



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 MECÁNICA DEL MATERIAL COMPUESTO DE
MATRIZ ELASTOMÉRICA REFORZADO CON FIBRA DE CABUYA PARA
DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN APLICACIONES
INDUSTRIALES”**

AUTOR: Alvaro Fernando Machado Machado

TUTOR: Ing. Mg. Juan Gilberto Paredes Salinas

Ambato – Ecuador

2019

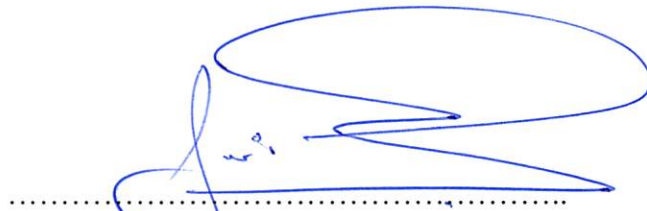
APROBACIÓN DEL TUTOR
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del Trabajo experimental, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema “CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ ELASTOMÉRICA REFORZADO CON FIBRA DE CABUYA PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN APLICACIONES INDUSTRIALES.”, elaborado por el Sr. Alvaro Fernando Machado Machado, portador de la cédula de ciudadanía: 180519771-0, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica.

Certifico:

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

Ambato, Julio del 2019

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke, positioned above a dotted line.

Ing. Mg. Juan Gilberto Paredes Salinas

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO

Yo, Alvaro Fernando Machado Machado con C.I. 180519771-0 declaro que el presente trabajo investigativo “CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ ELASTOMÉRICA REFORZADO CON FIBRA DE CABUYA PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN APLICACIONES INDUSTRIALES”, es únicamente personal incluido criterios, análisis y conclusiones a excepción de citas bibliográficas que se utilizaron en la investigación.

Ambato, Julio del 2019



Alvaro Fernando Machado Machado

C.I. 180519771-0


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 investigaciones según las normas de la institución.

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

Ambato, Julio del 2019



Alvaro Fernando Machado Machado

C.I. 180519771-0

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del tribunal de grado aprueban el informe del trabajo experimental realizado por el estudiante Alvaro Fernando Machado Machado de la carrera de Ingeniería Mecánica bajo el tema: “CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ ELASTOMÉRICA REFORZADO CON FIBRA DE CABUYA PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN APLICACIONES INDUSTRIALES”

Ambato, Julio del 2019

Para constancia firman:



Ing. Mg. Wilson Henry Vaca Ortega.



Ing. Mg. Francisco Agustín Peña Jordán.

DEDICATORIA

El presente trabajo realizado está dedicado a Dios por haberme extendido su mano para estar en este punto de la vida y lograr uno de mis objetivos, darle gracias por su inmenso amor por estar conmigo y haberme dado la oportunidad de estar con vida y acompañarme en cada paso que he transcurrido fortaleciéndome y forjándome como persona, guiándome aquellas personas que han sido un gran soporte en mi vida, decir gracias no bastaría a usted mis Tíos Patricia Machado y Ramiro Villegas estoy agradecido por darme un lugar en su meza y haberme abierto las puertas de su casa, gracias por sus consejos en aquellos momentos de dificultad en esos momentos que me alentaban a sobresalir y seguir adelante, durante este tiempo se han convertido en mis segundos padres les estoy agradecido ya con su apoyo lo he logrado que Dios los bendiga siempre y que su hogar sea prospero.

AGRADECIMIENTO

A mis Tíos Patricia Machado y Ramiro Villegas quienes han representado un gran apoyo brindándome ayuda como también su consejo.

A mi padre Simón Bolívar Aman por el sacrificio que ha realizado por complementar mi educación.

Al Ing. Mg. Juan Paredes, por sus conocimientos, paciencia y disposición impartida durante el desarrollo del presente trabajo experimental.

A la prestigiosa Universidad Técnica de Ambato por otorgarme la oportunidad de formar mi conocimiento y permitiéndome ser un profesional.

A los docente de la Facultad de la Ingeniería Civil y Mecánica de la Carrera de Ingeniería Mecánica quienes compartieron sus conocimientos y experiencias de vida profesional.

INDICE GENERAL DE CONTENIDO

PAGINAS PRELIMINARES

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	II
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	II
AUTORÍA DEL TRABAJO.....	III
DERECHOS DE AUTOR	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	V
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VII
INDICE GENERAL DE CONTENIDO	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
ÍNDICE DE FICHAS TÉCNICAS	XV
RESUMEN EJECUTIVO	XVII
EXECUTIVE SUMMARY.....	XVIII
CAPÍTULO I.....	1
1.ANTECEDENTES.....	1
1.1 TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL.....	1
1.2 ANTECEDENTES.....	1
1.3 JUSTIFICACIÓN	3
1.4 OBJETIVOS	4
1.4.1 OBJETIVO GENERAL:.....	4
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	4
CAPITULO II	5
2. FUNDAMENTACIÓN.....	5
2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
2.1.1 INGENIERÍA DE MATERIALES	5

2.1.2 MATERIALES COMPUESTOS	5
2.1.3 COMPONENTES DE LOS MATERIALES COMPUESTOS.	7
2.1.4 MANUFACTURA DE LOS MATERIALES COMPUESTOS	16
2.1.5 CARACTERIZACIÓN MECÁNICA POR MEDIO DE ENSAYOS DESTRUCTIVOS.....	19
2.2 HIPÓTESIS.....	24
2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS	24
2.3.1 VARIABLE INDEPENDIENTE	24
2.3.2 VARIABLE DEPENDIENTE	24
2.3.3 TÉRMINO DE RELACIÓN	24
CAPITULO III.....	25
3. METODOLOGÍA	25
3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	25
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	25
3.2.1 POBLACIÓN.....	25
3.2.2 MUESTRA.....	26
3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	27
3.3.1 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE INDEPENDIENTE	27
3.3.2 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE DEPENDIENTE	28
3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	30
3.5 PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.	31
CAPITULO IV.....	32
4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	32
4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS	32
4.1.1 ADQUISICIÓN DE LA MATERIA PRIMA	34
4.1.2 DETERMINACIÓN DE LA PROPIEDAD FÍSICA DEL LÁTEX.....	34
4.1.3 CALCULO DE LAS FRACCIONES VOLUMÉTRICAS.....	35

4.1.4 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MOLDE	57
4.1.5 CORTE DE LA FIBRA DE CABUYA	69
4.1.6 ELABORACIÓN DE LAS PROBETAS DEL MATERIAL COMPUESTO MEDIANTE ESTRATIFICACIÓN MANUAL	70
4.1.7 ENSAYOS DE LAS PROBETAS DEL MATERIAL COMPUESTO	74
4.1.8 RECOLECCIÓN DE DATOS	76
4.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS	114
4.2.1 ANÁLISIS DE DATOS	114
4.2.2 ANÁLISIS DEL ESFUERZO A LA TRACCIÓN TRANSFORMADO...	114
4.2.3 ANÁLISIS DEL PORCENTAJE DE ALARGAMIENTO A LA TRACCIÓN TRANSFORMADO.....	119
4.2.4 ANÁLISIS DEL ESFUERZO A LA FLUENCIA TRANSFORMADO ...	123
4.2.5 ANÁLISIS DEL ESFUERZO A LA ROTURA.....	128
4.2.6 ANÁLISIS DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD TRANSFORMADO ...	132
4.2.7 ANÁLISIS DEL MÓDULO DE COMPRESIÓN AL 10%	137
4.2.8 ANÁLISIS DEL MÓDULO DE COMPRESIÓN AL 20%	142
4.2.9 ANÁLISIS DE LA DUREZA SHORE D.....	147
4.2.10 ANÁLISIS DE LA DUREZA SHORE IRHD.....	151
4.2.11 OPTIMIZACIÓN SIMULTÁNEA.....	156
4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS	158
4.4 APLICACIONES INDUSTRIALES	161
CAPÍTULO V	163
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	163
5.1 CONCLUSIONES	163
5.2 RECOMENDACIONES	164
BIBLIOGRAFÍA	166
ANEXOS	170

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1. Clasificación de los materiales compuestos	6
Figura 2-2. Configuración de un material compuesto.....	7
Figura 2-3. Partículas distribuidas en la matriz.....	9
Figura 2-4. Partículas grandes distribuidas en la matriz	10
Figura 2-5. Partículas de endurecimiento por dispersión.....	10
Figura 2-6. Tipos de fibras.....	11
Figura 2-7. Orientación de fibras: a) fibras continuas y alineadas, fibras discontinuas y alineadas, fibras discontinuas y orientadas al azar.....	11
Figura 2-8. Compuestos estructural laminar	12
Figura 2-9. Compuestos estructural tipo sándwich.....	12
Figura 2-10. Estructura molecular de los termoplásticos.....	13
Figura 2-11. Estructura molecular Termorrígida	13
Figura 2-12. Estructura molecular Elastomérica.....	14
Figura 2-13. Guante de látex Sintético	15
Figura 2-14. Látex de plastisol de Cloruro de Polivinilo (Látex termoplástico)	15
Figura 2-15. Fibra de Yute.....	16
Figura 2-16. Proceso de laminación manual.....	17
Figura 2-17. Molde por compresión	18
Figura 2-18. Máquina universal para ensayo de tracción	20
Figura 2-19. Aparato de compresión	22
Figura 2-20. Durómetro	24
Figura 4-1 Diagrama de Procesos.....	33
Figura 4-2 Determinación de la densidad del látex sintético.....	35
Figura 4-3 a) Molde de acero probetas a tracción, b) Molde de acero probetas	35
Figura 4-4 Molde de tracción.....	36
Figura 4-5 Molde de compresión.....	36
Figura 4-6 Molde de compresión.....	37
Figura 4-7 Elaboración de la distribución de probetas a tracción.....	57
Figura 4-8 Elaboración de la distribución de probetas a compresión	58
Figura 4-9 Elaboración de la distribución de probetas de dureza	58
Figura 4-10 Componentes del molde de compactación para probetas a compresión.	60
Figura 4-11 Componentes del molde de compactación para probetas a tracción.	60
Figura 4-12 Componentes del molde de Compactación para probetas a dureza.	61
Figura 4-13 Base del molde de compactación	62

Figura 4-14 a) Marco del molde compresión b) Marco del molde Tracción c) Marco del molde Dureza.....	63
Figura 4-15 a) Sujeción de la guía del molde a Tracción b) Sujeción de la guía del molde de compresión y Dureza.....	63
Figura 4-16 a) Guía del molde a tracción, b) Guía del molde de compresión y dureza...	64
Figura 4-17 a) Compactador del molde de compresión y Dureza, b) compactador del molde de tracción.....	64
Figura 4-18 Control de calidad del molde de compactación	65
Figura 4-19 Componentes del molde de curación para probetas a compresión.....	65
Figura 4-20 Componentes del molde de curación para probetas a tracción.	66
Figura 4-21 Componentes del molde de curación para probetas a dureza.....	66
Figura 4-22 Base del molde de curación.....	67
Figura 4-23 a) Marco del molde compresión b) Marco del molde Tracción c) Marco del molde Dureza.....	68
Figura 4-24 Tapa del molde de curación	68
Figura 4-25 Control de calidad del molde de curación	69
Figura 4-26 Corte de la fibra de cabuya.....	69
Figura 4-27 Preparación del área del molde	70
Figura 4-28 Preparación de fibra corta	70
Figura 4-29 a) Preparación de la matriz (látex), b) Preparación del refuerzo (Cabuya) ..	71
Figura 4-30 Conformación del material compuesto	72
Figura 4-31 Vulcanización del material compuesto	72
Figura 4-32 a) Material compuesto probetas a compresión, b) Material compuesto probetas a tracción, c) Material compuesto probetas dureza.	73
Figura 4-33 Corte de las probetas: a) probetas a tracción, b) Probetas a compresión	74
Figura 4-34 a) Probetas en forma Circular para ensayo a compresión, b) Probetas en forma cuadradas para ensayo de dureza, c) Probetas en forma halterio para ensayo a tracción.	74
Figura 4-35 Diagrama de Pareto de los efectos para el esfuerzo a la tracción.....	117
Figura 4-36 Gráfica de efectos principales del esfuerzo a la tracción.	118
Figura 4-37 Gráfica de efectos de interacción del esfuerzo a la tracción.	118
Figura 4-38 Diagrama de Pareto de los efectos para el porcentaje de alargamiento a la tracción.....	122
Figura 4-39 Gráfica de efectos principales del porcentaje de alargamiento a la tracción.	122
Figura 4-40 Gráfica de efectos de interacción del porcentaje de alargamiento a la tracción.	123
Figura 4-41 Diagrama de Pareto de los efectos para el esfuerzo a la fluencia.....	126

Figura 4-42	Gráfica de efectos principales del esfuerzo a la fluencia.	127
Figura 4-43	Gráfica de efectos de interacción del esfuerzo a la fluencia.	127
Figura 4-44	Diagrama de Pareto de los efectos para el esfuerzo a la rotura.	131
Figura 4-45	Gráfica de efectos principales del esfuerzo a la tracción.	131
Figura 4-46	Gráfica de efectos de interacción del esfuerzo a la rotura.	132
Figura 4-47	Diagrama de Pareto de los efectos para el módulo de elasticidad.	136
Figura 4-48	Gráfica de efectos principales del módulo de elasticidad.	136
Figura 4-49	Gráfica de efectos de interacción del módulo de elasticidad.	137
Figura 4-50	Diagrama de Pareto de los efectos para el módulo de compresión al 10%.	141
Figura 4-51	Gráfica de efectos principales del módulo de compresión al 10%.	141
Figura 4-52	Gráfica de efectos de interacción del módulo de compresión al 10%.	142
Figura 4-53	Diagrama de Pareto de los efectos para el módulo de compresión al 20%.	145
Figura 4-54	Gráfica de efectos principales del módulo de compresión al 20%.	146
Figura 4-55	Gráfica de efectos de interacción del módulo de compresión al 20%.	146
Figura 4-56	Diagrama de Pareto de los efectos para la dureza shore D.	150
Figura 4-57	Gráfica de efectos principales de la dureza shore D.	150
Figura 4-58	Gráfica de efectos de interacción de la dureza shore D.	151
Figura 4-59	Diagrama de Pareto de los efectos para la dureza shore IRHD.	154
Figura 4-60	Gráfica de efectos principales de la dureza shore IRHD.	155
Figura 4-61	Gráfica de efectos de interacción de la dureza shore IRHD.	155
Figura 4-62	Diagrama de Pareto de los efectos para el esfuerzo a la tracción.	160

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1. Propiedades de la cabuya.....	16
Tabla 3-1. Configuración del material compuesto.....	26
Tabla 3-2. Muestras para el estudio experimental.....	26
Tabla 3-3. Operacionalización de variable independiente	27
Tabla 3-4. Operacionalización de variable dependiente	28
Tabla 3-5. Plan de recolección de información.....	30
Tabla 4-1 Densidad de látex.....	34
Tabla 4-2. Tipos de ensayos.....	59
Tabla 4-3 Presión y tiempo en Conformación del material compuesto.	71
Tabla 4-4 Matriz del diseño factorial completo 2x3.	114
Tabla 4-5 Verificación de supuestos del esfuerzo a la tracción.	115
Tabla 4-6 ANOVA para el esfuerzo a la tracción transformado.....	117
Tabla 4-7 Verificación de supuestos del porcentaje de alargamiento a la tracción transformado.	119
Tabla 4-8 ANOVA para el porcentaje de alargamiento a la tracción transformado.	121
Tabla 4-9 Verificación de supuestos del esfuerzo a la fluencia transformado.....	124
Tabla 4-10 ANOVA para el esfuerzo a la fluencia transformado.....	126
Tabla 4-11 Verificación de supuestos del esfuerzo a la rotura.	128
Tabla 4-12 ANOVA para el esfuerzo a la rotura.	130
Tabla 4-13 Verificación de supuestos del módulo de elasticidad transformado.....	133
Tabla 4-14 ANOVA para el módulo de elasticidad transformado.....	135
Tabla 4-15 Verificación de supuestos del módulo de compresión al 10%.	138
Tabla 4-16 ANOVA para el módulo de compresión al 10%.	140
Tabla 4-17 Verificación de supuestos del módulo de compresión al 20%.	143
Tabla 4-18 ANOVA para el módulo de compresión al 20%.	145
Tabla 4-19 Verificación de supuestos de la dureza shore D.	147
Tabla 4-20 ANOVA para la dureza shore D.....	149
Tabla 4-21 Verificación de supuestos de la dureza shore IRHD.	152
Tabla 4-22 ANOVA para la dureza shore IRHD.	154
Tabla 4-23 Respuestas predichas por el modelo.	156
Tabla 4-24 Deseabilidad individual y global.	157
Tabla 4-25 Punto óptimo.....	157
Tabla 4-26 Matriz de diseño para la deseabilidad global.....	158
Tabla 4-27 ANOVA para la deseabilidad global.	159
Tabla 4-28 Comparativos con otras investigaciones.....	162

ÍNDICE DE FICHAS TÉCNICAS

Ficha Técnica 1. Ensayo a tracción material compuesto I (4) (20% Matriz Látex – 80% Refuerzo Cabuya)	78
Ficha Técnica 2. Ensayo a tracción material compuesto I (4) (30% Matriz Látex – 70% Refuerzo Cabuya)	80
Ficha Técnica 3. Ensayo a tracción material compuesto I (4) (45% Matriz Látex – 55% Refuerzo Cabuya)	82
Ficha Técnica 4. Ensayo a tracción material compuesto I (4) (20% Matriz Látex – 80% Refuerzo Cabuya)	84
Ficha Técnica 5. Ensayo a tracción material compuesto I (4) (30% Matriz Látex – 70% Refuerzo Cabuya)	86
Ficha Técnica 6. Ensayo a tracción material compuesto I (4) (45% Matriz Látex – 55% Refuerzo Cabuya)	88
Ficha Técnica 7. Ensayo a compresión material compuesto II (4) (20% Matriz Látex – 80% Refuerzo Cabuya)	90
Ficha Técnica 8. Ensayo a compresión material compuesto II (4) (30% Matriz Látex – 70% Refuerzo Cabuya)	92
Ficha Técnica 9. Ensayo a compresión material compuesto II (4) (45% Matriz Látex – 55% Refuerzo Cabuya)	94
Ficha Técnica 10. Ensayo a compresión material compuesto II (4) (20% Matriz Látex – 80% Refuerzo Cabuya)	96
Ficha Técnica 11. Ensayo a compresión material compuesto I (4) (30% Matriz Látex – 70% Refuerzo Cabuya)	98
Ficha Técnica 12. Ensayo a compresión material compuesto II (4) (45% Matriz Látex – 55% Refuerzo Cabuya)	100
Ficha Técnica 13. Ensayo de Dureza material compuesto III (1) (20% Matriz Látex – 80% Refuerzo Cabuya)	102
Ficha Técnica 14. Ensayo de Dureza material compuesto III (4) (30% Matriz Látex – 70% Refuerzo Cabuya)	104
Ficha Técnica 15. Ensayo de Dureza material compuesto III (4) (45% Matriz Látex – 55% Refuerzo Cabuya)	106
Ficha Técnica 16. Ensayo de Dureza material compuesto III (4) (20% Matriz Látex – 80% Refuerzo Cabuya)	108

Ficha Técnica 17. Ensayo de Dureza material compuesto III (4) (30% Matriz Látex – 70% Refuerzo Cabuya)	110
Ficha Técnica 18. Ensayo de Dureza material compuesto III (4) (45% Matriz Látex – 55% Refuerzo Cabuya)	112

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA

TEMA: “CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ ELASTOMÉRICA REFORZADO CON FIBRA DE CABUYA PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN APLICACIONES INDUSTRIALES”

Autor: Alvaro Fernando Machado Machado

Tutor: Ing. Mg. Juan Paredes

RESUMEN EJECUTIVO

El estudio se realizó con el fin de generar beneficios tecnológicos y científicos a la conformación de nuevos materiales compuestos que se han considerado de gran crecimiento y demanda en el mercado global al considerarse materiales más livianos y de bajo costo de fabricación que cuente con propiedades mecánicas y físicas iguales o superiores que reemplazaran a los materiales que se han presentado tradicionalmente en la industria.

El trabajo experimental se realizó la caracterización mecánica del material compuesto de matriz látex reforzado con fibra corta de cabuya con orientación al azar y fracciones volumétricas de 20% látex-80% fibra de cabuya, 30% látex-70% fibra de cabuya, 45% látex-55% fibra de cabuya, ya que para el mismo se utilizó moldes a compresión y estratificación manual. De los ensayos realizados se determinó el grupo de probetas que exhiben mejores resultados en sus propiedades mecánicas mediante los ensayos bajo la normativa UNE. (Tracción UNE – ISO 37, Compresión UNE – ISO 7743, Dureza UNE – ISO 48).

Con los análisis desarrollado mediante la metodología estadística basada en el diseño factorial completo general y la función de deseabilidad se logró determinar que las mejores características mecánicas del material compuesto a provechar, fue del compuesto conformado por fibra de longitud de 1cm y fracción volumétrica de 20% Látex - 80% Cabuya obteniendo resultados para el esfuerzo a la tracción de 10,592 MPa, módulo de elasticidad de 9,986 MPa y dureza shore D 48,667.

TECHNICAL UNIVERSITY OF AMBATO
CIVIL AND MECHANICAL ENGINEERING FACULTY
MECHANICAL ENGINEERING CAREER

TOPIC: "MECHANICAL CHARACTERIZATION OF MATERIAL COMPOSED OF ELASTOMERIC MATRIX REINFORCED WITH CABUYA FIBER TO DETERMINE MECHANICAL PROPERTIES IN INDUSTRIAL APPLICATIONS"

AUTHOR: Alvaro Fernando Machado Machado

ADVISOR: Ing. Juan Paredes Salinas Mg.

EXECUTIVE SUMMARY

The study was conducted out in order to generate technological and scientific benefits to the conformation of new composite materials that have been considered high growth and demand in the global market, considering lighter materials and low manufacturing cost that have equal or superior mechanical and physical properties that will replace the materials that have traditionally been presented in the industry.

The experimental work was perform the mechanical characterization of latex matrix composite material reinforced cabuya short fiber with random with random orientation and volumetric fractions of 20% latex-80% fiber of cabuya, 30% latex-70% fiber of cabuya, 45 % latex-55% fiber of cabuya,since compression molds and manual stratification were used for the same. Of the essays carried out, the group of specimens that exhibit the best results in their mechanical properties through the tests under the UNE standard. (UNE - ISO 37, UNE - ISO 7743, UNE - ISO 48).

With the analyzes developed by means of the statistical methodology based on the general complete factorial design and the function of desirability, it was determined that the best mechanical characteristics of the composite material to take advantage of, It was composed of fiber length of 1cm and volumetric fraction of 20% Latex - 80% Cabuya, obtaining results for tensile stress of 10,592 MPa, modulus of elasticity of 9,986 MPa and shore hardness D 48,667.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1 TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

“CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ ELASTOMÉRICA REFORZADO CON FIBRA DE CABUYA PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN 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 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.

El material no tejido de fibra de coco ligado con látex natural I3 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 [1].

En el 2011, en la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador, en la Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria, se realizó la investigación “Obtención de un material compuesto de matriz elastomérica y fibra de coco”, por Sylvia Jeanneth

Gallegos Idrobo, donde se obtuvieron para la primera etapa del desarrollo del material compuesto se determinó las características mecánicas de la fibra, obteniéndose un valor promedio de módulo de 0,137 N/tex y un porcentaje de elongación de 33,4%, valores adecuados por las características de la fibra. En la segunda parte se prensa la fibra de coco molida para obtener láminas de fibra de sección transversal similar, después de someterlas a una presión de 145,7 psi, por un tiempo de 10 min a 80°C, lo que permite que la lámina se compacta para el atomizado del látex, mediante el proceso de mercerizado a la fibra mejoró la unión de la matriz con el material de soporte así como la resistencia mediana a la tensión con un valor de 0,502 N/m, cuando el material consta de un 80% de fibra en su composición [2].

En el 2017, en la Universidad técnica de Ambato, en la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Carrera de Mecánica, se realizó la investigación “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”, por Franco Giovanni Palacios Pérez donde se obtuvo un material compuesto de matriz elastomérica de látex reforzado con gránulo de caucho reciclado para realizar el material compuesto se generó diferentes configuraciones de material compuesto, variando el tamaño del refuerzo y la composición volumétrica de matriz y refuerzo, determinando las características mecánicas de diferentes configuraciones del material compuesto de matriz elastomérica de látex reforzado con gránulo de caucho reciclado, con el propósito de obtener un material con características mecánicas óptimas para elaborar pisos. Los resultados obtenidos por los ensayos correspondientes se determinó que el material con características mecánicas óptimas para elaboración de pisos es el Tipo A3, que posee un tamaño de gránulo de 0-0,841mm o Tamiz #20 y composición volumétrica 60% matriz (látex) y 40% refuerzo (gránulo de caucho reciclado) [3].

