrasión. Los ensayos con un compuesto de referencia se incluyen de forma que los resultados puedan expresarse como pérdida de volumen relativa comparada con una lámina abrasiva calibrada o como un índice de resistencia a la abrasión comparado con un compuesto de referencia.

NOTA La pérdida de abrasión a menudo es más uniforme utilizando la probeta giratoria ya que la superficie completa de la probeta está en contacto con la lámina abrasiva durante el ensayo. Sin embargo, existe experiencia considerable utilizando la probeta no giratoria.

Estos métodos de ensayo son adecuados para ensayos comparativos, control de calidad, ensayos de cumplimiento de especificación, fines de referencia y trabajos de investigación y desarrollo. No puede inferir ninguna relación directa entre los resultados de este ensayo de abrasión y el comportamiento en servicio.

2 Referencias normativas

Las normas que a continuación se indican son indispensables para la aplicación de esta norma. Para las referencias con fecha, solo se aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha se aplica la última edición de la norma (incluyendo cualquier enmienda).

ISO 2230, *Elastómeros – Guía para el almacenamiento*

ISO 2393, *Mezclas para ensayo de caucho – Preparación, mezclado y vulcanización – Equipos y procedimientos*

ISO 2781, *Caucho vulcanizado o termoplástico – Determinación de la densidad*

ISO 7619-1, *Caucho vulcanizado o termoplástico – Determinación de la dureza de indentación – Parte 1: Método del durómetro (dureza Shore)*

© ISO 2010 – Todos los derechos reservados

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN-ISO 4649	TÍTULO: CAUCHO, VULCANIZADO O TERMOPLÁSTICO – Código ICS: DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA ABRASIÓN 83.060 UTILIZANDO UN DISPOSITIVO DE TAMBOR CILÍNDRICO GIRATORIO (ISO 4649:2010, IDT)
---	---

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio: 2015-04-10	REVISIÓN: La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma Oficialización con el Carácter de por Resolución No. publicado en el Registro Oficial No. Fecha de iniciación del estudio:
--	---

Fechas de consulta pública: 2015-08-17 al 2015-08-31

Comité Técnico de Normalización: Elastómeros y productos de elastómeros
Fecha de iniciación: 2016-03-16
Fecha de aprobación: 2016-05-11
Integrantes del Comité:

NOMBRES:

Biól. Matías Demarquet (Presidente)

Dr. Víctor Guerrero

Ing. Alexandra González

Ing. Carlos Ruales

Ing. Francisco Fuentes

Quím. José Erazo

Ing. Jorge Franco

Ing. Alejandro Salazar

Ing. Noemi Ramos (Secretaría técnica)

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

MINISTERIO DE INDUSTRIAS Y PRODUCTIVIDAD

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

PLASTICAUCHO INDUSTRIAL

CAUCHOS VIKINGO

MINISTERIO DEL AMBIENTE

PICA- PLÁSTICOS INDUSTRIALES C.A.

SIKA ECUATORIANA S.A.

INEN-DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN


Otros trámites:

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

Oficializada como: Voluntaria
Registro Oficial No. 855 de 2016-10-05

Por Resolución No. 16344 de 2016-08-30

ANEXO E: Ficha técnica resina de poliuretano monocomponente ECSADE

	RESINA - ECSADE	Fecha: 2016-06-01 Revisión: 01
	REFERENCIA: SAE-010	
	ADHESIVOS DE ALTA PRESTACION	

FICHA TECNICA SAE – 010

IDENTIFICACION DEL PRODUCTO:

CODIGO DEL PRODUCTO: SAE-14

DESCRIPCIÓN

Adhesivo de poliuretano, en base a solventes de un componente; provee uniones firmes y sin soldaduras visibles en las aplicaciones de SUELO SEGURO con combinaciones de productos de Caucho Reciclado-Nuevo: SBR-EPDM.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

Color	Amarillento
Estabilidad al almacenamiento	+10 °C y +40 °C
Densidad	1.1 ± 0.01 g/ cm ³
Tiempo de secado	40 min (Aproximadamente)
Tiempo de secado hasta obtener Resistencia Mecánica	24 horas (Puede variar dependiendo de la temperatura ambiental y la humedad)
Duración media	6 meses
Consumos:	<ul style="list-style-type: none"> - 15-20% con EPDM, - 10-15% con SBR
Presentación	<ul style="list-style-type: none"> - Envases metálicos de 220 kg - Envases plásticos de 20 kg

VENTAJAS:

- Resistente al agua,
- Secado rápido de los solventes,
- Curado rápido en climas cálido-húmedos,
- Proporciona flexibilidad a la estructura adherida,
- Excelente durabilidad frente a condiciones atmosféricas.