En el 2015, en la Universidad Politécnica Salesiana en la Carrera de Ingeniería Industrial, se realizó la investigación “Estudio de Factibilidad de la Fibra de Coco en el Recinto la Tolita, Pampa el Oro – Esmeraldas” por Silvia Patricia García Gonzales, donde detalla lo siguiente: La fibra de coco, es utilizada ampliamente en la industria de la tapicería el mismo que se ha considerado como un sustituto

saludable para el caucho sintético. La fibra puede combinarse con caucho natural, para obtener asientos de automóviles y asientos sintéticos. Los productos europeos de automóviles, tapizan coches con almohadillas de fibra de coco marrón unido con látex. Este tipo de materiales se los puede utilizar en aislantes térmicos y se encuentran aplicaciones en paneles, cámaras frigoríficas y en industrias alimenticias [4].

1.3 JUSTIFICACIÓN

Actualmente la ciencia y tecnología ha desarrollado nuevos materiales reduciendo en el sector industrial los materiales metálicos ,esto se presenta con materiales como polímeros, cerámicos, aleaciones, compuestos los mismos que han presentado mejores propiedades en diferentes aplicaciones con costos inferiores en relación a los materiales metálicas reduciendo en gran parte el impacto ambiental, la industria ha fortalecido la producción de diversos materiales sintéticos con la ayuda de nuevas tecnologías y su evolución ha desarrollado también el uso de materiales con diferentes tipos de fibra, tomando conciencia del impacto ambiental generado por el uso de materiales sintéticos y los altos valores de energía involucrados en su extracción y procedimiento [5], la creación de materiales compuestos es fundamental para el desarrollo de la industrial del caucho, debido a que mejoran las propiedades de los materiales que los constituyen, al generar materiales compuestos consiste en combinar más de dos materiales, a estos se los denomina matriz y refuerzo, este proyecto tiene como objetivo el análisis y estudio de las propiedades mecánicas el mismo que se ha seleccionado como matriz al látex, el cual es un material elastómero que se obtiene de la savia de algunos árboles donde se extrae en un recipiente uniforme donde el látex se solidifica para posteriormente se corta en pequeños trozos y someterlos a tratamiento químico que los oscurece, como refuerzo a utilizarse es la fibra de cabuya este obtenido luego de procesos como corte, recolección, desfibrado, lavado, secado el desfibrado consiste en macerar, golpear y luego raspar la hoja hasta dejar libre la fibra, para la obtención de la fibra existe dos formas siendo esta de forma manual y la utilización de maquinaria [3].

Los elastómeros desempeñan un papel fundamental en la actualidad la misma que presenta nuevas tecnologías de producción y extracción de recursos, los elastómeros conocidos también como materiales poliméricos al contar con una

elevada elasticidad se destacan por poder soportar deformaciones elásticas sus propiedades elastómeras son únicas de este material facilitando una multitud de tecnologías para producir artículos diversos como neumáticos, cintas transportadoras, sistemas antisísmicos, juntas, amortiguadores, cojinetes, mangueras, apoyos de puentes, perfiles, recubrimiento de cables eléctricos y productos biosanitarios. Todos los materiales elastoméricos presentan propiedades insustituibles obtenidas a través de la combinación de diferentes matrices y reforzadas a través de cargas solidas que confieren buenas características [6].

La cabuya forma parte de las fibras con mayor demanda internacional considerando que en Ecuador existe una variedad de fibras, especialmente a nivel de especies crece a lo largo del callejón interandino y se ha aprovechado en nuestro país desde hace cientos de años para la obtención de fibra textil debido a su resistencia y durabilidad. Se comercializa en una gran variedad de hilos y tejidos en cuanto a colores y tamaños. Su disponibilidad en el mercado local, así como también la uniformidad y consistencia de los tejidos hace de esta fibra un potencial refuerzo de materiales compuestos [7].

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL:

Caracterizar mecánicamente el material compuesto de matriz elastomérica reforzado con fibra de cabuya para determinar las propiedades mecánicas en aplicaciones industriales.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Determinar las características mecánicas mediante ensayos de tracción, compresión, dureza del material compuesto, utilizando normativa UNE.
- Analizar el comportamiento del material compuesto mediante ensayos a diferentes composiciones porcentuales de Látex con refuerzo de cabuya.
- Evaluar las propiedades mecánicas obtenidas del material compuesto de matriz elastómera reforzado con fibra de cabuya.

CAPITULO II

FUNDAMENTACIÓN

2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1.1 INGENIERÍA DE MATERIALES

La ingeniería de materiales se basa en diseñar o proyectar una estructura de un material para conseguir determinadas propiedades, ya que existe una relación íntima entre las estructuras, propiedades y procedimientos que ha permitido un control para obtener dichas propiedades según la aplicación que tenga el material. El desarrollo de la tecnología en ingeniería de materiales ha sido un factor de gran importancia ya que se obtiene materiales con gran variedad de propiedades, al mismo tiempo cuenta con un bajo costo de obtención, muchos de los materiales tradicionales pueden convertirse en materiales avanzados por medio de procesos de obtención y manufactura. El desarrollo de nuevos materiales a cambiando drásticamente ya que las nuevas aleaciones se investigan cada vez menos, mientras que el estudio de polímeros, cerámicos y materiales compuestos han crecido exponencialmente [8].

2.1.2 MATERIALES COMPUESTOS

2.1.2.1 DEFINICIÓN

Se define como un material compuesto que se encuentran formado de dos o más materiales que permanecen en fases separadas y se encuentran homogenizadas, comportándose como un material único, generalmente sus propiedades pueden ser superiores a los dos componentes por separado, se encuentran constituidos de una matriz o fase continua esta puede ser plástica, metálica o cerámica, y un refuerzo, compuesto por partículas de pequeño tamaño o fibras de elevada relación longitudinal / diámetro, es decir la fracción de materiales se encuentra relacionada con tres elementos básicos denominados: matriz, refuerzo e interfase [9].

Durante los últimos 40 años, los compuestos, plásticos y cerámicos se han considerado como materiales dominantes en el mercado ya que el volumen de producción y de utilización de los compuestos se encuentra en sus etapas de

crecimiento tanto es la demanda que están abriéndose campos en nuevos mercados. Varias son las razones por las que los materiales compuestos han sido reconocidos en grandes mercados globales. Esto se da a conocer ya que los materiales compuestos forman combinaciones adecuadas otorgando a dichos materiales resistencia en comparación a otros materiales estos pueden ser más livianos principalmente los metales. Además, el crecimiento en el uso de compuestos también se debe a la mayor conciencia sobre el desempeño de un producto y la mayor competencia en el mercado global para fabricar componentes ligeros [10].

2.1.2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES COMPUESTOS

Los materiales compuestos más importantes que se refiere a su matriz podemos identificar en la Figura 2-1 en diferentes principales grupos:

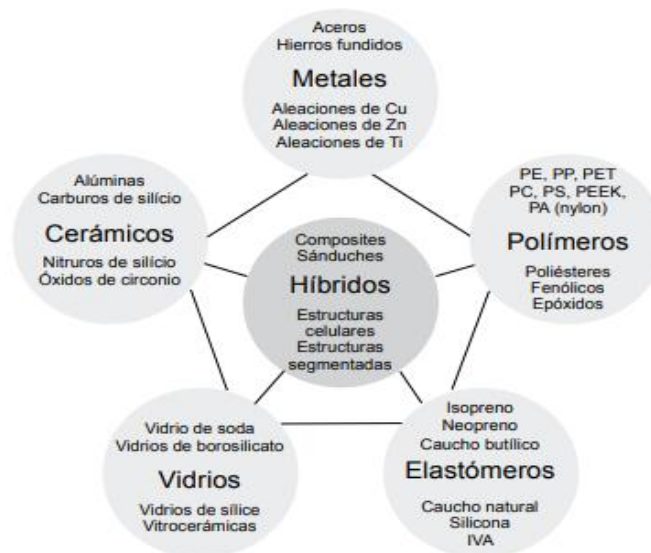


Figura 2-1. Clasificación de los materiales compuestos [10].

Los materiales compuestos son compuestos de solamente dos fases por medios continuos y discontinuos. El medio continuo se denomina matriz y el medio discontinuo denominado refuerzo considerado como el más fuerte y resistente. Las propiedades del material compuesto dependen de las propiedades de los materiales a combinarse y de su distribución e interacción.

Los materiales compuestos de matriz polimérica se dividen en compuestos Termoplásticos, Termoestables y Elastómeros. Para el presente estudio

experimental se centrara en los materiales compuestos elastómero como matriz [11].

2.1.3 COMPONENTES DE LOS MATERIALES COMPUESTOS.

Un material compuesto se considerado por la combinación de dos más fases proporcionado propiedades diferentes o mejores a las constituyentes mostrada en la Figura 2-2.

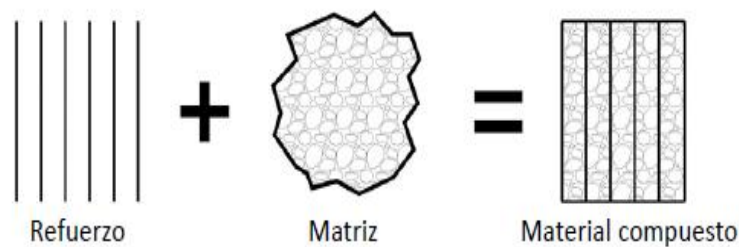


Figura 2-2. Configuración de un material compuesto [10].

- **Definición de Matriz - Refuerzo**

- a) **Matriz**

La matriz se presenta como una fase continua actuando como ligante en la que el refuerzo queda embebido, el material con que se decide trabajar como matriz no es en general, tan rígido ni tan resistente como el material de refuerzo [12].

Funciones principales de la matriz

- Definir las propiedades físicas y químicas
- Transmitir las cargas al refuerzo
- Preservar y brindarle cohesión

Además permitirá la determinación de algunas características del material compuesto como la conformabilidad y el acabado superficial, es decir de las propiedades de la matriz dependerá la capacidad que posea el material compuesto para ser conformado con geometrías complejas en procesos que generalmente, no involucrarán posteriores etapas de acabado [12].

Propiedades de las matrices

- Resiste las fibras manteniéndolas en su posición correcta

- Transporta la carga a las fibras fuertes
- Las protege de sufrir daños durante su manufactura y uso
- Impide la propagación de grietas en las fibras a todo lo largo del compuesto.

Las matrices se clasifican en tres grupos:

- **Matriz metálica:** Estos compuestos son muy utilizados en la industria automotriz, para conformar el compuesto generalmente la matriz utilizan materiales livianos como el aluminio y un refuerzo con fibras de carburo de silicio otorgando al material compuesto optimas propiedades [13].
- **Matriz cerámica:** Este tipo de materiales se encuentran comúnmente en aplicaciones que se sometan a temperaturas altas. En un material compuesto de matriz de cerámica se utilizan fibras cortas de refuerzo [13].
- **Matriz polimérica:** Se considera a la matriz polimérica como los más comunes que se encuentra conformados por una matriz polimérica y un material de refuerzo de fibras como vidrio, carbono o aramílicas [13].

b) Refuerzo

El material de refuerzo es la fase discontinua, es el elemento resistente que se agrega a la matriz para conferir al compuesto alguna propiedad que la matriz no posee. En general, el refuerzo se utiliza para incrementar la resistencia y rigidez mecánicas pero, también, se emplean refuerzos para mejorar el comportamiento a altas temperaturas o la resistencia a la abrasión [12].

El refuerzo puede ser en forma de partículas o de fibras. Como regla general, es más efectivo cuanto menor tamaño tienen las partículas y más homogéneamente distribuidas están en la matriz o cuando se incrementa la relación longitud/diámetro de la fibra. Los materiales de refuerzo pueden presentarse en forma de partículas en un amplio grupo de materiales compuestos, los más numerosos y ampliamente utilizados son aquellos reforzados con fibras [12].

En la mayoría de los compuestos reforzados con fibras, éstas son resistentes, rígidas y de poco peso. Si el compuesto debe ser utilizado a temperaturas elevadas, también la fibra deberá tener una temperatura de fusión alta [12].

- **Según el tipo de forma que posea el refuerzo**

Material de Refuerzo

El refuerzo puede formarse de partículas o fibras, mientras más pequeñas sean las partículas la conformación tendrá a ser homogénea, en parte las fibras pueden ser tener mayor resistencia, rigidez y de un peso liviano, las fibras pueden establecerse de como continuas considerando muy largas y las discontinuas como muy cortas [14].

Tipos de refuerzo

a) Partículas

Las partículas empleadas en materiales compuestos considerando con fase dispersa es más dura y resistente que la matriz en la Figura 2-3 las partículas de refuerzo desarrollan una restricción al movimiento de la matriz en las proximidades de cada partícula, es decir la matriz emite la fuerza aplicada hacia las partículas soportando una parte de la carga expuesta.

Los compuestos reforzados con partículas se subdividen en refuerzos con partículas grandes y endurecimiento por dispersión [15].



Figura 2-3. Partículas distribuidas en la matriz [16].

- **Refuerzos con partículas grandes:** Son aquellas partículas que restringen los movimientos y soportan una parte importante de fuerza ejercidas a la matriz. La Figura 2-4 atribuye el proceso de combinación con partículas considerando que pueden ser de geometrías diferentes, pero se presentara solamente dimensiones que sean iguales para evitar fragilidad [15].

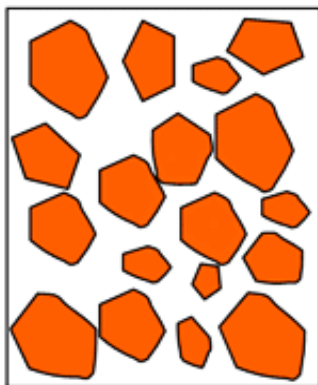


Figura 2-4. Partículas grandes distribuidas en la matriz [17].

- **Endurecimiento por dispersión:** Se considera aquellas partículas que poseen un diámetro de 10 a 250 μm dispersos por toda la matriz en forma homogénea, la Figura 2-5 demuestra un efecto de endurecimiento al compuesto obteniendo mejor resistencia a la fluencia [15].

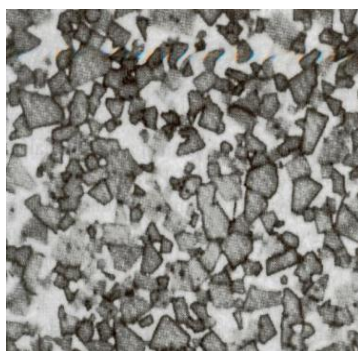


Figura 2-5. Partículas de endurecimiento por dispersión [18].

b) Fibras

Los materiales reforzados con fibras se consideran como los más importantes desde un punto de vista tecnológico. Para obtener un material con una elevada resistencia, rigidez, baja densidad y mejorar la relación resistencia-peso, se consigue empleando materiales ligeros tanto como la matriz y las fibras a utilizar siempre y cuando este cumpla con las propiedades mecánicas que se quieren otorgar al material compuesto.

Los factores a tomar en cuenta durante la elaboración de estos materiales en la Figura 2-6 es la longitud, diámetro orientación, concentración, propiedades de la fibra, conexión entre fibras y matriz [15].

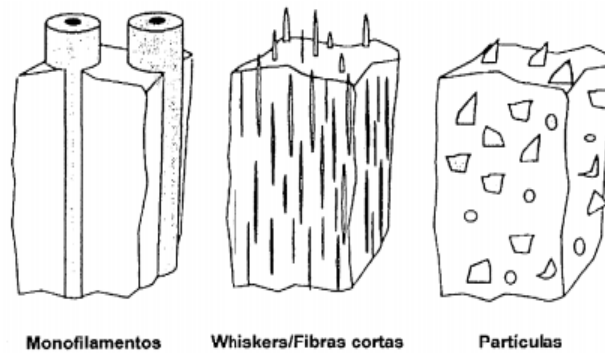


Figura 2-6. Tipos de fibras [19].

Orientación de las fibras y la concentración

Las fibras de refuerzo pueden optar por diversas maneras de orientación como fibras continuas y alineadas, fibras discontinuas y alineadas o fibras discontinuas y orientadas al azar especificadas en la Figura 2-7. Para considerar a un material compuesto isótropo todos los refuerzos ya sean fibras o partículas deberán ser conformados de manera aleatoria, esto es completamente complicado para fibras discontinuas. En la matriz se pueden introducir fibras largas y continuas tomando varias direcciones, perpendiculares de 0 a 90° obteniendo una buena resistencia en las dos direcciones perpendiculares, otra de sus disposiciones sería más compleja como de $0/\pm 45^\circ/90^\circ$ que resultaría una proporción de refuerzo en varias direcciones [15].

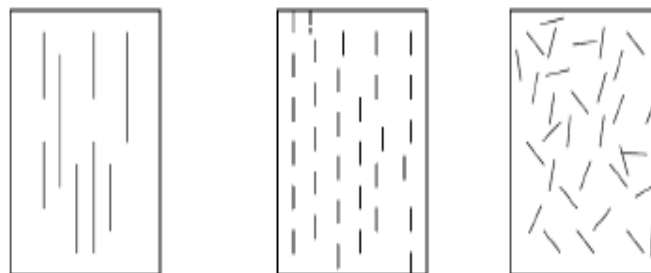


Figura 2-7. Orientación de fibras: a) fibras continuas y alineadas, fibras discontinuas y alineadas, fibras discontinuas y orientadas al azar [19].

c) Compuestos estructurales

Su formación se da por material compuesto completamente homogenizado ya que sus propiedades no dependerán de los materiales a combinarse sino de la forma que adopte los elementos estructurales [15].

Los compuestos estructurales se clasifican en:

- **Laminares:** Se caracterizan por tener propiedades térmicas, elevada resistencia a la abrasión y corrosión siendo además de un peso ligero y bajo costo, Figura 2-8 [15].

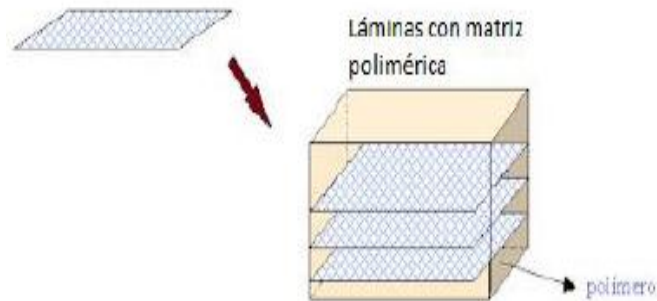


Figura 2-8. Compuestos estructural laminar [20].

- **Sandwich:** Es considerada como un tipo de lámina que se encuentra constituida por dos caras externas resistentes y sus caras que conforma dicha lamina divide al núcleo que presenta una densidad baja cumpliendo la función de separar las caras otorgando al material aislamiento térmico, Figura 2-9 [15].

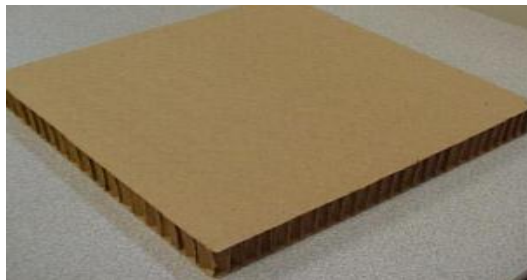


Figura 2-9. Compuestos estructural tipo sándwich [21].

d) Los polímeros

Los polímeros se les considera como moléculas de gran tamaño constituidas por eslabones los mismos que se encuentran unidos por enlaces covalentes, los eslabones están formados fundamentalmente por átomos de carbono. Estas moléculas orgánicas son las que constituyen los materiales plásticos que conocemos [16].

- **Clasificación de los polímeros:** Según el criterio de su respuesta mecánica se dividen en 5 grupos:

Termoplásticos: Los termoplásticos se comportan de manera plástica a elevadas temperaturas Figura 2-10 sus enlaces no se modifican radicalmente cuando la temperatura se eleva, razón por la cual pueden ser conformados a temperaturas elevadas, enfriados y posteriormente recalentados o reconvertidos sin que afecte al comportamiento del polímero [16].

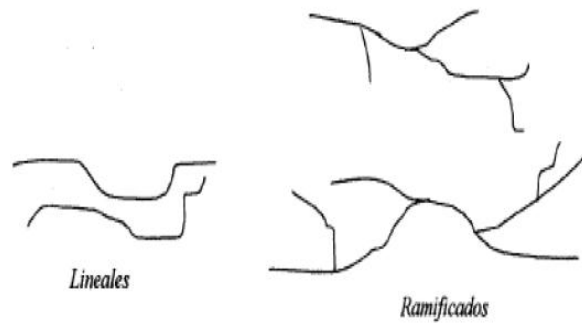


Figura 2-10. Estructura molecular de los termoplásticos [17].

Termorrígidos: También denominados termoestables se considera como polímeros reticulados durante la reacción de polimerización o mediante la introducción de entrecruzamientos químicos, en la Figura 2-11 la reticulación no permite que el polímero sea procesado después que ha sido conformado [16].



Figura 2-11. Estructura molecular Termorrígida [18].

Elastómeros: Se denomina ha cauchos o hules cuyo comportamiento térmico puede variar de termoplástico a termorrígido, la categorización se realiza en base al comportamiento mecánico de materiales poliméricos que tienen la capacidad de deformarse mucho más que el 300% en forma elástica, su estructura molecular elastomérica se encuentra representada en la Figura 2-12 [16].

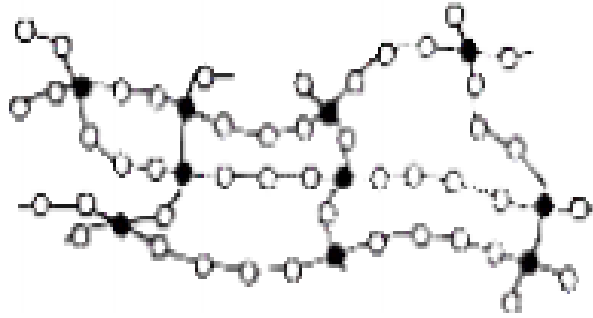


Figura 2-12. Estructura molecular Elastomérica [16].

Adhesivos: Se considera que cuenta con cierto grado de extensibilidad, alta adhesión permitiendo conservar cierto grado de cohesión [16].

Fibras: Mediante la obtención de fibras se pueden formar prendas con dimensiones estables ya que pueden tejerse o enlazarse. Las fibras no deben ceder demasiado, deben ser resistentes y con tendencia a la cristalización [16].

2.1.3.1 LÁTEX SINTÉTICO

El látex sintético o caucho sintético se considera como un polímero tipo elastomérico, que es utilizado para reemplazar el caucho natural debido a que las características mecánicas del látex sintético son similares entre ellos.

Este tipo de material se obtiene mediante la derivación del petróleo y procesos químicos debido a su variabilidad existen diferentes tipos de látex sintéticos en el mercado. Este tipo de elastómeros fueron creados por la gran demanda que tiene el caucho natural buscando un material que permita reemplazar la demanda a un costo menor, la segunda guerra mundial impulso a la fabricación de caucho sintético, además del crecimiento del parque automotor en todo el mundo.

La elaboración de elastómeros sintéticos tiene como proceso químico la polimerización a través de hidrocarburos insaturados con sus variantes para cada diferente tipo de sintético cuando el proceso químico finaliza, como resultado se obtiene un producto de látex sintético [19].

El Instituto Internacionales de Productores de caucho sintético (IISRP), controla la elaboración y estandarización de los materiales a base de látex sintético.

En la actualidad se han elaborado productos a base de látex natural o sintético que han sido aplicados en la industria médica, alimentaria, textil, química, construcción. Hoy en día es difícil encontrar un material, sea sintético o natural que tras el estiramiento recupere la forma original con la misma precisión que el látex, el guante Figura 2-13 cuya propiedad es la adaptabilidad además de una sensación dilatada de comodidad que evita la fatiga al usuario.



Figura 2-13. Guante de látex Sintético [20].

2.1.3.2 Látex de plastisol de Cloruro de Polivinilo (Látex termoplástico)

El Policloruro de Vinilo (PVC) es un moderno e importante miembro de la familia de los elastómeros el proceso de obtención del PVC es mediante polimerización del cloroetano. El cloroetano se descubrió durante el proceso del sinterizado del caucho este polímero se adquiere a partir del acetileno, etileno y cloro.

El látex de Cloruro de Polivinilo, es un termoplástico obtenido a través de un proceso de mezcla, combinando la resina con un plastificante llamado plastisol Figura 2-14 la cantidad de resina y plastificante se considera un secreto en las empresas fabricantes de látex. Las cantidades de combinación se utilizan según el uso que se desee aplicar [21].



Figura 2-14. Látex de plastisol de Cloruro de Polivinilo (Látex termoplástico)

Fuente: Autor

2.1.3.3 FIBRA DE CABUYA

La cabuya tiene un peso liviano y una buena resistencia mecánica, para aplicaciones en distintas industrias. La cabuya es conocida ya que se encuentra dentro de la familia de las fibras duras por lo que se utiliza en sogas, tapetes, papel, filtro, colchones, tapicería, Figura 2-15.



Figura 2-15. Fibra de Yute [22].

La cabuya pertenece a la familia de las agaváceas, se trata de una planta que alcanza una altura de 1.5 metros que se encuentra cultivada en los valles y laderas de los Andes, su fibra es extrae de la hoja de la cabuya cuya fibra es resistente, durable y áspera, sus propiedades mecánicas se muestran en la presente Tabla 1.

Tabla 2-1. Propiedades de la cabuya [10].

Resistencia a la tracción	305 (MPa)
Resistencia al Corte	112 (MPa)
Módulo de elasticidad	7,5 (MPa)
Elongación a la fractura	5%
Densidad	1,3 g/cm^3

2.1.4 MANUFACTURA DE LOS MATERIALES COMPUESTOS

El proceso de manufactura de material compuesto tiene como objetivo combinar algún tipo de fibra como refuerzo, una resina y un agente de curado, un adecuado proceso parte del costo de fabricación el mismo que se presenta entre 50 y 60% esto

depende de ciertos parámetros como: matriz a utilizarse, geometría de refuerzo entre otros [23].

2.1.4.1 ESTRATIFICACIÓN MANUAL

La técnica del laminado manual o hand lay up, se considera como una de las más antiguas y prácticas en la estratificación de materiales compuestos termoestables Figura 2-16.

Mediante este proceso se puede obtener piezas con geometrías complicadas y con fracciones volumétricas con un gran alto contenido de fibra considerándose un proceso flexible esto ha permitido que el usuario pueda combinar y utilizar tipos de tejidos, fibras y materiales de relleno [24].



Figura 2-16. Proceso de laminación manual [25].

2.1.4.2 ESTRATIFICACIÓN DE PREIMPREGNADOS

La estratificación de preimpregnados es una técnica que permite tener un control preciso de fracción volumétrica y de dispersión homogénea en las fibras, fueron desarrollados para aplicaciones aeronáuticas y aeroespaciales que requerían altos contenidos de refuerzo en la composición de material compuesto, por lo general la estratificación de preimpregnados se utilizan en estructuras textiles mediante resinas reactivas, la impregnación se realiza mediante rodillos los mismos que permiten obtener buenos resultados de resina muy precisos y una buena uniformidad [26].

Los procesos de manufactura para materiales compuestos pueden realizarse por medio de molde abierto o molde cerrado.

2.1.4.3 MOLDE POR COMPRESIÓN

El moldeo por compresión permite emplear moldes macho-hembra de una determinada geometría Figura 2-17 el proceso consiste en colocar cierta cantidad de material compuesto dentro del molde la misma que se aplicara una presión hidráulica adecuada. El proceso se lo realiza a temperatura ambiente o adicionando calor, al proporcionar calor al molde permite tener una adecuada fluidez de la matriz logrando obtener la forma de la pieza. En cambio la presión ejercida permite expulsar el aire atrapado al interior del molde permitiendo que el material no genere burbujas al momento de su conformación [24].



Figura 2-17. Molde por compresión [25].

Compresión en frío

La compresión en frío es un proceso que se utiliza presión con ausencia de calor, la fibra seca considerada como refuerzo se puede realizar una mezcla con la matriz se coloca sobre la placa metálica correctamente orientada, finalmente se coloca encima de la mezcla una placa de metal y se aplica presión. Las presiones que se manejan en ciertos casos resultan netamente bajas dependiendo del material que se quiera compactar, la prensa está constituida por el plato interior fijo y el superior móvil que se acciona con un pistón hidráulico, su aplicación puede realizarse relativamente de forma simple como puede ser en molde abierto pero que necesita mayor precisión en cuanto al espesor y un buen acabado en ambas caras [27].

Compresión en caliente

La compresión en caliente es similar a la del prensado en frío descrito con anterioridad con la excepción que en este proceso se aplica cierta cantidad de calor a la planchas de metal, la presión aplicada facilita una baja porosidad y elimina las burbujas producidas al momento de la mezcla del material, las temperaturas aceleran el proceso de curado consiguiendo tiempos de curado adecuados [27].

2.1.5 CARACTERIZACIÓN MECÁNICA POR MEDIO DE ENSAYOS DESTRUCTIVOS.

Para determinar las propiedades mecánicas de los materiales compuestos, se realizara ensayos mecánicos destructivos mediante la utilización de máquinas especiales y normas respectivamente aprobadas, las normas a utilizarse para estos ensayos será la norma UNE aplicando para ensayos de tracción, compresión y dureza.

2.1.5.1 ENSAYO A TRACCIÓN

Este ensayo es aplicado para determinar las propiedades mecánicas a tracción de un material compuesto. Como lo es para el caso del material compuesto elastomérico de látex según la normativa UNE 53510.

Para determinar las propiedades mecánicas del material compuesto a estudiar se debe elaborar probetas según los requisitos de la normativa, en la Figura 2-18 la máquina universal de ensayos a tracción puede determinar dicha propiedad, esta máquina cuenta con mordazas las que permiten sostener a la probeta a ensayarse la misma que se somete una velocidad constante provocar la ruptura de la probeta. Para el caso de la norma mencionada las características mecánicas que podemos determinar son las siguientes: Resistencia en tracción, alargamiento a la ruptura, el esfuerzo a un alargamiento dado y el alargamiento a un esfuerzo dado, esfuerzo de tracción en el punto de fluencia.



Figura 2-18. Máquina universal para ensayo de tracción [10].

Los datos obtenidos mediante el ensayo a tracción se podrán determinar los siguientes cálculos:

A. Esfuerzo en tracción:

El esfuerzo en tracción se calcula mediante la ecuación 2.1.

$$TS = \frac{F_m}{W \cdot t} \quad \text{Ec. (2.1) [29]}$$

Donde:

TS: Esfuerzo en tracción.

F_m: Fuerza máxima en Newtons

W: Anchura de la sección estrecha del troquel en milímetros.

t: Espesor de la sección estrecha de la probeta en milímetros.

B. Alargamiento a la ruptura

El Alargamiento a la ruptura se calcula mediante la ecuación 2.2.

$$E_b = \frac{100 (L_b - L_0)}{L_0} \quad \text{Ec. (2.2) [29]}$$

Donde:

E_b: Alargamiento a la ruptura.

L_b: La longitud entre las marcas de referencia en el punto de ruptura en milímetros.

L₀: Longitud inicial entre las marcas de referencia en milímetros.

C. Esfuerzo a un alargamiento dado

El Esfuerzo a un alargamiento dado se calcula mediante la ecuación 2.3.

$$S_e = \frac{F_e}{W \cdot t} \quad \text{Ec. (2.3) [29]}$$

Donde:

S_e : Esfuerzo a un alargamiento dado.

F_e : Fuerza a una deformación dada en newtons.

W : Anchura de la sección estrecha del troquel en milímetros.

t : Espesor de la sección estrecha de la probeta en milímetros.

D. Alargamiento a un esfuerzo dado

El Alargamiento a un esfuerzo dado se calcula mediante la ecuación 2.4.

$$E_s = \frac{100 (L_s - L_0)}{L_0} \quad \text{Ec. (2.4) [29]}$$

Donde:

E_s : Alargamiento a un esfuerzo dado.

L_s : Longitud entre las marcas de referencia a un esfuerzo dado en milímetros.

L_0 : Longitud inicial entre las marcas de referencia en milímetros.

E. Esfuerzo de tracción en el punto de fluencia

El Esfuerzo de tracción en el punto de fluencia se calcula mediante la ecuación 2.5.

$$S_y = \frac{F_y}{W \cdot t} \quad \text{Ec. (2.5) [29]}$$

Donde:

S_y : Esfuerzo de tracción en el punto de fluencia.

F_y : Fuerza en el punto de fluencia en newtons.

W : Anchura de la sección estrecha del troquel en milímetros.

t : Espesor de la sección estrecha de la probeta en milímetros.

2.1.5.2 ENSAYO A COMPRESIÓN

Este ensayo es utilizado para determinar las características mecánicas y saber la compresión residual de los materiales compuestos. Para el compuesto elastomérico de látex la normativa que regirá este estudio será UNE 53536.

Para realizar este ensayo, se deben elaborar las probetas según los requerimientos de la norma, se mide el espesor de las probetas antes de realizar el ensayo, a estas se las coloca en un aparato de compresión normalizado Figura 2-19, donde se aplica una carga constante de compresión durante un tiempo específico, se mide el espesor de las probetas nuevamente, todos los datos obtenidos en el ensayo se registran para su análisis.



Figura 2-19. Aparato de compresión [28].

Los datos obtenidos mediante el ensayo a compresión se podrán determinar los siguientes cálculos:

A. Módulo de compresión

El Módulo de compresión se calcula mediante la ecuación 2.6.

$$\frac{F}{A \cdot \epsilon}$$

Ec. (2.6) [30]

B. Módulo de compresión al 10% de deformación

El Módulo de compresión al 10% de deformación se calcula mediante la ecuación 2.7.

$$\frac{F}{A \cdot \epsilon_{0,1}}$$

Ec. (2.7) [30]

C. Módulo de compresión al 20% de deformación

El Módulo de compresión al 20% de deformación se calcula mediante la ecuación 2.8.

$$\frac{F}{A \cdot \epsilon_{0,2}}$$

Ec. (2.8) [30]

Donde:

F: Fuerza aplicada para causar la deformación en newtons.

A: Área de la sección transversal original de la probeta en milímetros cuadrados.

ε: Deformación por compresión expresada como porcentaje de la altura de la probeta.

2.1.5.3 ENSAYO A DUREZA

Este ensayo es muy utilizado en el estudio de las características mecánicas, para saber la dureza de materiales compuestos. Para el caso de materiales compuestos elastoméricos de látex, la normativa que debe regir los lineamientos para la realización del ensayo es la UNE-ISO 48.

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



Figura 2-20. Durómetro [28].

Los datos obtenidos mediante el ensayo de dureza se podrán determinar en IRHD (Grado internacional de dureza de elastómeros) mediante el Anexo UNE ISO 48 - Tabla 3.

2.2 HIPÓTESIS

La caracterización mecánica del material compuesto de matriz elastomérica reforzado con fibra de cabuya permitirá determinar las propiedades mecánicas óptimas para aplicaciones industriales.

2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

2.3.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

Material compuesto a partir de matriz elastomérica de látex reforzado con fibra de cabuya.

2.3.2 VARIABLE DEPENDIENTE

Características mecánicas.

2.3.3 TÉRMINO DE RELACIÓN

Permitirá

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

a. Experimental

El presente proyecto cuenta con un tipo de investigación experimental ya que se desarrolló pruebas, las mismas que sirvieron de ayuda para obtener un modelo experimental, mediante observación, registro y análisis de datos se podrá determinar la composición volumétrica del material compuesto con sus respectivas propiedades mecánicas.

b. Cuantitativa

El estudio tiene un nivel de investigación cuantitativo ya que se obtendrá datos numéricos con aspectos centrales y susceptibles que permitirá identificar las propiedades mecánicas del material compuesto.

c. Descriptivo

El uso del nivel de investigación descriptivo permite detallar la conformación de material compuesto y parámetros establecidos en el análisis mecánico.

d. Explicativo

Mediante el nivel de investigación explicativo se detallara los datos y resultados obtenidos en el trabajo experimental que se da conocer la configuración adecuada del material compuesto que presentara las mejores características mecánicas.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 POBLACIÓN

El presente proyecto de titulación tendrá como población las probetas de material compuesto a partir de látex y cabuya en sus diferentes configuraciones volumétricas establecidas en la Tabla 3-1, de igual manera se tendrá un refuerzo de fibra corta de 1cm - 2cm de longitud, el modo de estratificación es manual con fibra corta distribuida aleatoriamente y moldeo a compresión, la determinación de sus propiedades mecánicas se encuentra bajo la normativa UNE especificada para los ensayos de tracción UNE 53510, compresión UNE 53536 y dureza UNE-ISO 48.

Tabla 3-1. Configuración del material compuesto

Tamaño o Dimensión de la Fibra	Composición Volumétrica	Tipo de Configuración	Numero de Configuración
1 cm	20% Latex- 80% Cabuya	1 ^a	1
	30% Latex- 70% Cabuya	2 ^a	2
	45% Latex- 55% Cabuya	3 ^a	3
2 cm	20% Latex- 80% Cabuya	1B	4
	30% Latex- 70% Cabuya	2B	5
	45% Latex- 55% Cabuya	3B	6

Fuente: Autor

3.2.2 MUESTRA

Para el presente trabajo experimental se considera 3 probetas de tracción adicionalmente se considera 1 probeta por condiciones de setup al considerarse alguna contrariedad, de igual manera se utilizara para la determinación mecánica del ensayo a compresión 4 probetas, mientras que el ensayo de dureza se utilizara 1 probeta ya que se desarrollara la toma de 5 muestras en la probeta, la elaboración de cada probeta se lo realizara mediante configuraciones volumétricas establecidas en la Tabla 3-2.

Tabla 3-2. Muestras para el estudio experimental.

Número de Configuración	Tipo de Configuración	Probetas a Ensayar		
		Tracción	Compresión	Dureza
1	1 ^a	4	4	1
2	2 ^a	4	4	1
3	3 ^a	4	4	1
4	1B	4	4	1
5	2B	4	4	1
6	3B	4	4	1
Total Parcial		24	24	6
Total Final		54		

Fuente: Autor

3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.3.1 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE INDEPENDIENTE

Variable Independiente: Material compuesto a partir de matriz elastomérica de látex reforzado con fibra de cabuya.

Tabla 3-3. Operacionalización de variable independiente

Conceptualización	Categoría	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentación
Un material compuesto es la combinación, fusión o mezcla de dos o más materiales de propiedades diferentes, que forman otro con mejores características que los que lo conformaron inicialmente	Material Compuesto	Composición porcentual volumétrica del refuerzo y la matriz	80% Fibra de cabuya 20% Látex	Normativa UNE Bibliografía Observación Fichas
			70% Fibra de cabuya 30% Látex	
		Orientación del refuerzo	55% Fibra de cabuya 45% Látex	
		Tipo de fibra	Azar	
			Fibra Corta (1-2cm)	

Fuente: Autor

3.3.2 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE DEPENDIENTE

Variable Dependiente: Características mecánica

Tabla 3-4. Operacionalización de variable dependiente

Conceptualización	Categoría	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentación
Las características mecánicas son las propiedades que poseen los materiales y se muestran al momento de estar sometidos a una fuerza externa, es decir la capacidad a soportar estas, son medibles mediante ensayos normalizados	Tracción	Resistencia a la tracción	¿Cuál será la resistencia a la tracción?	Normativa UNE Bibliografía Observación Fichas Normativa UNE Bibliografía Observación Fichas de recolección de información
		Resistencia a la tracción en la rotura	¿Cuál será la resistencia a la tracción en la rotura?	
		Porcentaje de elongación en la fuerza a la tracción	¿Cuál será el porcentaje de elongación en fuerza a la tracción?	
		Porcentaje de elongación en la rotura	¿Cuál será el porcentaje de elongación en la rotura?	
	Compresión	Módulo de compresion	¿Cuál será el módulo de compresion?	
	Dureza	Dureza Shore	¿Cuál será la dureza shore?	

Fuente: Autor

3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

La Tabla 3-5 establece técnicas de tipo documental y bibliográfico sobre materiales compuestos donde se obtuvo la parte eficaz para el desarrollo del estudio donde se revisó normativas para ensayos de tracción, compresión, dureza, con el fin de obtener un material compuesto que presente propiedades mecánicas adecuadas.

Tabla 3-5. Plan de recolección de información

Plan de recolección de información	
¿Qué?	Obtención de datos numéricos de las propiedades mecánicas del material compuestos de matriz elastomérica con fibra de cabuya.
¿Para qué?	Caracterización de las propiedades mecánicas del material compuesto según las configuraciones volumétricas establecidas para definir la mejor composición.
¿Quién?	El presente trabajo experimental será realizado por el investigador.
¿A Quiénes?	Los ensayos mediante las normas UNE serán aplicadas a las probetas con cada fracción volumétrica.
¿Cómo?	Se aplicara la normativa UNE a cada ensayo, se empleara herramientas de recolección, fichas técnicas y material bibliográfico.
¿Con qué?	Mediante la creación de fichas técnicas las que permitieron facilitar la toma de datos de cada ensayo propuesto.
¿Cuándo?	Realizado en el 2019
¿Cuántas veces?	El presente estudio se lo desarrollo con 4 probetas cada una con su respectiva configuración volumétrica y tamaño de fibra, para el ensayo de tracción, compresión se trabajó con 48 probetas y el ensayo de dureza se trabajó con 6 probetas.
¿Dónde?	En los laboratorios de la facultad de ingeniería civil y mecánica de la carrera de ingeniería mecánica de la de la Universidad Técnica de Ambato campus Huachi Chico y en El Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero ubicado en el sector Catiglata-La Península, calles Toronto y Rio de Janeiro, Ambato-Ecuador.

Fuente: Autor.

3.5 PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.

a. Revisión

Los datos iniciales serán utilizados para la validación y especificación de forma, propiedad y composición.

b. Tabulación

Esta herramienta permite clasificar la información obtenida mediante tabulación asistida por computador para obtener una perspectiva global del estudio.

c. Análisis

Mediante el análisis de datos se determinara de manera adecuada la mejor composición y sus respectivas propiedades que obtuvo el material compuesto.

d. Presentación de información

Los procesos redactados anteriormente permitirán definir la información de forma clara mediante gráficas y tablas comparativas.

e. Interpretación

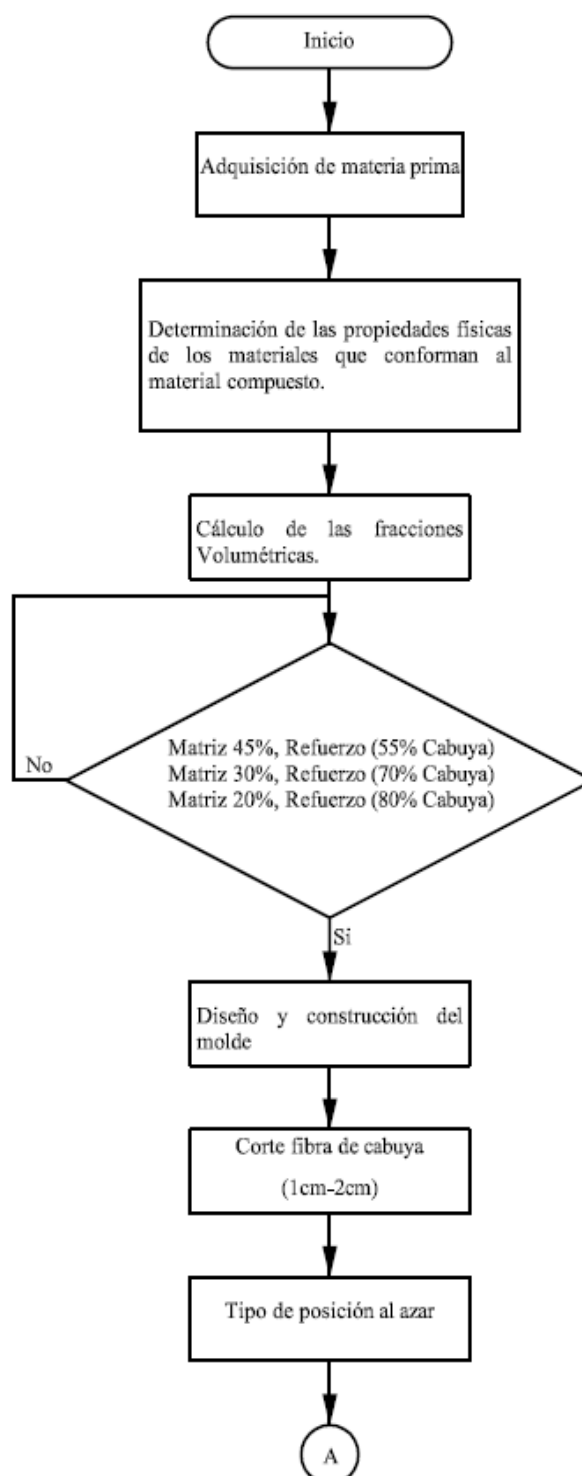
La representación de los datos obtenidos de los ensayos permitirá comprobar los mejores resultados de las probetas determinando que configuración cuenta con las mejores características y propiedades.

CAPITULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS

En la Figura 4-1 describe el proceso de conformación del material compuesto de matriz látex reforzada con fibra de cabuya.



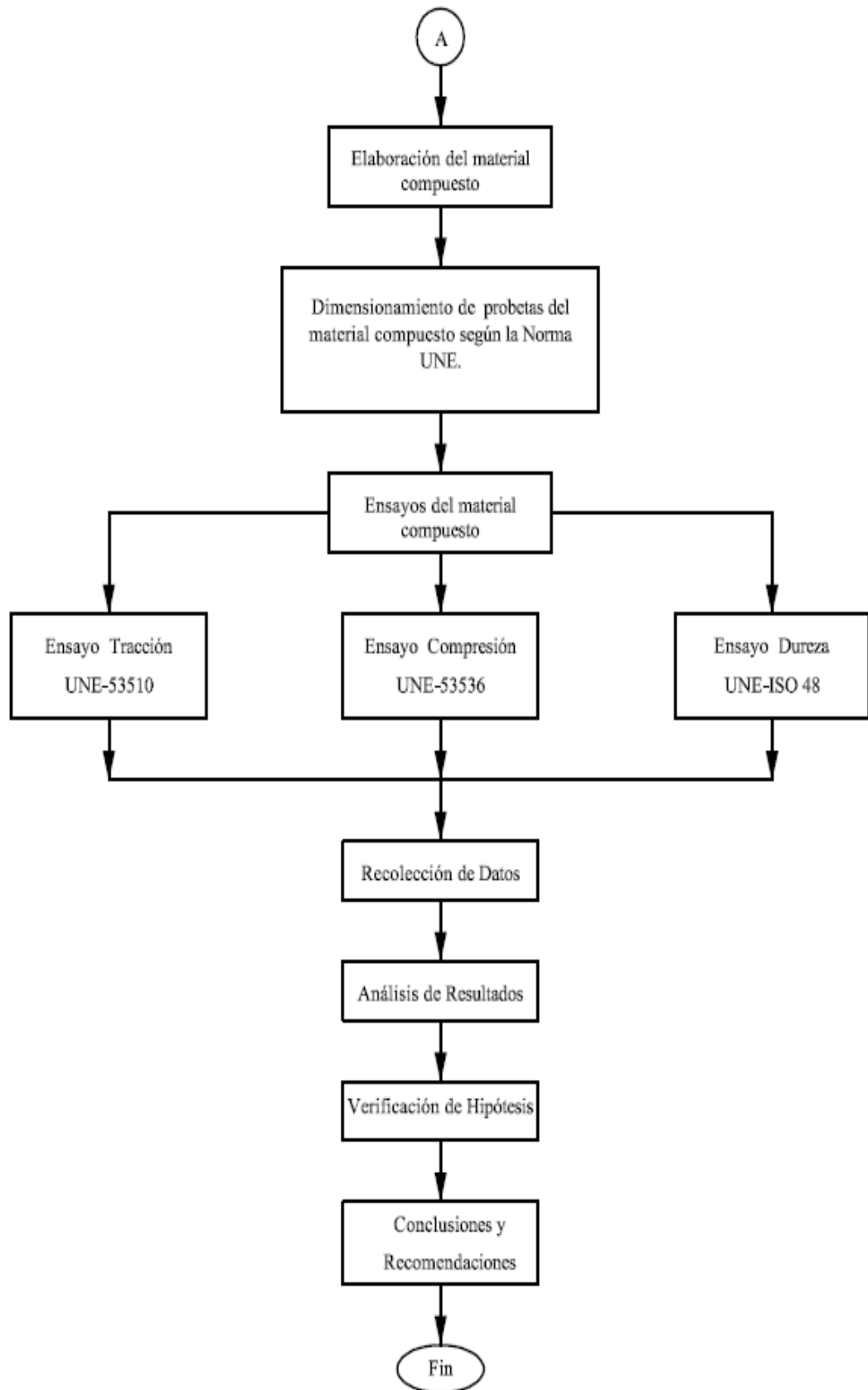


Figura 4-1 Diagrama de Procesos.

Fuente: Autor

4.1.1 ADQUISICIÓN DE LA MATERIA PRIMA

El material que constituye a la matriz se adquirió en Color Plast la que se encuentra ubicada en la Calle Cali y Balcón de Rio en ciudad Ambato, provincia de Tungurahua, en este lugar se obtuvo la resina elastomérica llamada látex sintético ya que dicho material cuenta con los requerimientos para la conformación del material compuesto.

El refuerzo consta de fibra de cabuya la misma que se obtuvo en el caserío Rosario, parroquia Salasaca, cantón Pelileo, provincia de Tungurahua, la localidad se caracteriza en hilar y tejer cabuya para la venta en la misma provincia.

4.1.2 DETERMINACIÓN DE LA PROPIEDAD FÍSICA DEL LÁTEX

La determinación de las propiedades físicas del látex se obtuvo mediante el método de la probeta el que consistía en colocar cierta cantidad de látex sintético en la probeta milimetrada obteniendo el volumen, para obtener la masa la probeta es pesada en la balanza, con los datos conocidos se procede a determinar la densidad aplicando la siguiente ecuación.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{Ec. (4.1) [3]}$$

Donde:

ρ = Densidad del material.

m= Masa del material.

V= Volumen de la sustancia que contiene el material.

La determinación de la propiedad física del látex se realizó mediante la toma de tres muestras. La siguiente tabla muestra los valores que se utilizó para el experimento.

Tabla 4-1 Densidad de látex

Densidad de látex			
Muestra	Masa (g)	Volumen	Densidad ($\frac{g}{cm^3}$)
1	21,6	20	1,08
2	23,73	22	1,08
3	26,7	25	1,07
Densidad Promedio			1,08

Fuente: Autor



Figura 4-2 Determinación de la densidad del látex sintético.