AREAS DE APLICACIÓN:

- En sistemas de **SUELO SEGURO ECSADE**
- Suelos decorativos.
- Fabricación de baldosas de caucho reciclado.
- Fabricación de elementos viales de caucho reciclado.
- Fabricación de elementos decorativos de caucho reciclado.
- Reparaciones de suelos decorativos y suelos flexibles realizados con técnicas similares a **SUELO SEGURO ECSADE**, pero con otros productos que han sufrido deterioros.
- Anclaje de pisos de caucho en diversos sustratos para usos de gimnasios, crossfit, camineras, terrazas transitables, etc.

Planta y Bodegas: Km 10.5 vía Durán – Tambo. (593)45060797

ANEXO F: Ensayos de tracción de polímero



Centro de Fomento Productivo
Metalmecánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

Informe N°: 180449425820190109-ETP	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa / Cliente: Sr Gabriel Alejandro Urquiza Vaca.	
DIRECCION: Rio Salado y Rio Coca, Cda, El Dorado	
NUM. DE CEDULA / RUC: 1804494258	TELEFONO: 0987585382
E-MAIL: gabol188 pro@hotmail.com	

DATOS INFORMATIVOS
Laboratorio: Resistencia de Materiales.
Designación del material: Material compuesto.
Método de ensayo: NTE INEN 1165:2013: Caucho vulcanizado. Determinación de la resistencia a la tracción y del alargamiento porcentual.

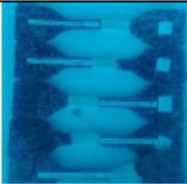



N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
1	180449425820190109-ETP 01-1	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
2	180449425820190109-ETP 01-2	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
3	180449425820190109-ETP 01-3	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
4	180449425820190109-ETP 01-4	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
5	180449425820190109-ETP 01-5	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	

Código: RG-RM-003
Fecha de Elaboración: 06-07-2016
Fecha de última aprobación: 17-01-2017
Revisión: 3

HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

Página 1 de 5



Nº	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
6	180449425820190109-ETP 02-1	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
7	180449425820190109-ETP 02-2	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
8	180449425820190109-ETP 02-3	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
9	180449425820190109-ETP 02-4	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
10	180449425820190109-ETP 02-5	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
11	180449425820190109-ETP 03-1	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
12	180449425820190109-ETP 03-2	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
13	180449425820190109-ETP 03-3	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
14	180449425820190109-ETP 03-4	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
15	180449425820190109-ETP 03-5	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
16	180449425820190109-ETP 04-1	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
17	180449425820190109-ETP 04-2	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
18	180449425820190109-ETP 04-3	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
19	180449425820190109-ETP 04-4	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
20	180449425820190109-ETP 04-5	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
21	180449425820190109-ETP 05-1	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
22	180449425820190109-ETP 05-2	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
23	180449425820190109-ETP 05-3	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
24	180449425820190109-ETP 05-4	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
25	180449425820190109-ETP 05-5	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	

Código: RG-RM-003

Fecha de Elaboración: 06-07-2016

Fecha de última aprobación: 17-01-2017

Revisión: 3

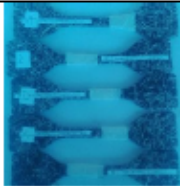
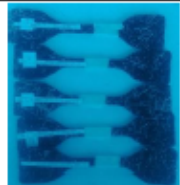


HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

Página 2 de 5



N°	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
26	180449425820190109-ETP 06-1	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
27	180449425820190109-ETP 06-2	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
28	180449425820190109-ETP 06-3	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
29	180449425820190109-ETP 06-4	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
30	180449425820190109-ETP 06-5	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
31	180449425820190109-ETP 07-1	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
32	180449425820190109-ETP 07-2	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
33	180449425820190109-ETP 07-3	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
34	180449425820190109-ETP 07-4	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
35	180449425820190109-ETP 07-5	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
36	180449425820190109-ETP 08-1	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
37	180449425820190109-ETP 08-2	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
38	180449425820190109-ETP 08-3	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
39	180449425820190109-ETP 08-4	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
40	180449425820190109-ETP 08-5	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
41	180449425820190109-ETP 09-1	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
42	180449425820190109-ETP 09-2	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
43	180449425820190109-ETP 09-3	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
44	180449425820190109-ETP 09-4	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
45	180449425820190109-ETP 09-5	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	



N°	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
46	180449425820190109-ETP 10-1	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
47	180449425820190109-ETP 10-2	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
48	180449425820190109-ETP 10-3	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
49	180449425820190109-ETP 10-4	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
50	180449425820190109-ETP 10-5	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
51	180449425820190109-ETP 11-1	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
52	180449425820190109-ETP 11-2	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
53	180449425820190109-ETP 11-3	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
54	180449425820190109-ETP 11-4	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
55	180449425820190109-ETP 11-5	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
56	180449425820190109-ETP 12-1	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
57	180449425820190109-ETP 12-2	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
58	180449425820190109-ETP 12-3	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
59	180449425820190109-ETP 12-4	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
60	180449425820190109-ETP 12-5	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
61	180449425820190109-ETP 13-1	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
62	180449425820190109-ETP 13-2	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
63	180449425820190109-ETP 13-3	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
64	180449425820190109-ETP 13-4	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
65	180449425820190109-ETP 13-5	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	



Todas las muestras de cada grupo por acuerdo se entregan al cliente, el centro no se responsabiliza por el mantenimiento y almacenamiento, quedando a responsabilidad del cliente su resguardo.

Elaborado por: Ing. Fernando Galarza. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Aprobado por: Ing. Esteban López Espinel Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
Ciente	

ANEXO G: Ensayo de compresión





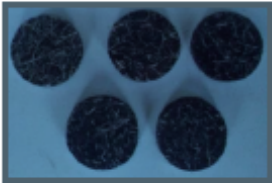

HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

Informe N°: 180449425820190109-ECP	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa / Cliente: Sr Gabriel Alejandro Urquiza Vaca.	
DIRECCION: Rio Salado y Rio Coca, Cdla, El Dorado	
NUM. DE CEDULA / RUC: 1804494258	TELEFONO: 0987585382
E-MAIL: gabo1188 pro@hotmail.com	

DATOS INFORMATIVOS
Laboratorio: Resistencia de Materiales.
Designación del material: Material compuesto.
Método de ensayo: ASTM D695-2015: Método de prueba estándar para Propiedades de Compresión de Plásticos Rígidos.

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
1	180449425820190109-ECP 01-1	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
2	180449425820190109-ECP 01-2	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
3	180449425820190109-ECP 01-3	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
4	180449425820190109-ECP 01-4	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
5	180449425820190109-ECP 01-5	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	



N°	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
6	180449425820190109-ECP 02-1	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
7	180449425820190109-ECP 02-2	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
8	180449425820190109-ECP 02-3	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
9	180449425820190109-ECP 02-4	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
10	180449425820190109-ECP 02-5	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
11	180449425820190109-ECP 03-1	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
12	180449425820190109-ECP 03-2	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
13	180449425820190109-ECP 03-3	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
14	180449425820190109-ECP 03-4	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
15	180449425820190109-ECP 03-5	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
16	180449425820190109-ECP 04-1	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
17	180449425820190109-ECP 04-2	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
18	180449425820190109-ECP 04-3	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
19	180449425820190109-ECP 04-4	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
20	180449425820190109-ECP 04-5	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
21	180449425820190109-ECP 05-1	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
22	180449425820190109-ECP 05-2	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
23	180449425820190109-ECP 05-3	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
24	180449425820190109-ECP 05-4	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
25	180449425820190109-ECP 05-5	25/01/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	

Código: RG-RM-003

Fecha de Elaboración: 06-07-2016


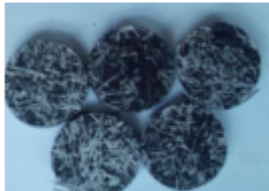
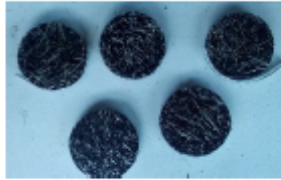
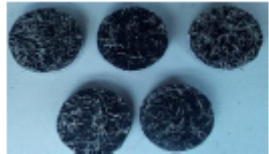
Fecha de última aprobación: 17-01-2017

Revisión: 3





HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

Página 2 de 5



N°	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
26	180449425820190109-ECP 06-1	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
27	180449425820190109-ECP 06-2	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
28	180449425820190109-ECP 06-3	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
29	180449425820190109-ECP 06-4	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
30	180449425820190109-ECP 06-5	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
31	180449425820190109-ECP 07-1	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
32	180449425820190109-ECP 07-2	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
33	180449425820190109-ECP 07-3	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
34	180449425820190109-ECP 07-4	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
35	180449425820190109-ECP 07-5	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
36	180449425820190109-ECP 08-1	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
37	180449425820190109-ECP 08-2	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
38	180449425820190109-ECP 08-3	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
39	180449425820190109-ECP 08-4	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
40	180449425820190109-ECP 08-5	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
41	180449425820190109-ECP 09-1	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
42	180449425820190109-ECP 09-2	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
43	180449425820190109-ECP 09-3	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
44	180449425820190109-ECP 09-4	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
45	180449425820190109-ECP 09-5	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	