Fuente: Autor

Las condiciones en las que se desarrolló el experimento fueron a temperatura ambiente obteniendo como resultado aproximado una densidad de $1.08 \frac{g}{cm^3}$ del látex.

4.1.3 CALCULO DE LAS FRACCIONES VOLUMÉTRICAS

Las fracciones volumétricas propuestas para el desarrollo de la presente investigación son:

- a) 20% Látex (Matriz), 80% Fibra de cabuya (Refuerzo).
- b) 30% Látex (Matriz), 70% Fibra de cabuya (Refuerzo).
- c) 45% Látex (Matriz), 55% Fibra de cabuya (Refuerzo).

Para el desarrollo del trabajo experimental se determinó fracciones volumétricas exactas para la conformación del material compuesto, por lo cual se desarrolló cálculos y muestras para la obtención del mismo, esta información permitirá el desarrollo de probetas para los diferentes ensayos de tracción, compresión y dureza en la Figura 4-3 se presenta los moldes para la conformación del material.

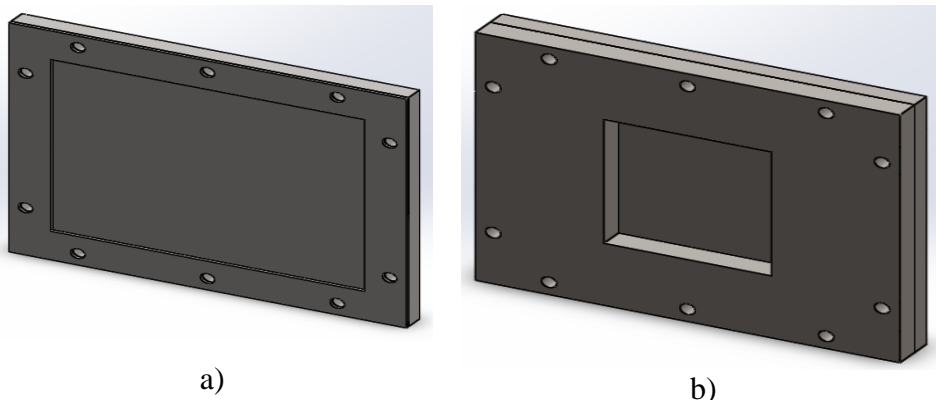


Figura 4-3 a) Molde de acero probetas a tracción, b) Molde de acero probetas Compresión y dureza.

Fuente: Autor

4.1.3.1 FRACCIONES VOLUMÉTRICAS

Para empezar con el desarrollo del estudio se definirá los valores fraccionarios mediante las dimensiones del área de trabajo en el molde, las dimensiones se asumirán mediante investigación previa ya que la normativa UNE específica que para cada ensayo se utilizara como mínimo 3 probetas, las medidas del área de trabajo para la conformación de las probetas de tracción constaran de las siguientes dimensiones:

Molde de tracción

La Figura 4-4 presenta largo 150mm, ancho 120mm, espesor de 2mm.

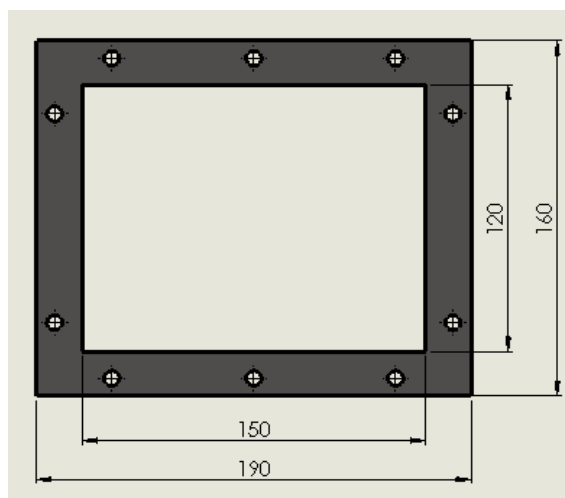


Figura 4-4 Molde de tracción

Fuente: Autor

Molde de compresión

La Figura 4-5 presenta largo 80mm, ancho 75mm y un espesor de 12mm.

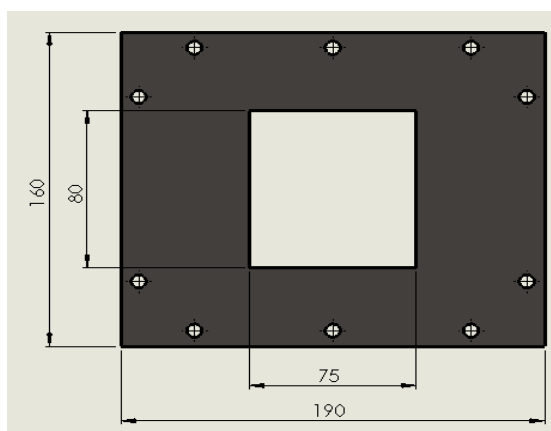


Figura 4-5 Molde de compresión

Fuente: Autor

Molde de dureza

La Figura 4-6 presenta largo 80mm, ancho 70mm y un espesor de 10mm.

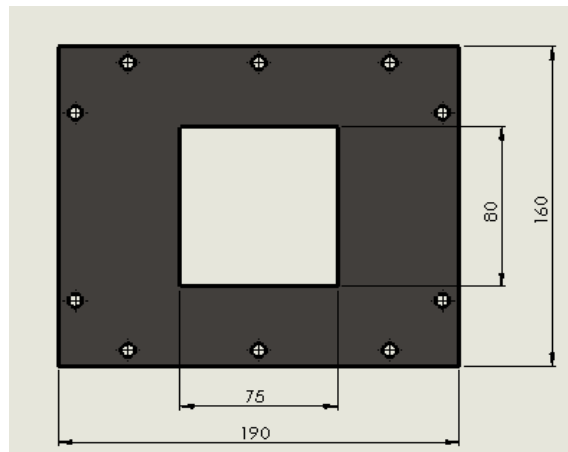


Figura 4-6 Molde de compresión
Fuente: Autor

4.1.3.2 CALCULO DE FRACCIONES VOLUMÉTRICAS PARA LOS CASOS DE ESTUDIO

El cálculo de las fracciones volumétricas para el presente estudio se determinó tomando como referencia el volumen del molde ya que se realizara en este espacio la conformación del material. Las dimensiones de trabajo del molde para las probetas a tracción será: Largo 15cm, ancho 12cm, y con un espesor de 0,2cm.

Donde:

V_T = Volumen total

l = Largo

a = Ancho

e = Espesor

$$V_T = l * a * e \quad \text{Ec. (4.2) [3]}$$

$$V_T = 15\text{cm} * 12\text{cm} * 0,2\text{cm}$$

$$V_T = 36\text{cm}^3$$

CALCULO DE FRACCIONES VOLUMÉTRICAS PARA PROBETAS A TRACCIÓN.

- Cálculo de la fracción volumétrica de 20% Látex (Matriz), 80% Fibra de cabuya (Refuerzo).**

Datos.

$$\text{Área de trabajo} \quad V_T = 36\text{cm}^3$$

$$\text{Densidades} \quad \rho_{\text{cabuya}} = 1,3 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$\rho_{\text{látex}} = 1,08 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

Fracciones volumétricas

$$f_{\text{cabuya}} = 80\%$$

$$f_{\text{látex}} = 20\%$$

Donde:

$$\rho_{\text{cabuya}} = \text{Densidad de la cabuya} \quad \rho_{\text{látex}} = \text{Densidad del látex}$$

$$m_{\text{cabuya}} = \text{Masa de la cabuya} \quad m_{\text{látex}} = \text{Masa del látex}$$

$$V_{\text{cabuya}} = \text{Volumen de la cabuya} \quad V_{\text{látex}} = \text{Volumen del látex}$$

- **Calculo del volumen y la masa de la matriz.**

El porcentaje volumétrico para el desarrollo de este caso ya se encuentra especificado la fracción de látex es de 20% y 80% de cabuya.

VOLUMEN DE MATRIZ (20%)

$$V_T = 36\text{cm}^3$$

$$f_{\text{látex}} = 20\%$$

$$V_{\text{látex}} = V_T * f_{\text{látex}} \quad \text{Ec. (4.3) [3]}$$

$$V_{\text{látex}} = 36\text{cm}^3 * 0,2$$

$$V_{\text{látex}} = 7,2\text{cm}^3$$

MASA DE LA MATRIZ (20%)

$$m_{\text{látex}} = V_{\text{látex}} * \rho_{\text{látex}} \quad \text{Ec. (4.4) [3]}$$

$$m_{\text{látex}} = 7,2\text{cm}^3 * 1,08 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$m_{\text{látex}} = 7,78\text{gr}$$

FACTOR DE TRABAJO (15%)

$$100 \rightarrow 7,78\text{gr}$$

$$15\% \rightarrow X$$

$$X = 1,167\text{gr}$$

$$m_{\text{latéx}} = 7,78\text{gr} + 1,17\text{gr}$$

$$m_{\text{latéx}} = 8,9 \approx 9\text{gr}$$

$$m_{\text{latéx}} = 9\text{gr}$$

VOLUMEN DE REFUERZO (80%)

$$V_T = 36\text{cm}^3$$

$$f_{\text{latéx}} = 80\%$$

$$V_{\text{Cabuya}} = V_T * f_{\text{cabuya}} \quad \text{Ec. (4.5) [3]}$$

$$V_{\text{Cabuya}} = 36\text{cm}^3 * 0,8$$

$$V_{\text{Cabuya}} = 28,8\text{cm}^3$$

MASA DE LA REFUERZO (80%)

$$m_{\text{Cabuya}} = V_{\text{cabuya}} * \rho_{\text{cabuya}} \quad \text{Ec. (4.6) [3]}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = 28,8\text{cm}^3 * 1,3 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = 37,44\text{gr}$$

FACTOR DE TRABAJO (15%)

$$100 \rightarrow 37,44\text{gr}$$

$$15\% \rightarrow X$$

$$X = 5,62\text{gr}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = 37,44 \text{ gr} + 5,62\text{gr}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = 43,16 \approx 43\text{gr}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = \frac{43\text{gr}}{2} = 21,5\text{gr}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = 21,5\text{gr}$$

b) Cálculo de la fracción volumétrica de 30% Látex (Matriz), 70% Fibra de cabuya (Refuerzo).

Datos.

Área de trabajo $V_T = 36\text{cm}^3$

Densidades $\rho_{\text{cabuya}} = 1,3 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$

$$\rho_{\text{látex}} = 1,08 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

Fracciones volumétricas

$$f_{\text{cabuya}} = 70\%$$

$$f_{\text{látex}} = 30\%$$

• Cálculo del volumen y la masa de la matriz.

El porcentaje volumétrico para el desarrollo del cálculo será un 30% de látex y 70% de cabuya.

VOLUMEN DE MATRIZ (30%)

$$V_T = 36\text{cm}^3$$

$$f_{\text{látex}} = 30\%$$

$$V_{\text{látex}} = V_T * f_{\text{látex}} \quad \text{Ec. (4.3) [3]}$$

$$V_{\text{látex}} = 36\text{cm}^3 * 0,3$$

$$V_{\text{látex}} = 10,8\text{cm}^3$$

MASA DE LA MATRIZ (30%)

$$m_{\text{látex}} = V_{\text{látex}} * \rho_{\text{látex}} \quad \text{Ec. (4.4) [3]}$$

$$m_{\text{látex}} = 10,8\text{cm}^3 * 1,08 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$m_{\text{látex}} = 11,66\text{gr}$$

FACTOR DE TRABAJO (15%)

$$100 \rightarrow 11,66\text{gr}$$

$$15\% \rightarrow X$$

$$X = 1,75\text{gr}$$

$$m_{\text{latéx}} = 11,66\text{gr} + 1,75\text{gr}$$

$$m_{\text{latéx}} = 13,5 \approx 14\text{gr}$$

$$m_{\text{latéx}} = 14\text{gr}$$

VOLUMEN DE REFUERZO (70%)

$$V_T = 36\text{cm}^3$$

$$f_{\text{latéx}} = 70\%$$

$$V_{\text{Cabuya}} = V_T * f_{\text{cabuya}} \quad \text{Ec. (4.5) [3]}$$

$$V_{\text{Cabuya}} = 36\text{cm}^3 * 0,7$$

$$V_{\text{Cabuya}} = 25,2\text{cm}^3$$

MASA DE LA REFUERZO (70%)

$$m_{\text{Cabuya}} = V_{\text{cabuya}} * \rho_{\text{cabuya}} \quad \text{Ec. (4.6) [3]}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = 25,2\text{cm}^3 * 1,3 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = 32,76\text{gr}$$

FACTOR DE TRABAJO (15%)

$$100 \rightarrow 32,76\text{gr}$$

$$15\% \rightarrow X$$

$$X = 4,91\text{gr}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = 32,76\text{gr} + 4,91\text{gr}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = 37,67 \approx 38\text{gr}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = \frac{38\text{gr}}{2} = 19\text{gr}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = 19\text{gr}$$

c) Cálculo de la fracción volumétrica de 45% Látex (Matriz), 55% Fibra de cabuya (Refuerzo).

Datos.

Área de trabajo $V_T = 36\text{cm}^3$

Densidades $\rho_{\text{cabuya}} = 1,3 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$

$$\rho_{\text{látex}} = 1,08 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

Fracciones volumétricas

$$f_{\text{cabuya}} = 55\%$$

$$f_{\text{látex}} = 45\%$$

• Cálculo del volumen y la masa de la matriz.

El porcentaje volumétrico para el desarrollo del cálculo será un 45% de látex y 55% de cabuya.

VOLUMEN DE MATRIZ (45%)

$$V_T = 36\text{cm}^3$$

$$f_{\text{látex}} = 45\%$$

$$V_{\text{látex}} = V_T * f_{\text{látex}} \quad \text{Ec. (4.3) [3]}$$

$$V_{\text{látex}} = 36\text{cm}^3 * 0,45$$

$$V_{\text{látex}} = 16,2\text{cm}^3$$

MASA DE LA MATRIZ (45%)

$$m_{\text{látex}} = V_{\text{látex}} * \rho_{\text{látex}} \quad \text{Ec. (4.4) [3]}$$

$$m_{\text{látex}} = 16,2\text{cm}^3 * 1,08 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$m_{\text{látex}} = 17,49\text{gr}$$

FACTOR DE TRABAJO (15%)

$$100 \rightarrow 17,49\text{gr}$$

$$15\% \rightarrow X$$

$$X = 2,62\text{gr}$$

$$m_{\text{latéx}} = 17,49\text{gr} + 2,62\text{gr}$$

$$m_{\text{latéx}} = 20,11 \approx 20\text{gr}$$

$$m_{\text{latéx}} = 20\text{gr}$$

VOLUMEN DE REFUERZO (55%)

$$V_T = 36\text{cm}^3$$

$$f_{\text{latéx}} = 55\%$$

$$V_{\text{Cabuya}} = V_T * f_{\text{cabuya}} \quad \text{Ec. (4.5) [3]}$$

$$V_{\text{Cabuya}} = 36\text{cm}^3 * 0,55$$

$$V_{\text{Cabuya}} = 19,8\text{cm}^3$$

MASA DE LA REFUERZO (70%)

$$m_{\text{Cabuya}} = V_{\text{cabuya}} * \rho_{\text{cabuya}} \quad \text{Ec. (4.6) [3]}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = 19,8\text{cm}^3 * 1,3 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = 25,74\text{gr}$$

FACTOR DE TRABAJO (15%)

$$100 \rightarrow 25,74\text{gr}$$

$$15\% \rightarrow X$$

$$X = 3,86\text{gr}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = 25,74\text{gr} + 3,86\text{gr}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = 29,6 \approx 30\text{gr}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = \frac{30\text{gr}}{2} = 15\text{gr}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = 15\text{gr}$$

CALCULO DE FRACCIONES VOLUMÉTRICAS PARA PROBETAS A COMPRESIÓN.

Las dimensiones de trabajo para el molde de compresión será mediante las siguientes dimensiones: largo 8cm, ancho 7cm, y de espesor 1,2cm.

$$V_T = l * a * e \quad \text{Ec. (4.2) [3]}$$

$$V_T = 8\text{cm} * 7\text{cm} * 1,2\text{cm}$$

$$V_T = 67,2\text{cm}^3$$

a) Cálculo de la fracción volumétrica de 20% Látex (Matriz), 80% Fibra de cabuya (Refuerzo).

Datos.

Área de trabajo $V_T = 67,2\text{cm}^3$

Densidades $\rho_{\text{cabuya}} = 1,3 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$

$$\rho_{\text{látex}} = 1,08 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

Fracciones volumétricas

$$f_{\text{cabuya}} = 80\%$$

$$f_{\text{látex}} = 20\%$$

- Cálculo del volumen y la masa de la matriz.**

El porcentaje volumétrico para el desarrollo de este caso ya se encuentra especificado la fracción de látex es de 20% y 80% de cabuya.

VOLUMEN DE MATRIZ (20%)

$$V_T = 67,2\text{cm}^3$$

$$f_{\text{látex}} = 20\%$$

$$V_{\text{látex}} = V_T * f_{\text{látex}} \quad \text{Ec. (4.3) [3]}$$

$$V_{\text{látex}} = 67,2\text{cm}^3 * 0,2$$

$$V_{\text{latéx}} = 13,44\text{cm}^3$$

MASA DE LA MATRIZ (20%)

$$\begin{aligned} m_{\text{latéx}} &= V_{\text{latéx}} * \rho_{\text{latéx}} && \text{Ec. (4.4) [3]} \\ m_{\text{latéx}} &= 13,44\text{cm}^3 * 1,08 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \\ m_{\text{latéx}} &= 14,52 \text{ gr} \end{aligned}$$

FACTOR DE TRABAJO (15%)

$$\begin{aligned} 100 &\rightarrow 14,52\text{gr} \\ 15\% &\rightarrow X \\ X &= 2,18\text{gr} \\ m_{\text{latéx}} &= 14,52\text{gr} + 2,18\text{gr} \\ m_{\text{latéx}} &= 16,7 \approx 17\text{gr} \\ m_{\text{latéx}} &= 17\text{gr} \end{aligned}$$

VOLUMEN DE REFUERZO (80%)

$$V_T = 67,2\text{cm}^3$$

$$f_{\text{latéx}} = 80\%$$

$$\begin{aligned} V_{\text{Cabuya}} &= V_T * f_{\text{cabuya}} && \text{Ec. (4.5) [3]} \\ V_{\text{Cabuya}} &= 67,2\text{cm}^3 * 0,8 \\ V_{\text{Cabuya}} &= 53,76\text{cm}^3 \end{aligned}$$

MASA DE LA REFUERZO (80%)

$$\begin{aligned} m_{\text{Cabuya}} &= V_{\text{cabuya}} * \rho_{\text{cabuya}} && \text{Ec. (4.6) [3]} \\ m_{\text{Cabuya}} &= 53,76\text{cm}^3 * 1,3 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \\ m_{\text{Cabuya}} &= 69,8\text{gr} \end{aligned}$$

FACTOR DE TRABAJO (15%)

$$100 \rightarrow 69,8\text{gr}$$

$$15\% \rightarrow X$$

$$X = 10,47\text{gr}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = 69,8\text{gr} + 10,47\text{gr}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = 80,27 \approx 80\text{gr}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = \frac{80\text{gr}}{2} = 40\text{gr}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = 40\text{gr}$$

b) Cálculo de la fracción volumétrica de 30% Látex (Matriz), 70% Fibra de cabuya (Refuerzo).

Datos.

Área de trabajo $V_T = 67,2\text{cm}^3$

Densidades $\rho_{\text{cabuya}} = 1,3 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$

$$\rho_{\text{látex}} = 1,08 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

Fracciones volumétricas

$$f_{\text{cabuya}} = 70\%$$

$$f_{\text{látex}} = 30\%$$

• Cálculo del volumen y la masa de la matriz.

El porcentaje volumétrico para el desarrollo del cálculo será un 30% de látex y 70% de cabuya.

VOLUMEN DE MATRIZ (30%)

$$V_T = 67,2\text{cm}^3$$

$$f_{\text{látex}} = 30\%$$

$$V_{\text{látex}} = V_T * f_{\text{látex}}$$

Ec. (4.3) [3]

$$V_{\text{látex}} = 67,2\text{cm}^3 * 0,3$$

$$V_{\text{latéx}} = 20,16\text{cm}^3$$

MASA DE LA MATRIZ (30%)

$$\begin{aligned} m_{\text{latéx}} &= V_{\text{latéx}} * \rho_{\text{latéx}} && \text{Ec. (4.4) [3]} \\ m_{\text{latéx}} &= 20,16\text{cm}^3 * 1,08 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \\ m_{\text{latéx}} &= 21,77\text{gr} \end{aligned}$$

FACTOR DE TRABAJO (15%)

$$\begin{aligned} 100 &\rightarrow 21,77 \text{ gr} \\ 15\% &\rightarrow X \\ X &= 3,27\text{gr} \\ m_{\text{latéx}} &= 21,77\text{gr} + 3,27\text{gr} \\ m_{\text{latéx}} &= 25,04 \approx 25\text{gr} \\ m_{\text{latéx}} &= 25\text{gr} \end{aligned}$$

VOLUMEN DE REFUERZO (70%)

$$V_T = 67,2\text{cm}^3$$

$$f_{\text{latéx}} = 70\%$$

$$\begin{aligned} V_{\text{Cabuya}} &= V_T * f_{\text{cabuya}} && \text{Ec. (4.5) [3]} \\ V_{\text{Cabuya}} &= 67,2\text{cm}^3 * 0,7 \\ V_{\text{Cabuya}} &= 47,04\text{cm}^3 \end{aligned}$$

MASA DE LA REFUERZO (70%)

$$\begin{aligned} m_{\text{Cabuya}} &= V_{\text{cabuya}} * \rho_{\text{cabuya}} && \text{Ec. (4.6) [3]} \\ m_{\text{Cabuya}} &= 47,04\text{cm}^3 * 1,3 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \\ m_{\text{Cabuya}} &= 61,15\text{gr} \end{aligned}$$

FACTOR DE TRABAJO (15%)

$$100 \rightarrow 61,15\text{gr}$$

$$15\% \rightarrow X$$

$$X = 9,17\text{gr}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = 61,15\text{gr} + 9,17\text{gr}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = 70,32 \approx 70\text{gr}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = \frac{70\text{gr}}{2} = 35\text{gr}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = 35\text{gr}$$

c) Cálculo de la fracción volumétrica de 45% Látex (Matriz), 55% Fibra de cabuya (Refuerzo).

Datos.

Área de trabajo $V_T = 67,2\text{cm}^3$

Densidades $\rho_{\text{cabuya}} = 1,3 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$

$$\rho_{\text{látex}} = 1,08 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

Fracciones volumétricas

$$f_{\text{cabuya}} = 55\%$$

$$f_{\text{látex}} = 45\%$$

• Cálculo del volumen y la masa de la matriz.

El porcentaje volumétrico para el desarrollo del cálculo será un 45% de látex y 55% de cabuya.

VOLUMEN DE MATRIZ (45%)

$$V_T = 67,2\text{cm}^3$$

$$f_{\text{látex}} = 45\%$$

$$V_{\text{látex}} = V_T * f_{\text{látex}}$$

Ec. (4.3) [3]

$$V_{\text{látex}} = 67,2\text{cm}^3 * 0,45$$

$$V_{\text{latéx}} = 30,24\text{cm}^3$$

MASA DE LA MATRIZ (45%)

$$\begin{aligned} m_{\text{latéx}} &= V_{\text{latéx}} * \rho_{\text{latéx}} && \text{Ec. (4.4) [3]} \\ m_{\text{latéx}} &= 30,24\text{cm}^3 * 1,08 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \\ m_{\text{latéx}} &= 32,66\text{gr} \end{aligned}$$

FACTOR DE TRABAJO (15%)

$$\begin{aligned} 100 &\rightarrow 32,66\text{gr} \\ 15\% &\rightarrow X \\ X &= 4,90\text{gr} \\ m_{\text{latéx}} &= 32,66\text{gr} + 4,90\text{gr} \\ m_{\text{latéx}} &= 37,56 \approx 38\text{gr} \\ m_{\text{latéx}} &= 38\text{gr} \end{aligned}$$

VOLUMEN DE REFUERZO (55%)

$$V_T = 67,2\text{cm}^3$$

$$f_{\text{latéx}} = 55\%$$

$$\begin{aligned} V_{\text{Cabuya}} &= V_T * f_{\text{cabuya}} && \text{Ec. (4.5) [3]} \\ V_{\text{Cabuya}} &= 67,2\text{cm}^3 * 0,55 \\ V_{\text{Cabuya}} &= 36,96\text{cm}^3 \end{aligned}$$

MASA DE LA REFUERZO (55%)

$$\begin{aligned} m_{\text{Cabuya}} &= V_{\text{cabuya}} * \rho_{\text{cabuya}} && \text{Ec. (4.6) [3]} \\ m_{\text{Cabuya}} &= 36,96\text{cm}^3 * 1,3 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \\ m_{\text{Cabuya}} &= 48,05\text{gr} \end{aligned}$$

FACTOR DE TRABAJO (15%)

$$100 \rightarrow 48,05\text{gr}$$

$$15\% \rightarrow X$$

$$X = 7,21\text{gr}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = 48,05\text{gr} + 7,21\text{gr}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = 55,26 \approx 55\text{gr}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = \frac{55\text{gr}}{2} = 27,5\text{gr}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = 28\text{gr}$$

CALCULO DE FRACCIONES VOLUMÉTRICAS PARA PROBETAS DE DUREZA.