N°	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
46	180449425820190109-ECP 10-1	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
47	180449425820190109-ECP 10-2	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
48	180449425820190109-ECP 10-3	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
49	180449425820190109-ECP 10-4	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
50	180449425820190109-ECP 10-5	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
51	180449425820190109-ECP 11-1	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
52	180449425820190109-ECP 11-2	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
53	180449425820190109-ECP 11-3	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
54	180449425820190109-ECP 11-4	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
55	180449425820190109-ECP 11-5	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
56	180449425820190109-ECP 12-1	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
57	180449425820190109-ECP 12-2	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
58	180449425820190109-ECP 12-3	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
59	180449425820190109-ECP 12-4	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
60	180449425820190109-ECP 12-5	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
61	180449425820190109-ECP 13-1	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
62	180449425820190109-ECP 13-2	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
63	180449425820190109-ECP 13-3	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
64	180449425820190109-ECP 13-4	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	
65	180449425820190109-ECP 13-5	11/02/2019	19/02/2019	Cliente	Entrega al cliente	



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Todas las muestras de cada grupo por acuerdo se entregan al cliente, el centro no se responsabiliza por el mantenimiento y almacenamiento, quedando a responsabilidad del cliente su resguardo.

Elaborado por:	Aprobado por:
Ing. Fernando Galarza.	Ing. Esteban López Espinel
Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
Cliente	


ANEXO H: Ensayo de dureza



HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

Informe N°: 180449425820190109-EDSA	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa / Cliente: Gabriel Alejandro Urquiza Vaca.	
DIRECCION: Río Salado y Río Coca, Ciudadela El Dorado, Ambato.	
NUM DE CEDULA / RUC: 1804494258	TELEFONO: 0987585382
E-MAIL: gabo1188_pro@hotmail.com	

DATOS INFORMATIVOS
Laboratorio: Análisis Metalográfico
Designación del material: Material compuesto.
Método de ensayo: ASTM D2240 Método de prueba estándar para propiedad de caucho-Durometría dureza.

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
1	180449425820190109-EDSA 01-1	2019/01/25	2019/04/08	Cliente	Se entrega al cliente	



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



N°	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
2	180449425820190109-EDSA 02-1	2019/01/25	2019/04/08	Cliente	Se entrega al cliente	
3	180449425820190109-EDSA 03-1	2019/01/25	2019/04/08	Cliente	Se entrega al cliente	
4	180449425820190109-EDSA 04-1	2019/01/25	2019/04/08	Cliente	Se entrega al cliente	
5	180449425820190109-EDSA 05-1	2019/01/25	2019/04/08	Cliente	Se entrega al cliente	



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



N°	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
6	180449425820190109-EDSA 06-1	2019/01/25	2019/04/08	Cliente	Se entrega al cliente	
7	180449425820190109-EDSA 07-1	2019/01/25	2019/04/08	Cliente	Se entrega al cliente	
8	180449425820190109-EDSA 08-1	2019/01/25	2019/04/08	Cliente	Se entrega al cliente	
9	180449425820190109-EDSA 09-1	2019/01/25	2019/04/08	Cliente	Se entrega al cliente	

Código: RG-AM,-009
Fecha de Elaboración: 22-05-2018
Fecha de última aprobación: 22-05-2018

HOJA DE ALMACENAMIENTO
DE MUESTRAS

Página 3 de 5



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



N°	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
10	180449425820190109-EDSA 10-1	2019/01/25	2019/04/08	Cliente	Se entrega al cliente	
11	180449425820190109-EDSA 11-1	2019/01/25	2019/04/08	Cliente	Se entrega al cliente	
12	180449425820190109-EDSA 12-1	2019/01/25	2019/04/08	Cliente	Se entrega al cliente	
13	180449425820190109-EDSA 13-1	2019/01/25	2019/04/08	Cliente	Se entrega al cliente	

Código: RG-AM,-009
Fecha de Elaboración: 22-05-2018
Fecha de última aprobación: 22-05-2018
Revisión: 1