Las dimensiones de trabajo para el molde de compresión será mediante las siguientes dimensiones: Largo 8cm, ancho 7cm, y de espesor 1cm.

$$V_T = l * a * e \quad \text{Ec. (4.2) [3]}$$

$$V_T = 8\text{cm} * 7\text{cm} * 1\text{cm}$$

$$V_T = 56\text{cm}^3$$

a) Cálculo de la fracción volumétrica de 20% Látex (Matriz), 80% Fibra de cabuya (Refuerzo).

Datos.

Área de trabajo

$$V_T = 56\text{cm}^3$$

Densidades

$$\rho_{\text{cabuya}} = 1.3 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$\rho_{\text{látex}} = 1.08 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

Fracciones volumétricas

$$f_{\text{cabuya}} = 80\%$$

$$f_{\text{látex}} = 20\%$$

- **Calculo del volumen y la masa de la matriz.**

El porcentaje volumétrico para el desarrollo de este caso ya se encuentra especificado la fracción de látex es de 20% y 80% de cabuya.

VOLUMEN DE MATRIZ (20%)

$$V_T = 56\text{cm}^3$$

$$f_{\text{látex}} = 20\%$$

$$V_{\text{látex}} = V_T * f_{\text{látex}} \quad \text{Ec. (4.3) [3]}$$

$$V_{\text{látex}} = 56\text{cm}^3 * 0,2$$

$$V_{\text{látex}} = 11,2\text{cm}^3$$

MASA DE LA MATRIZ (20%)

$$m_{\text{látex}} = V_{\text{látex}} * \rho_{\text{látex}} \quad \text{Ec. (4.4) [3]}$$

$$m_{\text{látex}} = 11,2 \text{ cm}^3 * 1,08 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$m_{\text{látex}} = 12,09 \text{ gr}$$

FACTOR DE TRABAJO (15%)

$$100 \rightarrow 12,09 \text{ gr}$$

$$15\% \rightarrow X$$

$$X = 1,81\text{gr}$$

$$m_{\text{látex}} = 12,09\text{gr} + 1,81\text{gr}$$

$$m_{\text{látex}} = 13,9 \approx 14\text{gr}$$

$$m_{\text{látex}} = 14\text{gr}$$

VOLUMEN DE REFUERZO (80%)

$$V_T = 56\text{cm}^3$$

$$f_{\text{látex}} = 80\%$$

$$V_{\text{Cabuya}} = V_T * f_{\text{cabuya}} \quad \text{Ec. (4.5) [3]}$$

$$V_{\text{Cabuya}} = 56\text{cm}^3 * 0,8$$

$$V_{\text{Cabuya}} = 44,8\text{cm}^3$$

MASA DE LA REFUERZO (80%)

$$m_{\text{Cabuya}} = V_{\text{cabuya}} * \rho_{\text{cabuya}} \quad \text{Ec. (4.6) [3]}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = 44,8\text{cm}^3 * 1,3 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = 58,24\text{gr}$$

FACTOR DE TRABAJO (15%)

$$100 \rightarrow 58,24\text{gr}$$

$$15\% \rightarrow X$$

$$X = 8,74\text{gr}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = 58,24\text{gr} + 8,74\text{gr}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = 66,9 \approx 67\text{gr}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = \frac{67\text{gr}}{2} = 33,5\text{gr}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = 33,5$$

b) Cálculo de la fracción volumétrica de 30% Látex (Matriz), 70% Fibra de cabuya (Refuerzo).

Datos.

Área de trabajo $V_T = 56\text{cm}^3$

Densidades $\rho_{\text{cabuya}} = 1,3 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$

$$\rho_{\text{látex}} = 1,08 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

Fracciones volumétricas

$$f_{\text{cabuya}} = 70\%$$

$$f_{\text{látex}} = 30\%$$

- **Calculo del volumen y la masa de la matriz.**

El porcentaje volumétrico para el desarrollo del cálculo será un 30% de látex y 70% de cabuya.

VOLUMEN DE MATRIZ (30%)

$$V_T = 56\text{cm}^3$$

$$f_{\text{látex}} = 30\%$$

$$\begin{aligned} V_{\text{látex}} &= V_T * f_{\text{látex}} && \text{Ec. (4.3) [3]} \\ V_{\text{látex}} &= 56\text{cm}^3 * 0,3 \\ V_{\text{látex}} &= 16,8\text{cm}^3 \end{aligned}$$

MASA DE LA MATRIZ (30%)

$$\begin{aligned} m_{\text{látex}} &= V_{\text{látex}} * \rho_{\text{látex}} && \text{Ec. (4.4) [3]} \\ m_{\text{látex}} &= 16,8\text{cm}^3 * 1,08 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \\ m_{\text{látex}} &= 18,14 \text{ gr} \end{aligned}$$

FACTOR DE TRABAJO (15%)

$$\begin{aligned} 100 &\rightarrow 18,14 \text{ gr} \\ 15\% &\rightarrow X \\ X &= 2,72 \text{ gr} \\ m_{\text{látex}} &= 18,14 \text{ gr} + 2,72\text{gr} \\ m_{\text{látex}} &= 20,86 \approx 21\text{gr} \\ m_{\text{látex}} &= 21\text{gr} \end{aligned}$$

VOLUMEN DE REFUERZO (70%)

$$V_T = 56\text{cm}^3$$

$$f_{\text{látex}} = 70\%$$

$$V_{\text{Cabuya}} = V_T * f_{\text{cabuya}} \quad \text{Ec. (4.5) [3]}$$

$$V_{\text{Cabuya}} = 56\text{cm}^3 * 0,7$$

$$V_{\text{Cabuya}} = 39,2\text{cm}^3$$

MASA DE LA REFUERZO (70%)

$$m_{\text{Cabuya}} = V_{\text{cabuya}} * \rho_{\text{cabuya}} \quad \text{Ec. (4.6) [3]}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = 39,2\text{cm}^3 * 1,3 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = 50,96\text{gr}$$

FACTOR DE TRABAJO (15%)

$$100 \rightarrow 50,96\text{gr}$$

$$15\% \rightarrow X$$

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

$$m_{\text{Cabuya}} = 50,96\text{gr} + 7,64\text{gr}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = 58,6 \approx 59\text{gr}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = \frac{59\text{gr}}{2} = 29,5\text{gr}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = 29,5 \text{ gr}$$

c) Cálculo de la fracción volumétrica de 45% Látex (Matriz), 55% Fibra de cabuya (Refuerzo).

Datos.

Área de trabajo $V_T = 56\text{cm}^3$

Densidades $\rho_{\text{cabuya}} = 1,3 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$

$$\rho_{\text{látex}} = 1,08 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

Fracciones volumétricas

$$f_{\text{cabuya}} = 55\%$$

$$f_{\text{látex}} = 45\%$$

- **Calculo del volumen y la masa de la matriz.**

El porcentaje volumétrico para el desarrollo del cálculo será un 45% de látex y 55% de cabuya.

VOLUMEN DE MATRIZ (45%)

$$V_T = 56\text{cm}^3$$

$$f_{\text{látex}} = 45\%$$

$$V_{\text{látex}} = V_T * f_{\text{látex}} \quad \text{Ec. (4.3) [3]}$$

$$V_{\text{látex}} = 56\text{cm}^3 * 0,45$$

$$V_{\text{látex}} = 25,2\text{cm}^3$$

MASA DE LA MATRIZ (45%)

$$m_{\text{látex}} = V_{\text{látex}} * \rho_{\text{látex}} \quad \text{Ec. (4.4) [3]}$$

$$m_{\text{látex}} = 25,2\text{cm}^3 * 1,08 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$m_{\text{látex}} = 27,22 \text{ gr}$$

FACTOR DE TRABAJO (15%)

$$100 \rightarrow 27,22 \text{ gr}$$

$$15\% \rightarrow X$$

$$X = 4,08\text{gr}$$

$$m_{\text{látex}} = 27,22\text{gr} + 4,08\text{gr}$$

$$m_{\text{látex}} = 31,3 \approx 31\text{gr}$$

$$m_{\text{látex}} = 31 \text{ gr}$$

VOLUMEN DE REFUERZO (55%)

$$V_T = 56\text{cm}^3$$

$$f_{\text{látex}} = 55\%$$

$$V_{\text{Cabuya}} = V_T * f_{\text{cabuya}} \quad \text{Ec. (4.5) [3]}$$

$$V_{\text{Cabuya}} = 56\text{cm}^3 * 0,55$$

$$V_{\text{Cabuya}} = 30,8\text{cm}^3$$

MASA DE LA REFUERZO (55%)

$$m_{\text{Cabuya}} = V_{\text{cabuya}} * \rho_{\text{cabuya}} \quad \text{Ec. (4.6) [3]}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = 30,8\text{cm}^3 * 1,3 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = 40,04\text{gr}$$

FACTOR DE TRABAJO (15%)

$$100 \rightarrow 40,04\text{gr}$$

$$15\% \rightarrow X$$

$$X = 6,01\text{gr}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = 40,04\text{gr} + 6,01\text{gr}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = 46,05 \approx 46\text{gr}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = \frac{46\text{gr}}{2} = 23\text{gr}$$

$$m_{\text{Cabuya}} = 23\text{gr}$$

El volumen de la matriz de látex y de la cabuya se multiplico por sus correspondientes densidades obteniendo como resultado la masa de la matriz y refuerzo, cabe recalcar que para la obtención de la masa de refuerzo se destacó que

la masa real es $\frac{1}{2}$ de la calculada de igual manera se utilizó el un factor de trabajo de 15% a las fracciones calculadas las mismas que serán complementarias en la conformación de las probetas de tracción, compresión y dureza.

Nota: Se elaboraron de las probetas de tracción, compresión y dureza se utilizara las fracciones de masas calculadas con anterioridad para los casos de longitud de cabuya de 1cm y 2cm.

4.1.4 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MOLDE

El proceso de elaboración del molde se realiza en base al área de trabajo ya que se especifica dimensiones y número de probetas, el área de trabajo a tracción constara de las siguientes dimensiones: Largo 150mm, ancho 120mm, espesor de 2mm., el área de trabajo para compresión será de: Largo 80mm, ancho 70mm y un espesor de 12mm., de igual manera el área de trabajo para dureza será de: Largo 80mm, ancho 70mm y un espesor de 10mm, una vez especificado las dimensiones de cada área de trabajo se procede a realizar la distribución de las probetas de la siguiente forma.

DISTRIBUCIÓN DE PROBETAS A TRACCIÓN

El diseño se encuentra estructurado como se muestra en la Figura 4-7 la cual se define que el molde será constituido por 4 probetas el que permitirá desarrollar el ensayo a tracción.

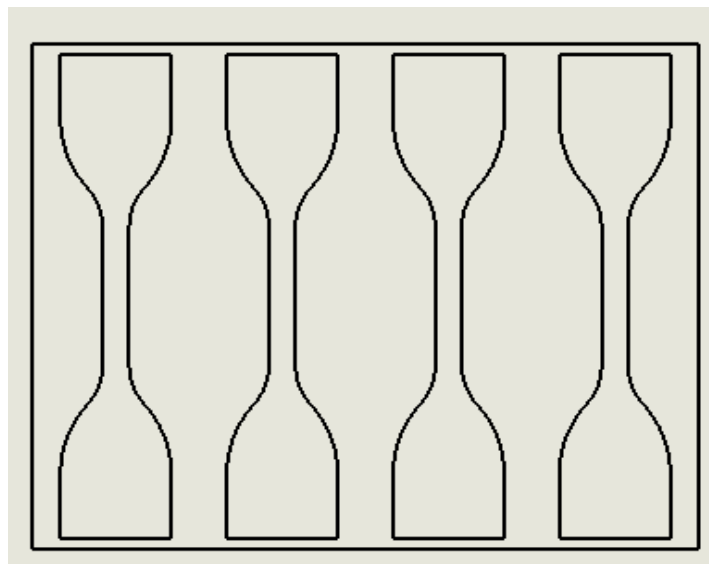


Figura 4-7 Elaboración de la distribución de probetas a tracción

Fuente: Autor

DISTRIBUCIÓN DE PROBETAS A COMPRESIÓN

La distribución de las probetas a compresión según el área de trabajo de la Figura 4-8 será constituida por 4 probetas las mismas que serán utilizados en los ensayos de compresión.

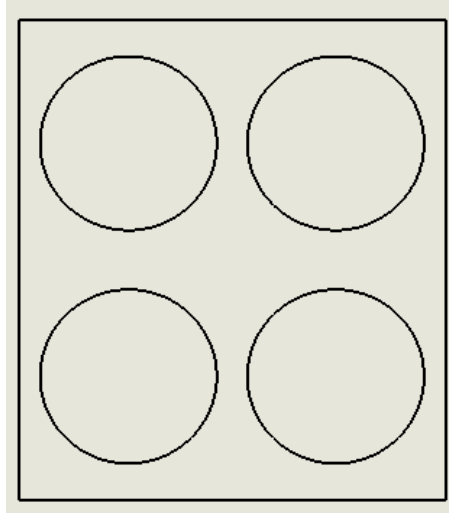


Figura 4-8 Elaboración de la distribución de probetas a compresión
Fuente: Autor

DISTRIBUCIÓN DE PROBETAS DE DUREZA.

Para la distribución de la probeta de dureza se la realizo con las mismas dimensiones de su contorno interno cuyas dimensiones son: Largo 90mm y ancho 85mm Figura 4-9.

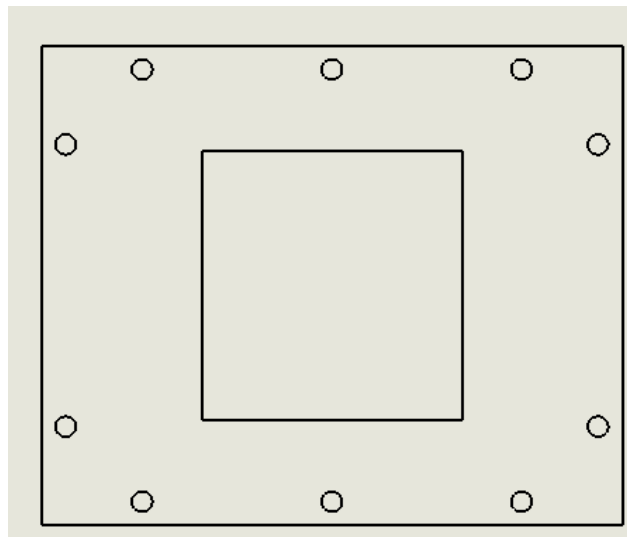


Figura 4-9 Elaboración de la distribución de probetas de dureza
Fuente: Autor

El diseño garantiza que cada una de las probetas conformadas cuente con la misma distribución de fibra. El dimensionamiento de cada probeta se encuentra normalizado bajo la norma UNE para cada tipo de ensayo.

La dimensión de las probetas para los ensayos se regirá a las especificaciones que se encuentra en la Tabla 4-2:

Tabla 4-2. Tipos de ensayos

Tipo de ensayo	Normativa	Dimensiones (mm)
Tracción	UNE 53510	115*25*2
Compresión	UNE 53536	29*12
Dureza	UNE-ISO 48	90*85*10

Fuente: Autor

4.1.4.1 ELABORACIÓN DE LOS PLANOS DE CONSTRUCCIÓN DE LOS PLANOS.

El software CAD permitirá obtener los planos de las partes principales del cual se formaran los moldes. Las siguientes figuras mostraran las partes principales de los moldes.

COMPONENTES DEL MOLDE DE COMPACTACIÓN.

La Figura 4-10 muestra al molde de compactación que se utilizará para la obtención de las probetas a compresión, el molde se encuentra conformado de las siguientes partes:

- Base
- Marco
- Sujeción de guía
- Guía
- Compactador

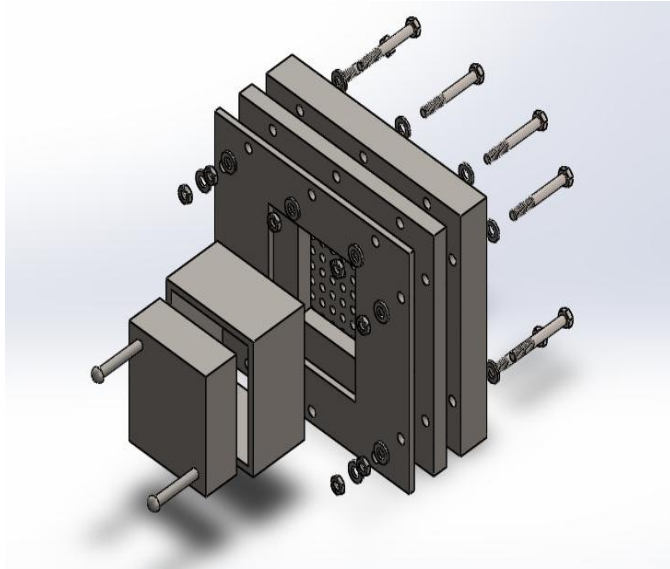


Figura 4-10 Componentes del molde de compactación para probetas a compresión.

Fuente: Autor

La Figura 4-11 muestra al molde de compactación que se utilizará para la obtención de las probetas a tracción, el molde se encuentra conformado de las siguientes partes:

- Base
- Marco
- Sujeción de la guía
- Guía
- Compactador

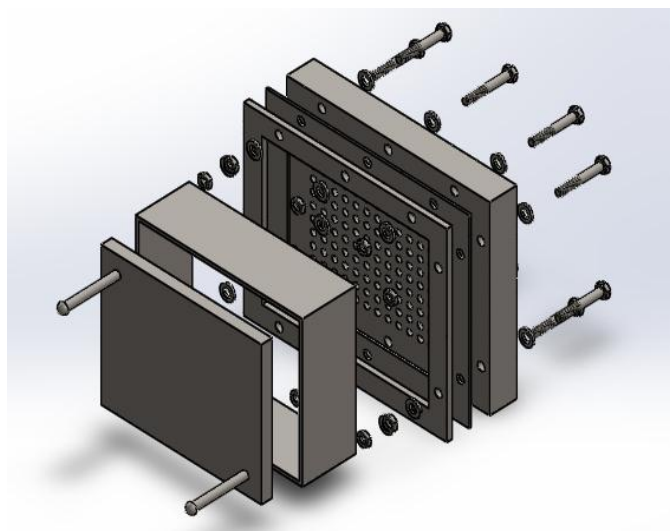


Figura 4-11 Componentes del molde de compactación para probetas a tracción.

Fuente: Autor

La Figura 4-12 muestra al molde de compactación que se utilizará para la obtención de las probetas de dureza, el molde se encuentra conformado de las siguientes partes:

- Base
- Marco
- Sujeción de la guía
- Guía
- Compactador

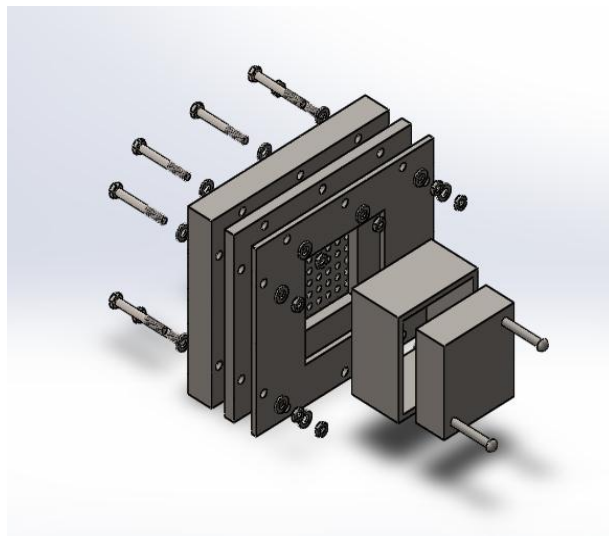


Figura 4-12 Componentes del molde de Compactación para probetas a dureza.

Fuente: Autor

4.1.4.2 CONSTRUCCIÓN DEL MOLDE DE COMPACTACIÓN.

El material utilizado para la construcción de los moldes es acero estructural A36, cada pieza se encuentra especificada a continuación.

BASE

La Figura 4-13 representa a la base que consta de varias perforaciones cuya función es permitir la salida de exceso del látex durante la compactación. Sus dimensiones son 190*160mm con espesor de 26mm, el espesor es por cuestión de seguridad durante la compactación del material compuesto evitar deformaciones en el molde. Las perforaciones que se encuentran alrededor de la base se encuentran especificadas en los planos.

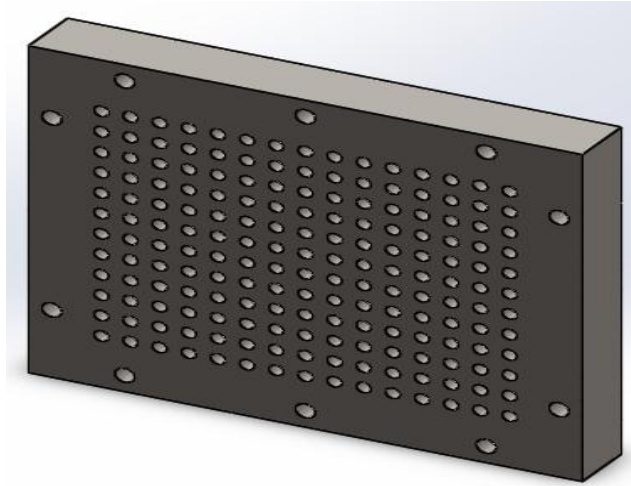


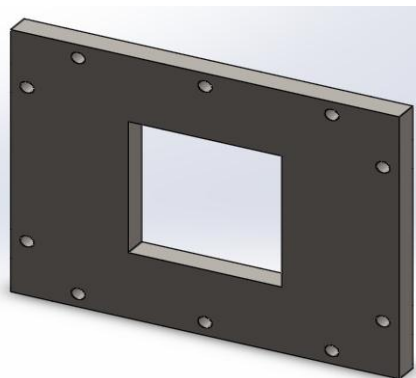
Figura 4-13 Base del molde de compactación
Fuente: Autor

MARCO

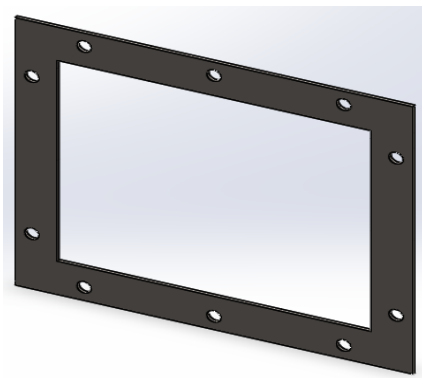
Los marcos cumplen la función de otorgar la forma del material compuesto fueron construidos según los requerimientos que se presentaron en la norma UNE.

- a) El marco del molde de compresión cuenta con las siguientes dimensiones 75*80mm con un espesor de 12,5mm, Figura 4-14 a).
- b) El marco del molde de tracción cuenta con las siguientes dimensiones 150*120mm con un espesor de 2mm, Figura 4-14 b).
- c) El marco del molde de Dureza cuenta con las siguientes dimensiones 75*80mm con un espesor de 10mm, Figura 4-14 c).

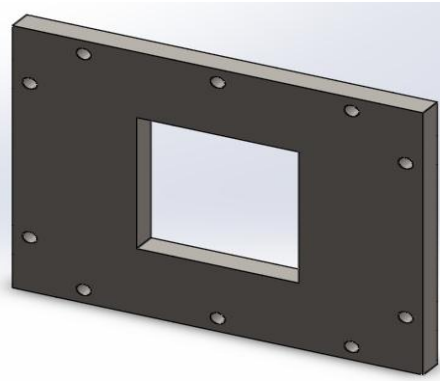
Las perforaciones que se presentan en cada marco se encuentran detalladas en los planos.



a)



b)



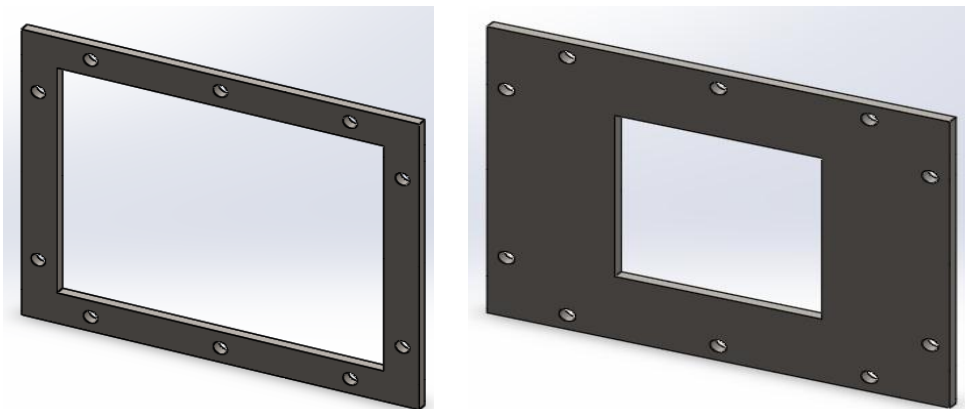
c)

Figura 4-14 a) Marco del molde compresión b) Marco del molde Tracción c) Marco del molde Dureza

Fuente: Autor

SUJECIÓN DE GUIA

La Figura 4-15 muestra las sujeciones tiene objetivo sujetar a la guía para que durante el proceso de conformación del material compuesto no presente movimiento alguno.



a)

b)

Figura 4-15 a) Sujeción de la guía del molde a Tracción b) Sujeción de la guía del molde de compresión y Dureza.

Fuente: Autor

GUÍA

La Figura 4-16 muestra las guías que permitirá que la mezcla del material compuesto se coloque adecuadamente alrededor del molde, de igual manera ayudara al momento de la compactación. Las guías para compresión y dureza se consideran las mismas dimensiones 75*80mm y con una altura de 50mm.

La guía de tracción se consideró de las siguientes dimensiones 150*120mm con una altura de 50mm.

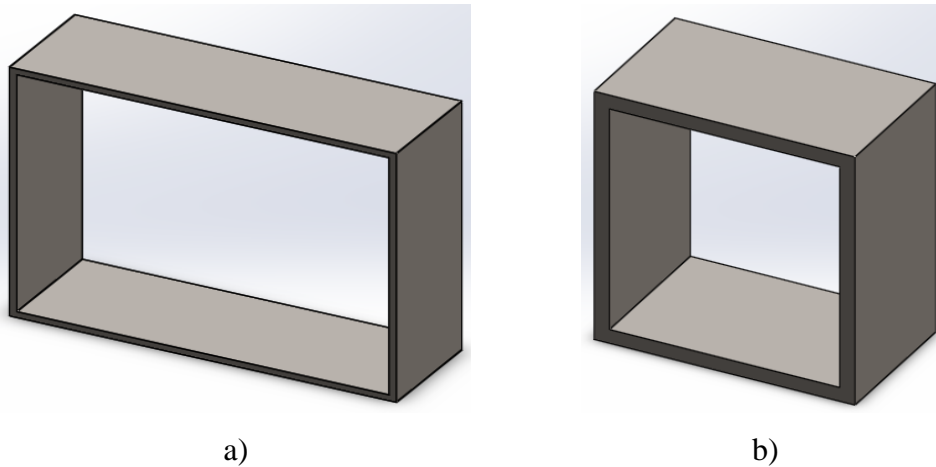


Figura 4-16 a) Guía del molde a tracción, b) Guía del molde de compresión y dureza.

Fuente: Autor

COMPACTADOR

El compactador con la ayuda de la prensa hidráulica permitirá compactar adecuadamente el material compuesto para obtener la forma deseada. La Figura 4-17 comprende las dimensiones del compactador para compresión y dureza de 75*80mm con un espesor de 26mm, el espesor se utilizó por seguridad en caso que existiera deformación. La dimensión del compactador de tracción es 120*150mm con un espesor de 15mm.

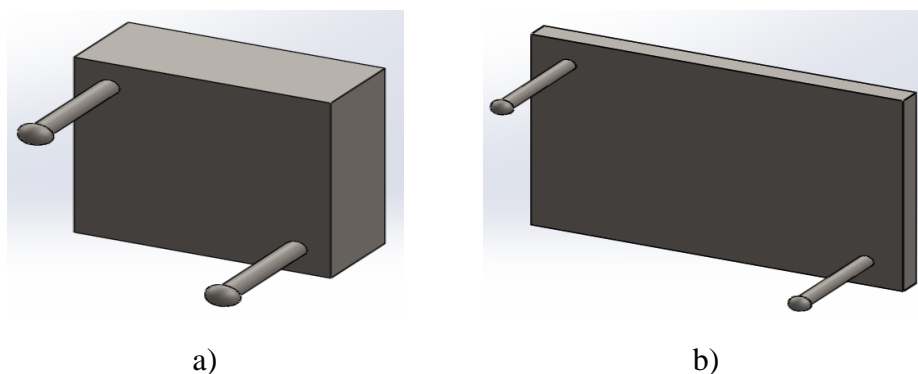


Figura 4-17 a) Compactador del molde de compresión y Dureza, b) compactador del molde de tracción

Fuente: Autor

4.1.4.3 CONTROL DE CALIDAD DEL MOLDE DE COMPACTACIÓN

La calidad del molde de compactación fue controlada mediante dos etapas la primera se realizó una inspección visual de cada elemento del molde verificado estado del material, soldadura, acoplamiento adecuadamente del ensamble, la segunda parte se consistió en elaborar el material compuesto de matriz elastomérica

(látex 45%) y refuerzo (cabuya 55%) con espesores de 2mm, 10mm, 12,5mm con orientación al azar. Mediante la evaluación de los moldes se verificó que la compactación del material no presento deformaciones debido a la presión aplicada en el molde al considerar todos estos parámetros los moldes son aceptables para la elaboración del material compuesto, Figura 4-18.

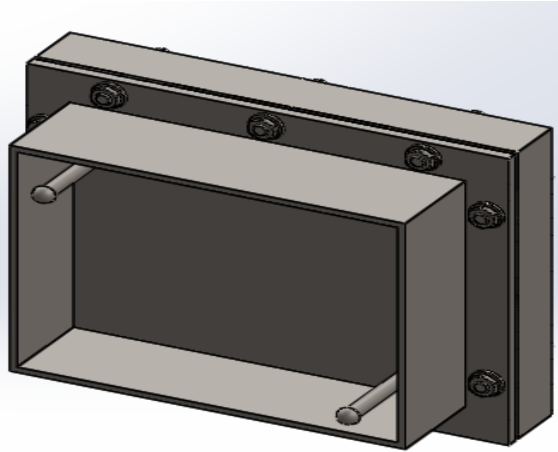


Figura 4-18 Control de calidad del molde de compactación
Fuente: Autor

COMPONENTES DEL MOLDE DE CURACIÓN.

La Figura 4-19 se muestra al molde de curación para probetas a compresión que se encuentra constituida por las siguientes partes:

- Base
- Marco
- Tapa

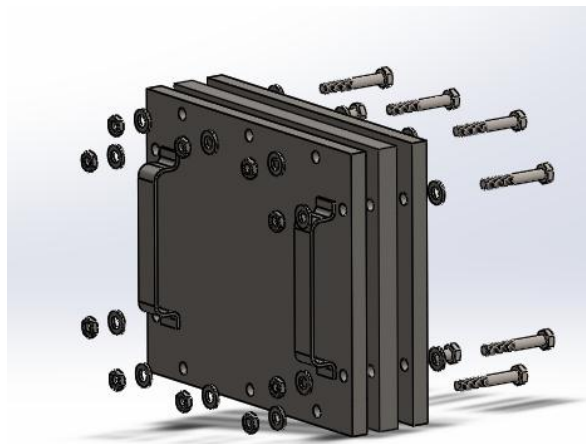


Figura 4-19 Componentes del molde de curación para probetas a compresión.
Fuente: Autor

La Figura 4-20 se muestra al molde de curación para probetas a tracción que se encuentra constituida por las siguientes partes:

- Base
- Marco
- Tapa

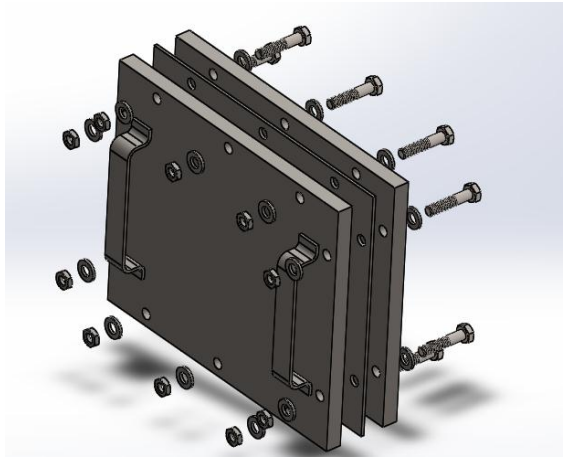


Figura 4-20 Componentes del molde de curación para probetas a tracción.

Fuente: Autor

La Figura 4-21 se muestra al molde de curación para probetas a tracción que se encuentra constituida por las siguientes partes:

- Base
- Marco
- Tapa

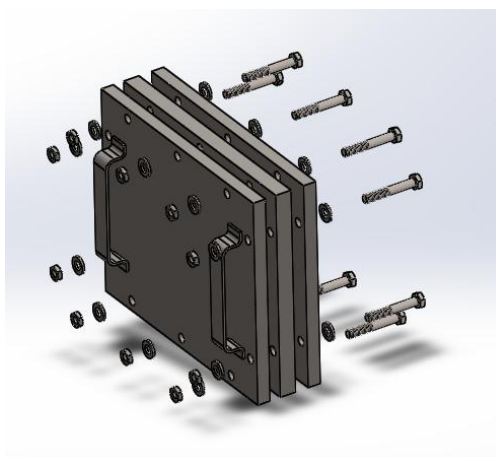


Figura 4-21 Componentes del molde de curación para probetas a dureza.

Fuente: Autor

4.1.4.4 CONSTRUCCIÓN DEL MOLDE DE CURACIÓN.

La construcción del molde de curación se realizó con acero estructural A36 cada pieza que conforma el molde esta realizado con este material especificado a continuación.

BASE

La base consta de varias perforaciones a su alrededor ya que este elemento debe ser acoplado con el marco y la tapa al momento de conformar el material compuesto. La Figura 4-22 muestra el dimensionamiento de la siguiente manera 190*160mm con un espesor de 12mm con la finalidad de que no presente deformaciones y el material compuesto tenga una buena homogeneidad y un buen acabado.

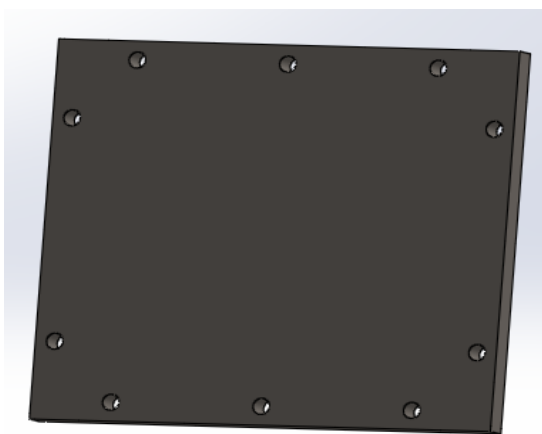


Figura 4-22 Base del molde de curación

Fuente: Autor

MARCO

Los marcos tiene finalidad de dar la forma a las probetas según el tipo de ensayo y espesor que debe cumplir el material compuesto el mismo se encontrara especificado en las normas UNE aplicadas en la investigación, los marcos de cada tipo de ensayo se encuentra acoplados con la base y la tapa las dimensiones de los marcos son:

- a) 75*80mm con un espesor de 12,5mm para el ensayo a compresión, Figura 4-23 a).
- b) 190*160mm con un espesor de 2mm para el ensayo a tracción con un espesor de 2mm, Figura 4-23 b).
- c) 75*80mm con un espesor de 10mm para el ensayo de dureza, Figura 4-23 c).

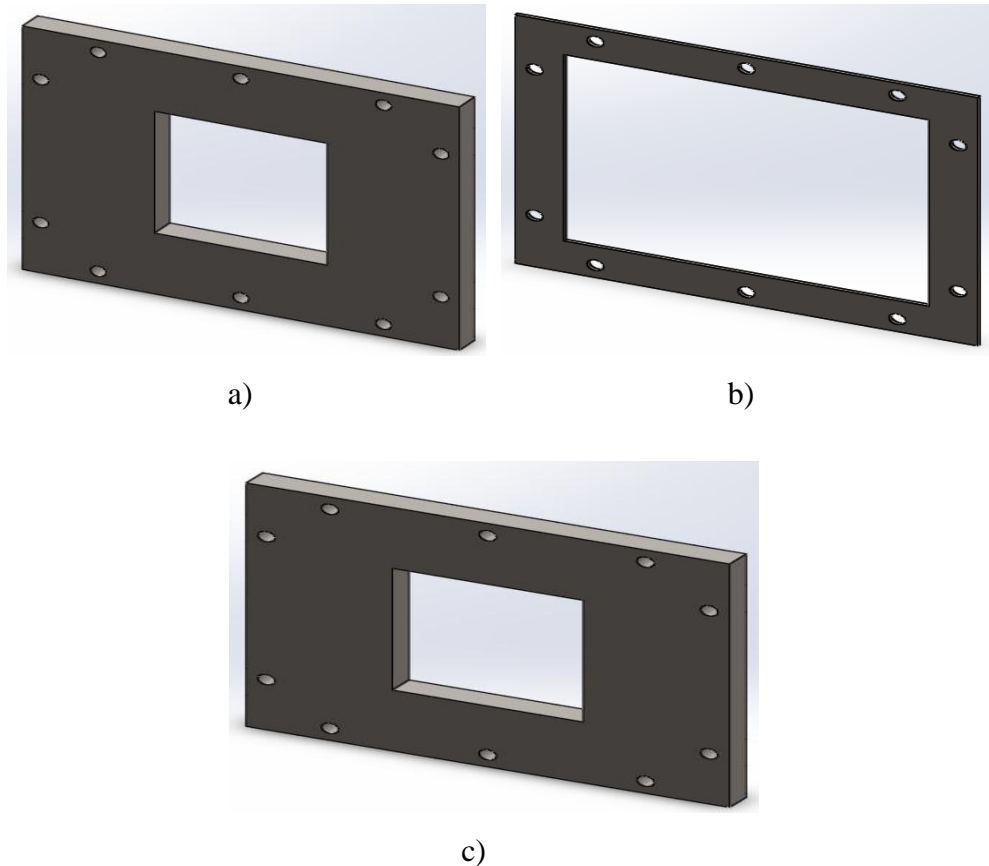


Figura 4-23 a) Marco del molde compresión b) Marco del molde Tracción c) Marco del molde Dureza
Fuente: Autor

TAPA

La tapa debe generar presión hacia el marco y la base esto se lo hace mediante pernos que se encuentran posicionados alrededor permitiendo obtener un material mucho más homogéneo. La figura 4-24 se encuentra dimensionada con 190*160 y un espesor de 12mm, en su parte superior cuenta con agarraderas que permitirán un fácil agarre del molde.

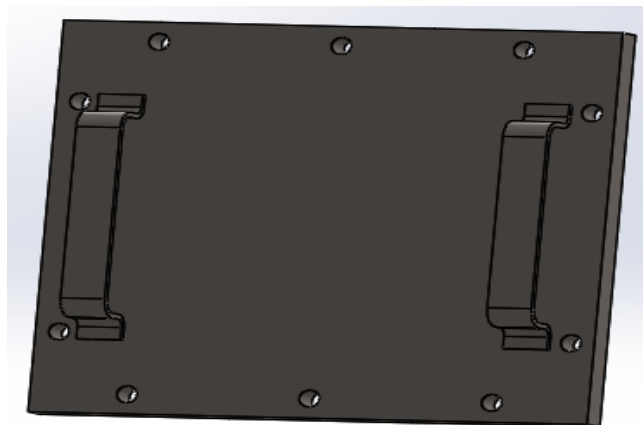


Figura 4-24 Tapa del molde de curación
Fuente: Autor

4.1.4.5 CONTROL DE CALIDAD DEL MOLDE DE CURACIÓN

El control de calidad del molde se efectuó mediante dos etapas la primera se realizó una inspección de manera visual ensamblando el molde verificando soldadura, estado del material y sobre dimensionamiento, la segunda parte se procedió a realizar la conformación del material compuesto de matriz elastomérica (látex 45%) y refuerzo (cabuya 55%) con espesores de 2mm, 10mm, 12,5mm con orientación al azar. La evaluación de los moldes son aceptables la conformación del material no presentaron porosidades ni ausencia de adhesión, Figura 4-25.

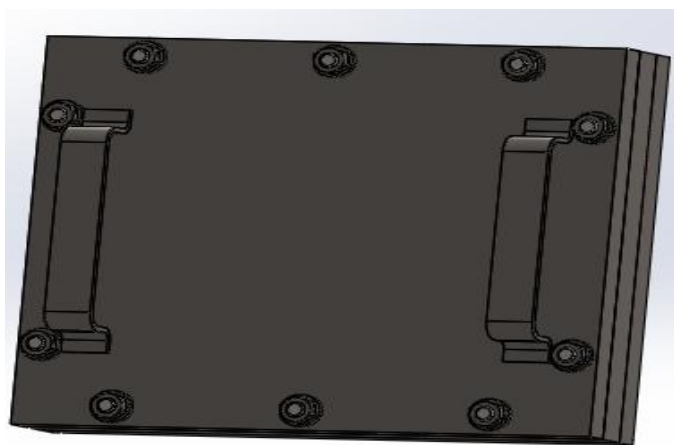


Figura 4-25 Control de calidad del molde de curación

Fuente: Autor

4.1.5 CORTE DE LA FIBRA DE CABUYA

La cabuya se obtiene artesanalmente, posteriormente se realiza el corte Figura 4-26 de dos dimensiones la primera es de 1 cm y la segunda de 2 cm de longitud.

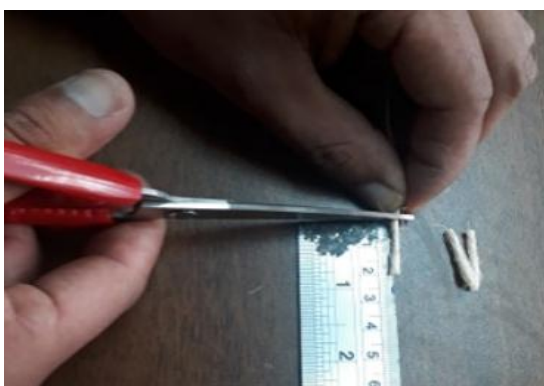


Figura 4-26 Corte de la fibra de cabuya.

Fuente: Autor

4.1.6 ELABORACIÓN DE LAS PROBETAS DEL MATERIAL COMPUESTO MEDIANTE ESTRATIFICACIÓN MANUAL

Las fracciones volumétricas determinadas permitirán realizar el molde de las probetas mediante estratificación manual, compactación y compresión.

Preparación del área del molde

El área del molde a utilizar debe ser limpiada adecuadamente eliminando cualquier residuo o partícula que cause imperfecciones en el material compuesto Figura 4-27, posteriormente se aplica desmoldante esto se lo puede hacer con la ayuda de un guaipe la función del desmoldante es evitar que el material compuesto ya obtenido se adhiera a las tapas del molde.



Figura 4-27 Preparación del área del molde
Fuente: Autor

Preparación de fibra corta (cabuya)

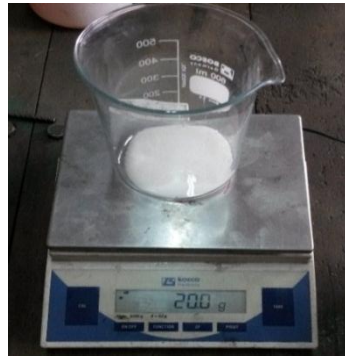
La Figura 4-28 muestra a las fibras inspeccionadas y evaluadas con la intención de que cuente con las dimensiones establecidas.



Figura 4-28 Preparación de fibra corta
Fuente: Autor

Preparación de la matriz y el refuerzo

La matriz está constituida látex la misma que se utilizara para cada fracción volumétrica, el refuerzo de cabuya es colocada en el vaso de precipitación para posteriormente ser medida en la balanza electrónica, la matriz y el refuerzo deberán cumplir con los valores de las fracciones calculadas Figura 4-29.



a)



b)

Figura 4-29 a) Preparación de la matriz (látex), b) Preparación del refuerzo (Cabuya)

Fuente: Autor

Conformación del material compuesto

Para la conformación del material compuesto se optó por igualar pesos debido a que el refuerzo no contaba con una buena adherencia de la matriz a continuación se detalla la conformación y compactación del material compuesto en la Figura 4-30, se procede a mezclar la matriz y el refuerzo para ser colocada en el molde de compactación posteriormente se aplica una presión a un tiempo estimado obteniendo el molde de probetas a tracción compresión y dureza , estas presiones establecidas en la Tabla 4-3 permiten que el refuerzo de cabuya se compacte adecuadamente ya que la cabuya al ser de fibra corta tiende a expandirse, una vez compactada la mezcla el sobrante de matriz tiende a salir por los agujeros de alivio.

Tabla 4-3 Presión y tiempo en Conformación del material compuesto.

	20%Látex - 80% Fibra de cabuya	30%Látex - 70% Fibra de cabuya	45%Látex - 55% Fibra de cabuya
Tracción	3000 psi – 4 min	3000 psi – 2 min	3000 psi – 1 min
Compresión	4000 psi – 6 min	4000 psi – 5 min	4000 psi – 2 min
Dureza	4000 psi – 6 min	4000 psi – 5 min	4000 psi – 2 min

Fuente: Autor

Vulcanización del material compuesto

El material compuesto una vez compactado es colocado al molde de compresión el mismo que será sellado para evitar que durante la vulcanización del material no se expanda, el material compuesto está sometido a una de temperatura de 400°C a un tiempo de 17 minutos para el molde a tracción y 27 minutos para el molde de dureza y compresión Figura 4-31. Los tiempos de vulcanización del material compuesto fueron determinados de manera visual con ayuda del pirómetro ya que se pudo obtener un vulcanizado eficiente.



Figura 4-30 Conformación del material compuesto
Fuente: Autor



Figura 4-31 Vulcanización del material compuesto
Fuente: Autor

Desmolde del material compuesto

El desmolde de la Figura 4-32 se lo efectuó con un tiempo de 1 hora y 30 minutos, debido a que el molde tenía que ser enfriado, una vez concluido este tiempo se procede a retirar las tuercas y la tapa para desmoldar el material.

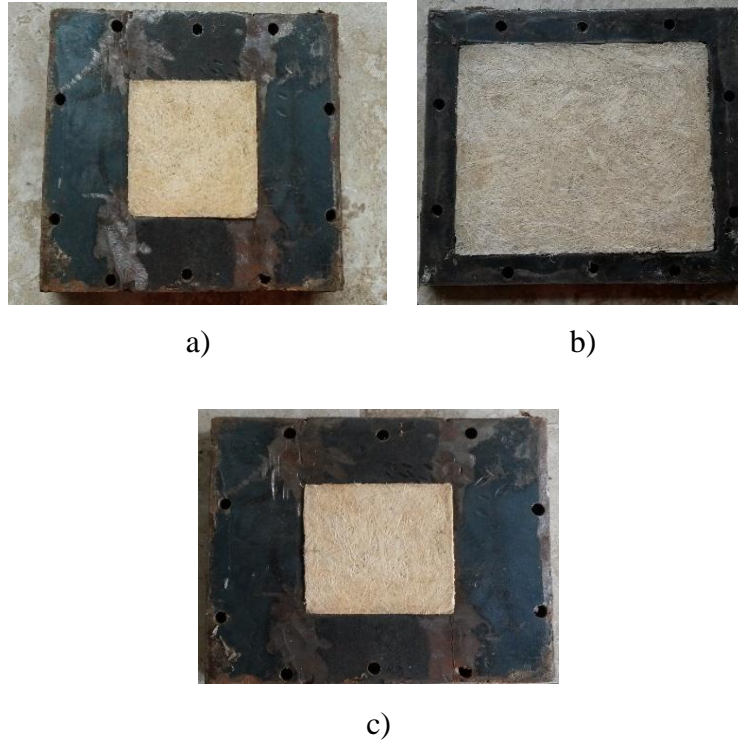


Figura 4-32 a) Material compuesto probetas a compresión, b) Material compuesto probetas a tracción, c) Material compuesto probetas dureza.

Fuente: Autor

Corte de las probetas

Una vez obtenido el material compuesto se procede a realizar la inspección de calidad correspondiente a cada probeta verificando si las probetas conformadas cuentan con las medidas especificadas anteriormente en la Tabla 4-2, posteriormente se realizó el corte de las probetas a tracción, compresión mediante corte laser acorde a las dimensiones establecidas en la norma UNE, Figura 4-33.

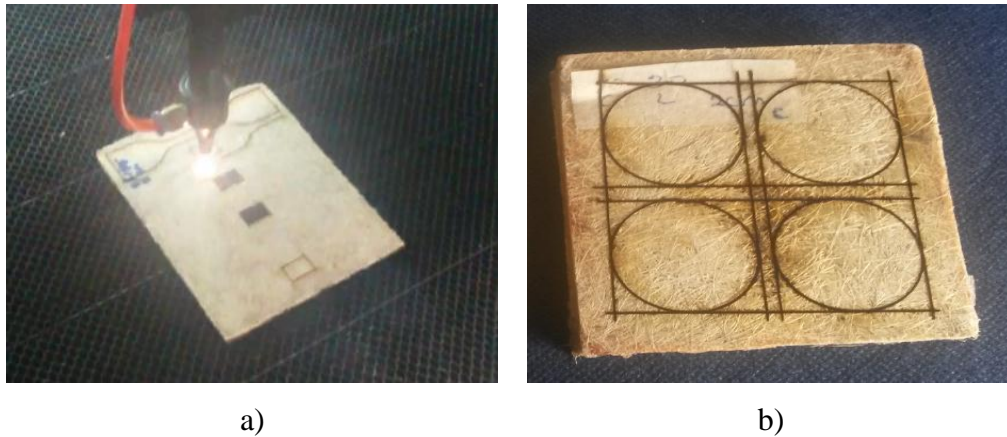


Figura 4-33 Corte de las probetas: a) probetas a tracción, b) Probetas a compresión
Fuente: Autor

La Figura 4-34 muestra las probetas que serán utilizadas para la obtención de las propiedades mecánicas mediante ensayos a tracción, compresión y dureza.