HOJA DE ALMACENAMIENTO
DE MUESTRAS

Página 4 de 5



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero

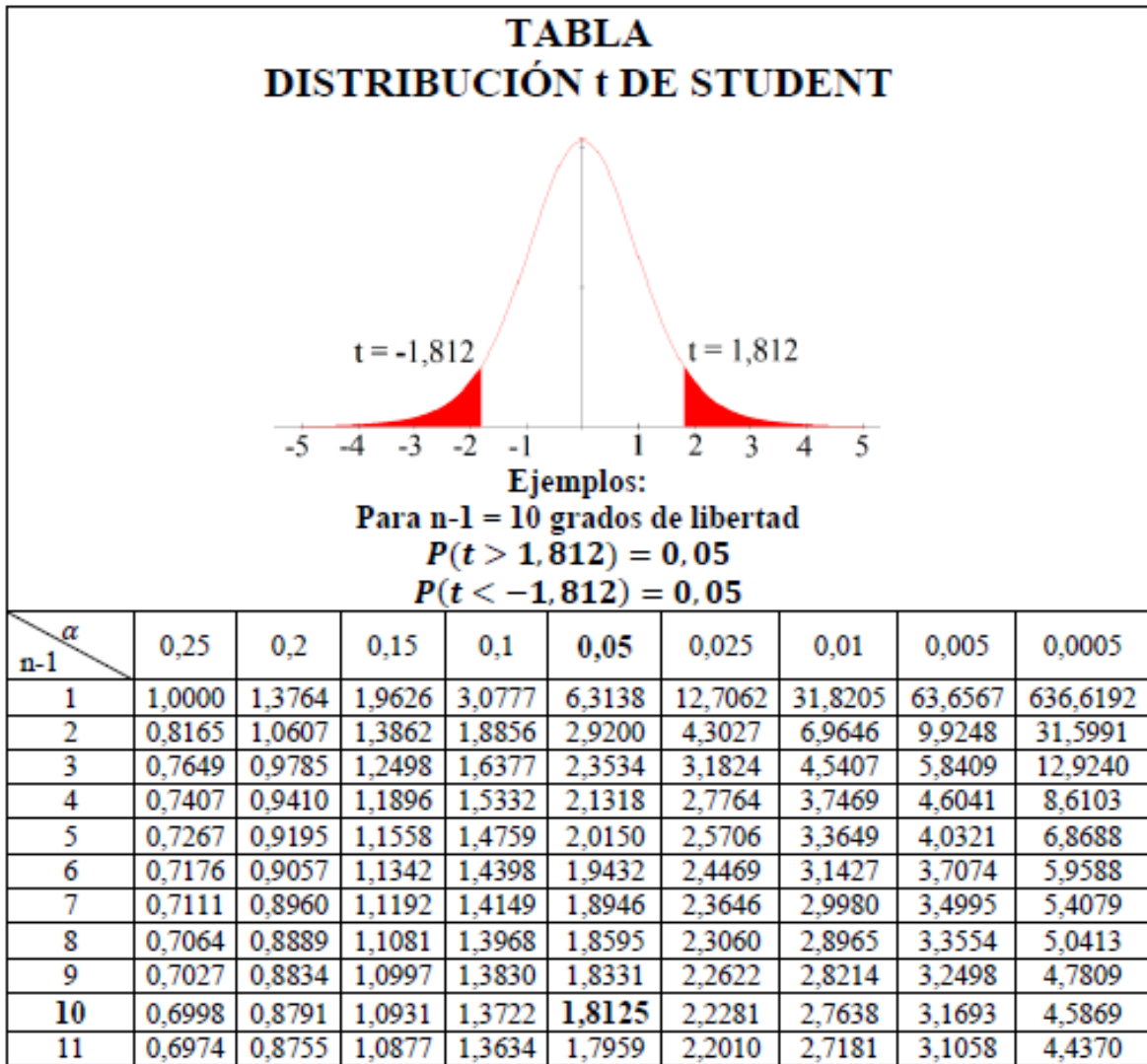


Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Todas las muestras por acuerdo se entregan al cliente, el CFPMC no se responsabiliza por el mantenimiento y almacenamiento, quedando a responsabilidad del cliente su resguardo.

Elaborado por: Ing. Fernando Galarza Chacón Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Aprobado por: Ing. Esteban López Espinel Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
Cliente	

ANEXO I: Tabla de distribución T-student



ANEXO J: Material fotográfico



Preparación del material compuesto



Prensado de las losetas del material compuesto



Cortado de planchas material compuesto



Extracción de probeta para ensayo de tracción



Extracción de probeta para ensayo de Compresión



Probetas de fibra para ensayo de dureza



Probetas de fibra corta para ensayos de tracción, compresión y dureza



Probetas de fibra larga para ensayos de tracción, compresión y dureza