Figura 4-34 a) Probetas en forma Circular para ensayo a compresión, b) Probetas en forma cuadradas para ensayo de dureza, c) Probetas en forma halterio para ensayo a tracción.

Fuente: Autor

4.1.7 ENSAYOS DE LAS PROBETAS DEL MATERIAL COMPUESTO

Los ensayos establecidos en el presente trabajo se realizaran en base a la normativa UNE para obtener las propiedades mecánicas del material. Los ensayos de tracción y compresión se los realizara en El Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero ubicado en el sector Catiglata-La Península, calles Toronto y Rio de Janeiro, Ambato-Ecuador. Los ensayos de dureza se desarrollaran en los

laboratorios de la Facultad de Civil y Mecánica campus Huachi Chico mediante el Durómetro digital.

4.1.7.1 CODIFICACIÓN DE PROBETAS

Las probetas serán codificadas con números y arábigos agrupadas mediante la forma: I“(#)”

I-II-III: Representa los ensayos de tracción, compresión y dureza.

I: Tracción

20% látex (Matriz), 80% Fibra de cabuya (Refuerzo) (1-2cm).

30% látex (Matriz), 70% Fibra de cabuya (Refuerzo) (1-2cm).

45% látex (Matriz), 55% Fibra de cabuya (Refuerzo) (1-2cm).

II: Compresión

20% látex (Matriz), 80% Fibra de cabuya (Refuerzo) (1-2cm).

30% látex (Matriz), 70% Fibra de cabuya (Refuerzo) (1-2cm).

45% látex (Matriz), 55% Fibra de cabuya (Refuerzo) (1-2cm).

III: Dureza

20% látex (Matriz), 80% Fibra de cabuya (Refuerzo) (1-2cm).

30% látex (Matriz), 70% Fibra de cabuya (Refuerzo) (1-2cm).

45% látex (Matriz), 55% Fibra de cabuya (Refuerzo) (1-2cm).

(Número): el número permitir la identificación de las probetas agrupadas en conjuntos de 4 elementos para tracción y compresión y 1 de dureza.

(I-4), (II-4), (III-1): El caso I y II poseerá 4 probetas con su respectiva numeración y longitud de refuerzo, el caso III poseerá 1 probeta con su respectiva numeración y longitud de refuerzo.

4.1.7.2 ENSAYO A TRACCIÓN

El ensayo a tracción se realizara mediante la norma UNE 53510 descrita en la sección 2.1.5.1 y Anexo 1, el ensayo establece que debe realizarse con 3 probetas, se considera 1 probeta adicional por condiciones de setup al considerarse alguna contrariedad, el ensayo pretende encontrar resistencia en tracción, alargamiento a la ruptura, el esfuerzo a un alargamiento dado y el alargamiento a un esfuerzo dado, esfuerzo de tracción en el punto de fluencia parámetros que se encuentran establecidas por la norma.

4.1.7.3 ENSAYO A COMPRESIÓN

El ensayo a compresión se desarrollara mediante la norma UNE 53536 que se describe en la sección 2.1.5.2 y Anexo 2, para el desarrollo del ensayo de compresión se utilización 3 probetas para determinar la propiedad mecánica, se considera 1 probeta adicional por condiciones de setup al considerarse alguna contrariedad durante el ensayo, el ensayo se enfoca en encontrar el módulo de compresión del material compuesto.

4.1.7.4 ENSAYO DE DUREZA

El ensayo a dureza se realizó bajo la norma UNE-ISO 48 descrita en el apartado 2.1.5.3 y Anexo 3, el número de probetas a estudiar será de 1 ya que la norma describe que tiene efectuarse 3 puntos, se consideró 2 puntos adicionales por caso de setup en el ensayo del material compuesto.

4.1.8 RECOLECCIÓN DE DATOS

La recolección de datos obtenidos de los ensayos de tracción, compresión y dureza se los realiza mediante fichas técnicas que son realizados para cuantificar la información de las propiedades mecánicas a determinar.

4.1.8.1 TABULACIÓN DE DATOS OBTENIDOS EN EL ENSAYO A TRACCIÓN

Las siguientes fichas técnicas se detalla los resultados de los ensayos a tracción efectuados mediante a la norma UNE 53510 los mismo que se procederá a tabularlos y evaluarlos según cada caracterización del material compuesto.

4.1.8.2 TABULACIÓN DE DATOS OBTENIDOS EN EL ENSAYO A COMPRESIÓN





Los ensayos a compresión se muestran en fichas técnicas en las que se detalla sus resultados desarrollados mediante la norma UNE 53536 los que serán tabulados y evaluados según cada característica del material.

4.1.8.3 TABULACIÓN DE DATOS OBTENIDOS EN EL ENSAYO A DUREZA

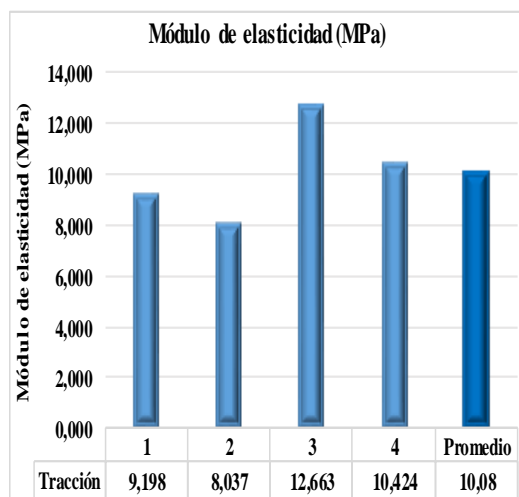
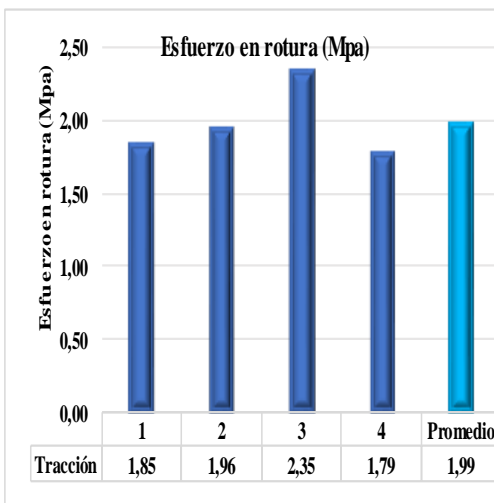
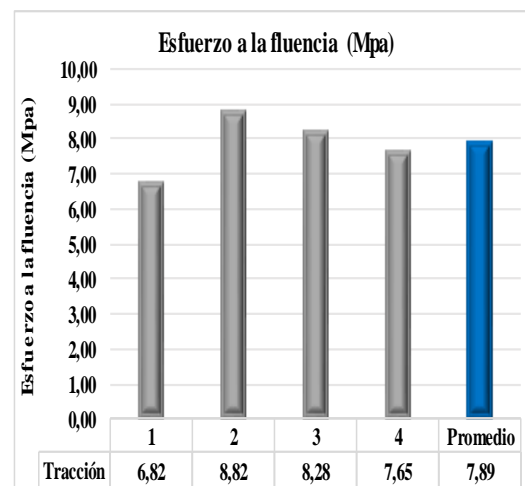
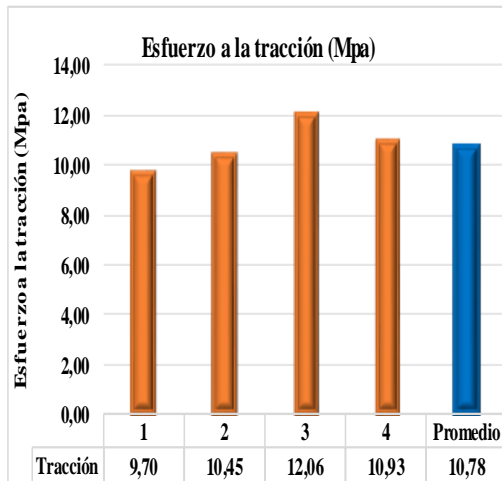
Los resultados de los ensayos a dureza realizados mediante la norma UNE-ISO 48 fueron tabulados en fichas técnicas para ser evaluados según cada característica del material.

Los ensayos realizados en el Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero se utilizó la normativa de tracción UNE 53510 y Compresión UNE 53536 las cuales fueron reemplazadas al ser actualizadas por la UNE-ISO 37 de tracción y UNE-ISO7743 de compresión, las dimensiones y fórmulas que contiene las normas vigentes no presentaron cambio que perjudicó al estudio.

Ficha Técnica 1. Ensayo a tracción material compuesto I (4) (20% Matriz Látex – 80% Refuerzo Cabuya)

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA						
FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL MATERIAL COMPUESTO (LÁTEX + FIBRA DE CABUYA)							
Fecha:	07/04/2019	Tipo de ensayo:	Tracción	Registro:	T-01		
Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero						
Norma:	Norma UNE-ISO 37						
Dimensiones:	115*6*2,4 espesor promedio mm						
Equipo:	Máquina de ensayos Universal polímeros Metrotest 50KN	Modelo:	MTE-50				
Velocidad del ensayo:	500 mm/min	Precarga:	0,1 N				
COMPOSICIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO							
Configuración:	1A	Tipo de Probeta:	Halterio				
Matriz:	Látex	Fracción Volumétrica:	20%				
Refuerzo:	Fibra de Cabuya	Fracción Volumétrica:	80%				
Orientación:	Al Azar	Dimensiones del refuerzo:	1cm				
Probetas:	4	Estratificación:	Compresión Manual				
RESULTADO DE LOS ENSAYOS							
Probeta N.	Tracción Máxima		Fluencia		Rotura		Módulo de elasticidad (MPa)
	Fuerza a la tracción (N)	Esfuerzo a la tracción (Mpa)	Fuerza a la fluencia (N)	Esfuerzo a la fluencia (Mpa)	Fuerza a la rotura (N)	Esfuerzo en rotura (Mpa)	
1	132,53	9,70	93,09	6,82	25,24	1,85	9,198
2	151,47	10,45	127,80	8,82	28,40	1,96	8,037
3	186,18	12,06	127,80	8,28	36,29	2,35	12,663
4	173,56	10,93	121,49	7,65	28,40	1,79	10,424
Promedio	160,94	10,78	117,55	7,89	29,58	1,99	10,08
Desv. Est.	23,76	0,986	16,572	0,859	4,713	0,252	1,978
PROBETAS ENSAYADAS							
							

GRAFICAS DE RESULTADOS



OBSERVACIÓN

- La matriz y refuerzo presentan una buena adherencia.
- Para determinar las propiedades a tracción se utilizó 4 probetas.
- Se aplicó una precarga de 0,1N con una velocidad de 500 mm/min.




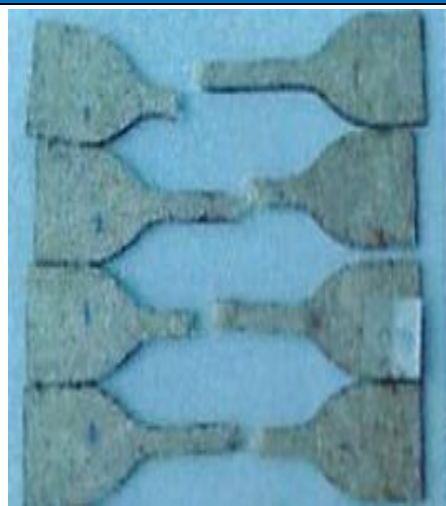
EVALUACIÓN

- El esfuerzo a la tracción promedio de tracción para este caso es de 10,78 Mpa.
- El esfuerzo a fluencia promedio es de 7,89 MPa.
- El esfuerzo en rotura promedio es de 1,99 MPa.
- El módulo de elasticidad promedio es de 10,08 MPa.

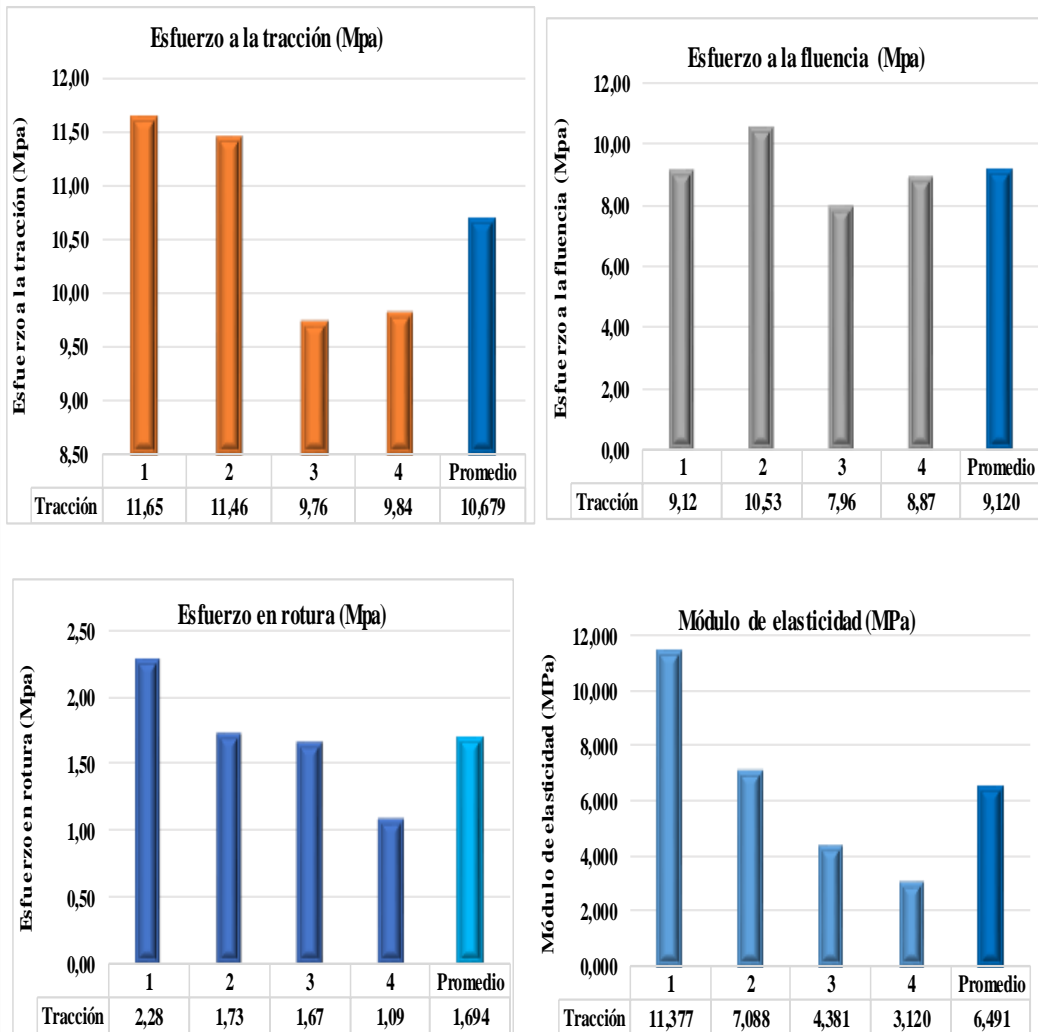
Elaborado por:	Sr. Alvaro Machado	Aprobado por:	Ing. Mg. Juan Paredes
Revisado por:	Ing. Esteban López	Validado por:	Ing. Mg. Juan Paredes

Fuente: (Autor)

Ficha Técnica 2. Ensayo a tracción material compuesto I (4) (30% Matriz Látex – 70% Refuerzo Cabuya)

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA						
FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL MATERIAL COMPUESTO (LÁTEX + FIBRA DE CABUYA)							
Fecha:	07/04/2019	Tipo de ensayo:	Tracción	Registro:	T-02		
Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero						
Norma:	Norma UNE-ISO 37						
Dimensiones:	115*6*2,05 espesor promedio mm						
Equipo:	Máquina de ensayos Universal polímeros Metrotest 50KN	Modelo:	MTE-50				
Velocidad del ensayo:	500 mm/min	Precarga:	0,1 N				
COMPOSICIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO							
Configuración:	1A	Tipo de Probeta:	Halterio				
Matriz:	Látex	Fracción Volumétrica:	30%				
Refuerzo:	Fibra de Cabuya	Fracción Volumétrica:	70%				
Orientación:	Al Azar	Dimensiones del refuerzo:	1cm				
Probetas:	4	Estratificación:	Compresión Manual				
RESULTADO DE LOS ENSAYOS							
Probeta N.	Tracción Máxima		Fluencia		Rotura		Módulo de elasticidad (MPa)
	Fuerza a la tracción (N)	Esfuerzo a la tracción (Mpa)	Fuerza a la fluencia (N)	Esfuerzo a la fluencia (Mpa)	Fuerza a la rotura (N)	Esfuerzo en rotura (Mpa)	
1	145,16	11,65	113,60	9,12	28,40	2,28	11,377
2	135,69	11,46	124,65	10,53	20,51	1,73	7,088
3	119,91	9,76	97,82	7,96	20,51	1,67	4,381
4	127,80	9,84	115,18	8,87	14,20	1,09	3,120
Promedio	132,140	10,679	112,813	9,120	20,905	1,694	6,491
Desv. Est.	10,809	1,015	11,122	1,062	5,815	0,485	3,653
PROBETAS ENSAYADAS							
							

GRAFICAS DE RESULTADOS



OBSERVACIÓN

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



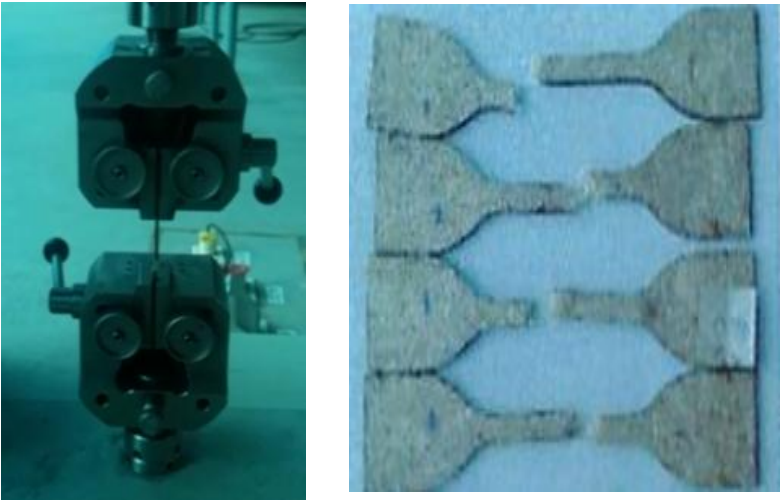
EVALUACIÓN

- El esfuerzo a la tracción promedio de tracción para este caso es de 10,679 MPa.
- El esfuerzo a fluencia promedio es de 9,120 MPa.
- El esfuerzo en rotura promedio es de 1,694 MPa.
- El módulo de elasticidad promedio es de 6,491 MPa.

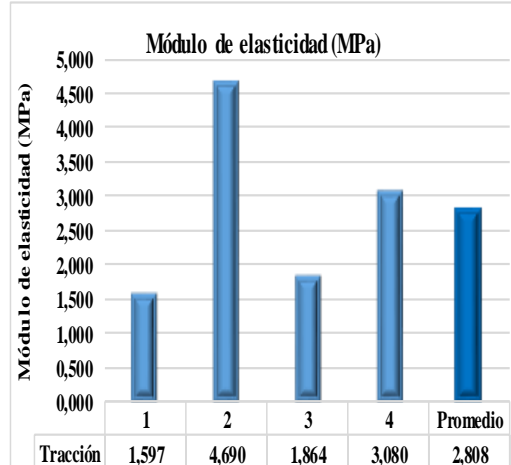
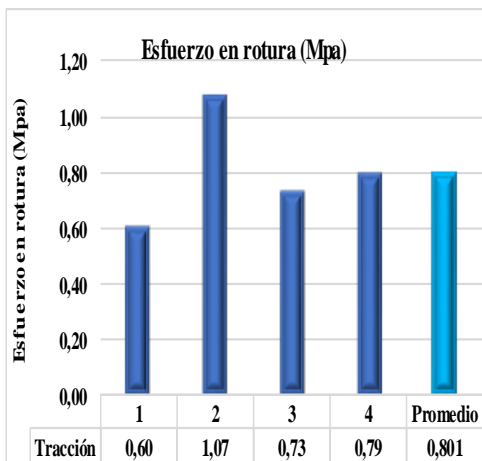
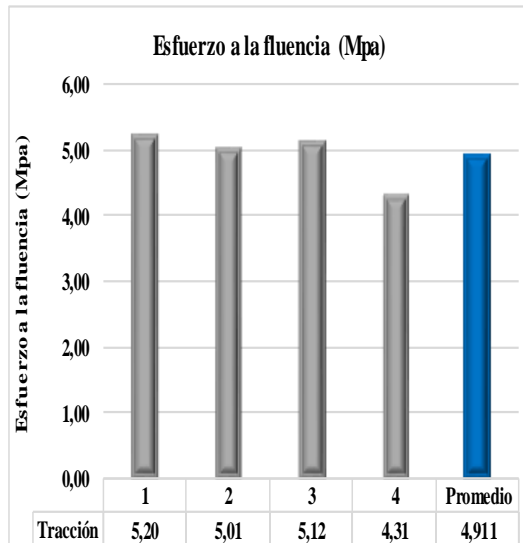
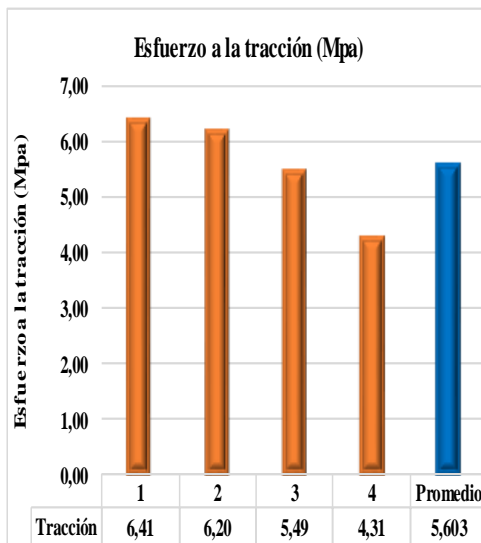
Elaborado por:	Sr. Alvaro Machado	Aprobado por:	Ing. Mg. Juan Paredes
Revisado por:	Ing. Esteban López	Validado por:	Ing. Mg. Juan Paredes

Fuente: Autor

Ficha Técnica 3. Ensayo a tracción material compuesto I (4) (45% Matriz Látex – 55% Refuerzo Cabuya)

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA						
FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL MATERIAL COMPUESTO (LÁTEX + FIBRA DE CABUYA)							
Fecha:	07/04/2019	Tipo de ensayo:	Tracción	Registro:	T-03		
Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero						
Norma:	Norma UNE-ISO 37						
Dimensiones:	115*6*2,05 espesor promedio mm						
Equipo:	Máquina de ensayos Universal polímeros Metrotest 50KN	Modelo:	MTE-50				
Velocidad del ensayo:	500 mm/min	Pre carga:	0,1 N				
COMPOSICIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO							
Configuración:	1A	Tipo de Probeta:	Halterio				
Matriz:	Látex	Fracción Volumétrica:	45%				
Refuerzo:	Fibra de Cabuya	Fracción Volumétrica:	55%				
Orientación:	Al Azar	Dimensiones del refuerzo:	1cm				
Probetas:	4	Estratificación:	Compresión Manual				
RESULTADO DE LOS ENSAYOS							
Probeta N.	Tracción Máxima		Fluencia		Rotura		Módulo de elasticidad (MPa)
	Fuerza a la tracción (N)	Esfuerzo a la tracción (Mpa)	Fuerza a la fluencia (N)	Esfuerzo a la fluencia (Mpa)	Fuerza a la rotura (N)	Esfuerzo en rotura (Mpa)	
1	83,62	6,41	67,84	5,20	7,89	0,60	1,597
2	82,04	6,20	66,27	5,01	14,20	1,07	4,690
3	71,00	5,49	66,27	5,12	9,47	0,73	1,864
4	59,96	4,31	59,96	4,31	11,04	0,79	3,080
Promedio	74,155	5,603	65,085	4,911	10,650	0,801	2,808
Desv. Est.	11,003	0,947	3,496	0,407	2,693	0,198	1,411
PROBETAS ENSAYADAS							
							

GRAFICAS DE RESULTADOS



OBSERVACIÓN

- Para el desarrollo del ensayo a tracción se utilizó 4 probetas con la presente configuración establecida en la misma ficha.
- La matriz y refuerzo formaron una adecuada adherencia.
- Las probetas no necesitaron de sobremontas ya que presente un buen acople con las mordazas del equipo.





EVALUACIÓN

- El esfuerzo a la tracción promedio de tracción para este caso es de 5,603 MPa.
- El esfuerzo a fluencia promedio es de 4,911 MPa.
- El esfuerzo en rotura promedio es de 0,801 MPa.
- El módulo de elasticidad promedio es de 2,808 MPa.

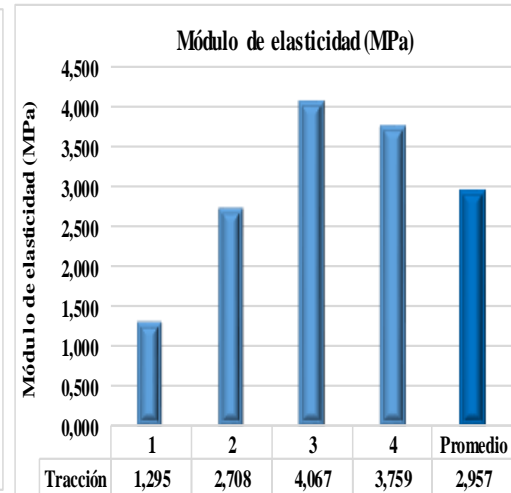
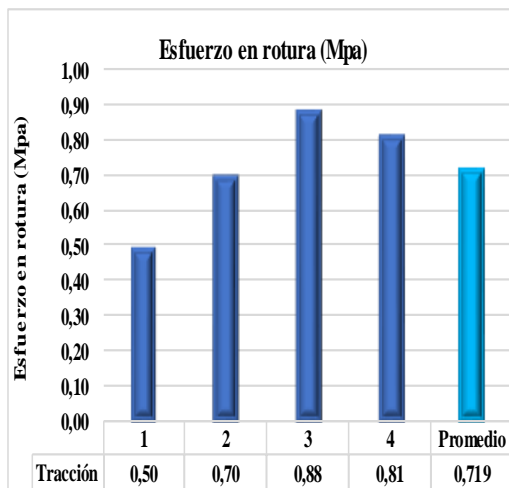
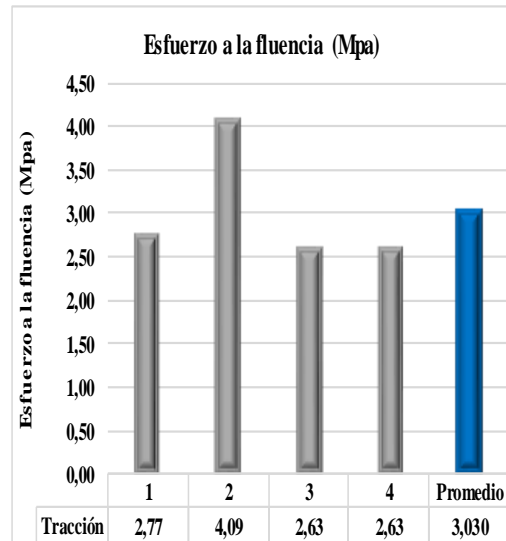
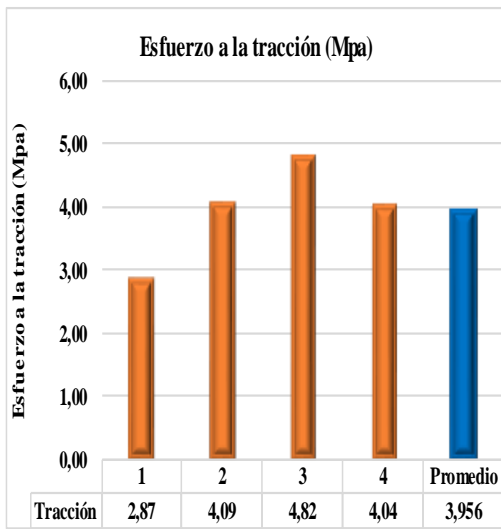
Elaborado por:	Sr. Alvaro Machado	Aprobado por:	Ing. Mg. Juan Paredes
Revisado por:	Ing. Esteban López	Validado por:	Ing. Mg. Juan Paredes

Fuente: Autor

Ficha Técnica 4. Ensayo a tracción material compuesto I (4) (20% Matriz Látex – 80% Refuerzo Cabuya)

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA						
FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL MATERIAL COMPUESTO (LÁTEX + FIBRA DE CABUYA)							
Fecha:	07/04/2019	Tipo de ensayo:	Tracción	Registro:	T-04		
Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero						
Norma:	Norma UNE-ISO 37						
Dimensiones:	115*6*2,5 espesor promedio mm						
Equipo:	Máquina de ensayos Universal polímeros Metrotest 50KN	Modelo:	MTE-50				
Velocidad del ensayo:	500 mm/min	Precarga:	0,1 N				
COMPOSICIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO							
Configuración:	1A	Tipo de Probeta:	Halterio				
Matriz:	Látex	Fracción Volumétrica:	20%				
Refuerzo:	Fibra de Cabuya	Fracción Volumétrica:	80%				
Orientación:	Al Azar	Dimensiones del refuerzo:	2cm				
Probetas:	4	Estratificación:	Compresión Manual				
RESULTADO DE LOS ENSAYOS							
Probeta N.	Tracción Máxima		Fluencia		Rotura		Módulo de elasticidad (MPa)
	Fuerza a la tracción (N)	Esfuerzo a la tracción (Mpa)	Fuerza a la fluencia (N)	Esfuerzo a la fluencia (Mpa)	Fuerza a la rotura (N)	Esfuerzo en rotura (Mpa)	
1	45,76	2,87	44,18	2,77	7,89	0,50	1,295
2	64,69	4,09	64,69	4,09	11,04	0,70	2,708
3	69,42	4,82	37,87	2,63	12,62	0,88	4,067
4	63,11	4,04	41,02	2,63	12,62	0,81	3,759
Promedio	60,745	3,956	46,940	3,030	11,043	0,719	2,957
Desv. Est.	10,343	0,804	12,110	0,710	2,230	0,166	1,252
PROBETAS ENSAYADAS							
							

GRAFICAS DE RESULTADOS



OBSERVACIÓN

- Los ensayo de tracción se desarrolló con la utilización de 4 probetas con su correspondiente configuración establecida en la presente ficha.
- Las probetas no necesitaron de sobremontas ya que presento un buen agarre.
- Su matriz y refuerzo no presento ningún inconveniente ya que presento una buena adherencia.



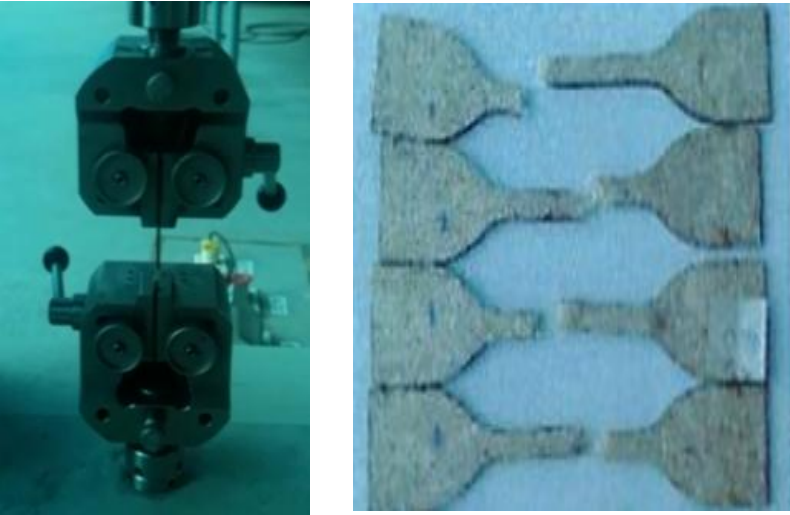
EVALUACIÓN

- El esfuerzo a la tracción promedio de tracción para este caso es de 3,956 MPa.
- El esfuerzo a fluencia promedio es de 3,030 MPa.
- El esfuerzo en rotura promedio es de 0,719 MPa.
- El módulo de elasticidad promedio es de 2,957 MPa.

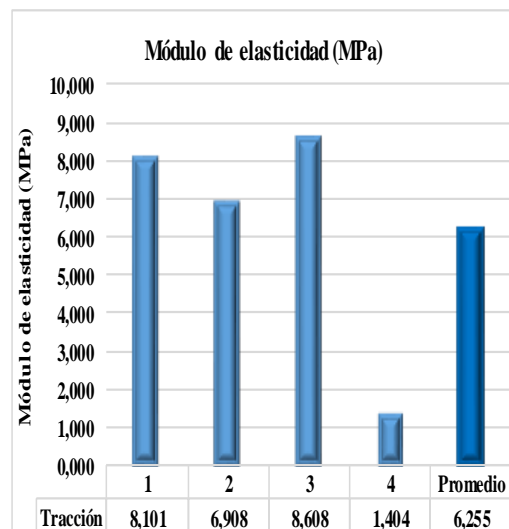
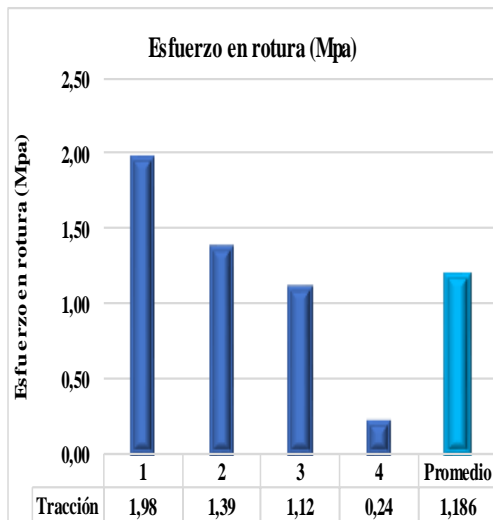
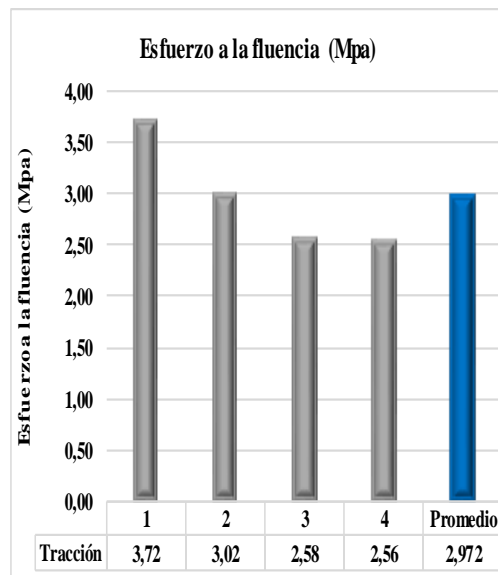
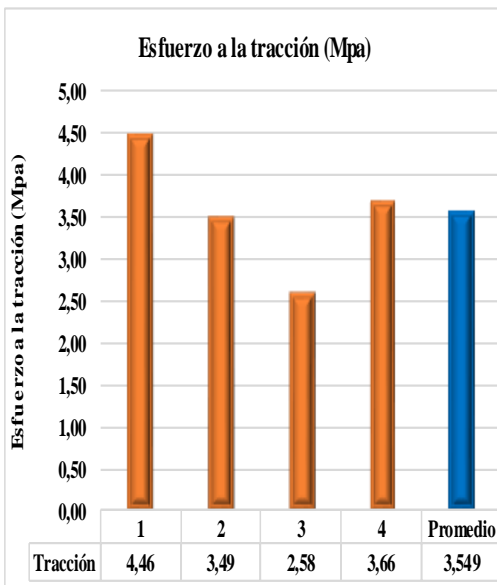
Elaborado por:	Sr. Alvaro Machado	Aprobado por:	Ing. Mg. Juan Paredes
Revisado por:	Ing. Esteban López	Validado por:	Ing. Mg. Juan Paredes

Fuente: Auto

Ficha Técnica 5. Ensayo a tracción material compuesto I (4) (30% Matriz Látex – 70% Refuerzo Cabuya)

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA						
FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL MATERIAL COMPUESTO (LÁTEX + FIBRA DE CABUYA)							
Fecha:	07/04/2019	Tipo de ensayo:	Tracción	Registro:	T-05		
Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero						
Norma:	Norma UNE-ISO 37						
Dimensiones:	115*6*2,2 espesor promedio mm						
Equipo:	Máquina de ensayos Universal polímeros Metrotest 50KN	Modelo:	MTE-50				
Velocidad del ensayo:	500 mm/min	Precarga:	0,1 N				
COMPOSICIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO							
Configuración:	1A	Tipo de Probeta:	Halterio				
Matriz:	Látex	Fracción Volumétrica:	30%				
Refuerzo:	Fibra de Cabuya	Fracción Volumétrica:	70%				
Orientación:	Al Azar	Dimensiones del refuerzo:	2cm				
Probetas:	4	Estratificación:	Compresión Manual				
RESULTADO DE LOS ENSAYOS							
Probeta N.	Tracción Máxima		Fluencia		Rotura		Módulo de elasticidad (MPa)
	Fuerza a la tracción (N)	Esfuerzo a la tracción (Mpa)	Fuerza a la fluencia (N)	Esfuerzo a la fluencia (Mpa)	Fuerza a la rotura (N)	Esfuerzo en rotura (Mpa)	
1	56,80	4,46	47,33	3,72	25,24	1,98	8,101
2	47,33	3,49	41,02	3,02	18,93	1,39	6,908
3	36,29	2,58	36,29	2,58	15,78	1,12	8,608
4	47,33	3,66	33,13	2,56	3,15	0,24	1,404
Promedio	46,938	3,549	39,443	2,972	15,775	1,186	6,255
Desv. Est.	8,385	0,771	6,178	0,541	9,290	0,724	3,312
PROBETAS ENSAYADAS							
							

GRAFICAS DE RESULTADOS



OBSERVACIÓN

- La conformación de la matriz y refuerzo presento una buena adherencia.
- Para el desarrollo del ensayo se utilizó 4 probetas.
- No se utilizó sobremonta ya que el material presento una adecuada sujeción.




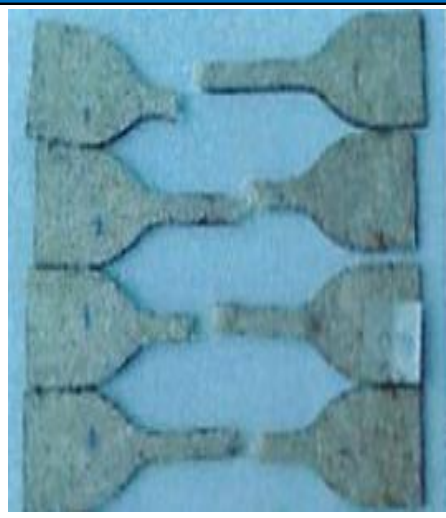
EVALUACIÓN

- El esfuerzo a la tracción promedio de tracción para este caso es de 3,549 MPa.
- El esfuerzo a fluencia promedio es de 2,972 MPa.
- El esfuerzo en rotura promedio es de 1,186 MPa.
- El módulo de elasticidad promedio es de 6,255 MPa.

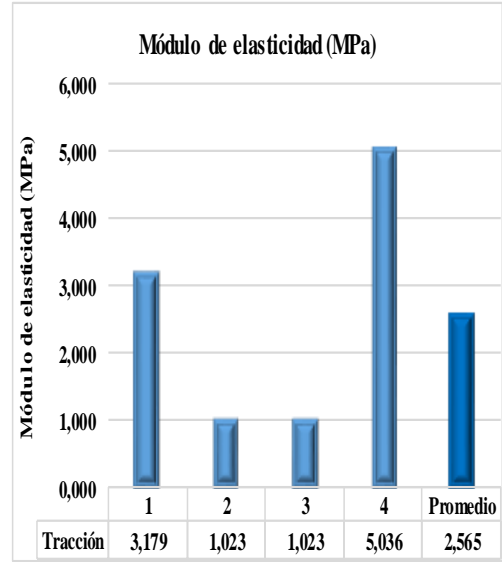
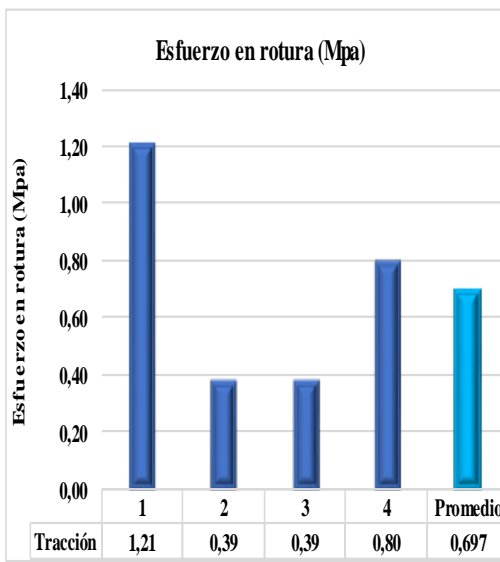
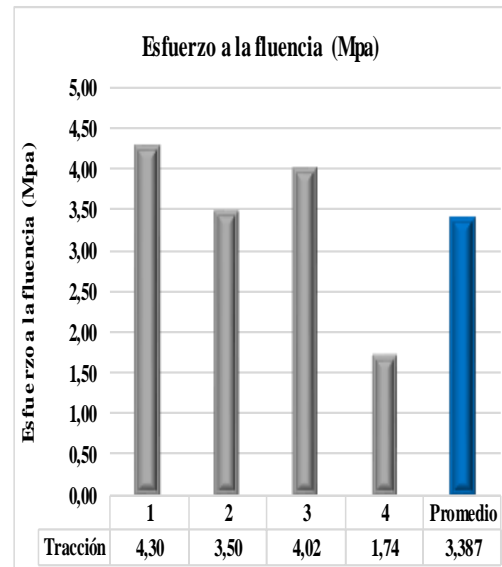
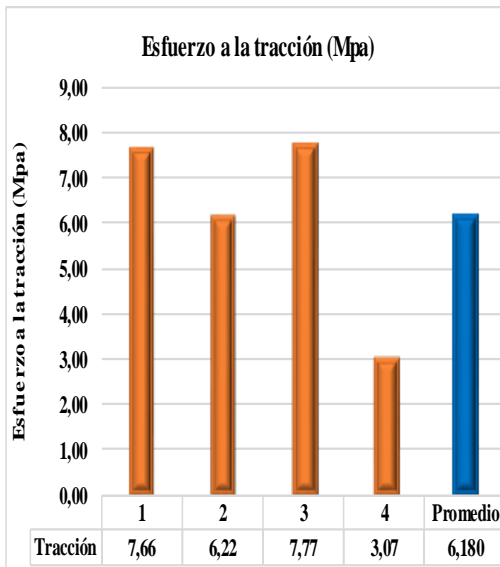
Elaborado por:	Sr. Alvaro Machado	Aprobado por:	Ing. Mg. Juan Paredes
Revisado por:	Ing. Esteban López	Validado por:	Ing. Mg. Juan Paredes

Fuente: Autor

Ficha Técnica 6. Ensayo a tracción material compuesto I (4) (45% Matriz Látex – 55% Refuerzo Cabuya)

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA						
FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL MATERIAL COMPUESTO (LÁTEX + FIBRA DE CABUYA)							
Fecha:	07/04/2019	Tipo de ensayo:	Tracción	Registro:	T-06		
Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero						
Norma:	Norma UNE-ISO 37						
Dimensiones:	115*6*2 espesor promedio mm						
Equipo:	Máquina de ensayos Universal polímeros Metrotest 50KN	Modelo:	MTE-50				
Velocidad del ensayo:	500 mm/min	Precarga:	0,1 N				
COMPOSICIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO							
Configuración:	1A	Tipo de Probeta:	Halterio				
Matriz:	Látex	Fracción Volumétrica:	45%				
Refuerzo:	Fibra de Cabuya	Fracción Volumétrica:	55%				
Orientación:	Al Azar	Dimensiones del refuerzo:	2cm				
Probetas:	4	Estratificación:	Compresión Manual				
RESULTADO DE LOS ENSAYOS							
Probeta N.	Tracción Máxima		Fluencia		Rotura		Módulo de elasticidad (MPa)
	Fuerza a la tracción (N)	Esfuerzo a la tracción (Mpa)	Fuerza a la fluencia (N)	Esfuerzo a la fluencia (Mpa)	Fuerza a la rotura (N)	Esfuerzo en rotura (Mpa)	
1	89,93	7,66	50,49	4,30	14,20	1,21	3,179
2	75,73	6,22	42,60	3,50	4,73	0,39	1,023
3	94,67	7,77	48,91	4,02	4,73	0,39	1,023
4	36,29	3,07	20,51	1,74	9,47	0,80	5,036
Promedio	74,155	6,180	40,628	3,387	8,283	0,697	2,565
Desv. Est.	26,495	2,191	13,838	1,150	4,534	0,393	1,936
PROBETAS ENSAYADAS							
							

GRAFICAS DE RESULTADOS



OBSERVACIÓN

- La matriz y refuerzo presento una buena adherencia en el material compuesto.
- Para el desarrollo del ensayo se utilizó 4 probetas.
- No se utilizó sobremonta ya que el material presento una adecuada sujeción.





EVALUACIÓN

- El esfuerzo a la tracción promedio de tracción para este caso es de 6,180 MPa.
- El esfuerzo a fluencia promedio es de 3,387MPa.
- El esfuerzo en rotura promedio es de 0,697 MPa.
- El módulo de elasticidad promedio es de 2,565 MPa.

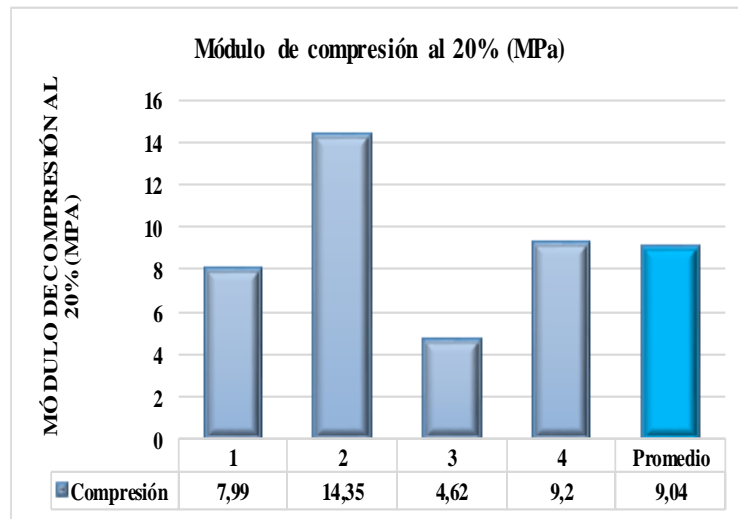
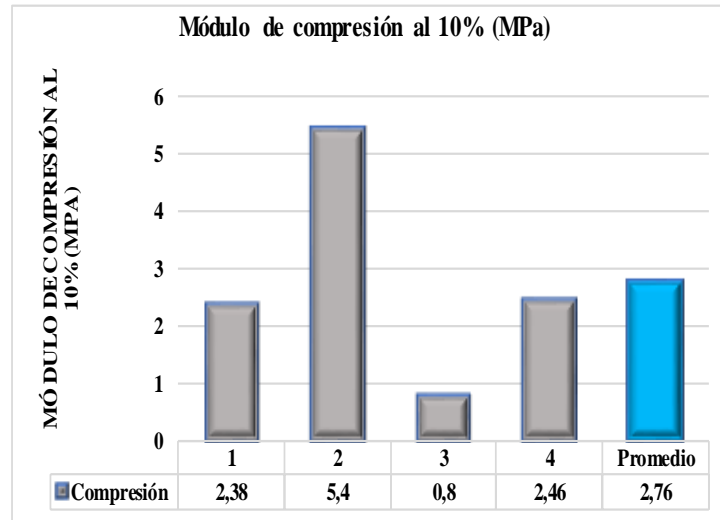
Elaborado por:	Sr. Alvaro Machado	Aprobado por:	Ing. Mg. Juan Paredes
Revisado por:	Ing. Esteban López	Validado por:	Ing. Mg. Juan Paredes

Fuente: Autor

Ficha Técnica 7. Ensayo a compresión material compuesto II (4) (20% Matriz Látex – 80% Refuerzo Cabuya)

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL MATERIAL COMPUESTO (LÁTEX + FIBRA DE CABUYA)				
Fecha:	07/04/2019	Tipo de ensayo:	Compresión	Registro: C-01
Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero			
Norma:	Norma UNE-ISO 7743			
Dimensiones:	Ø29*12,7 espesor promedio mm			
Equipo:	Máquina de ensayos Universal polímeros Metrotest	Modelo:	50KN	
Velocidad del ensayo:	10 mm/min	Precarga:	50 N	
COMPOSICIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO				
Configuración:	1A	Tipo de Probeta:	Cilíndrica	
Matriz:	Látex	Fracción Volumétrica:	20%	
Refuerzo:	Fibra de Cabuya	Fracción Volumétrica:	80%	
Orientación:	Al Azar	Dimensiones del refuerzo:	1cm	
Probetas:	4	Estratificación:	Compresión Manual	
RESULTADO DE LOS ENSAYOS				
Probeta N.	Fuerza 10%(N)	Fuerza 20%(N)	Módulo de compresión al 10% (MPa)	Módulo de compresión al 20% (MPa)
1	156,20	1050,59	2,38	7,99
2	367,30	1950,58	5,40	14,35
3	52,07	601,62	0,80	4,62
4	156,20	1167,97	2,46	9,20
Promedio	182,94	1192,69	2,76	9,04
Desv. Est.	132,35	561,12	1,92	4,03
PROBETAS ENSAYADAS				
				





GRAFICAS DE RESULTADOS



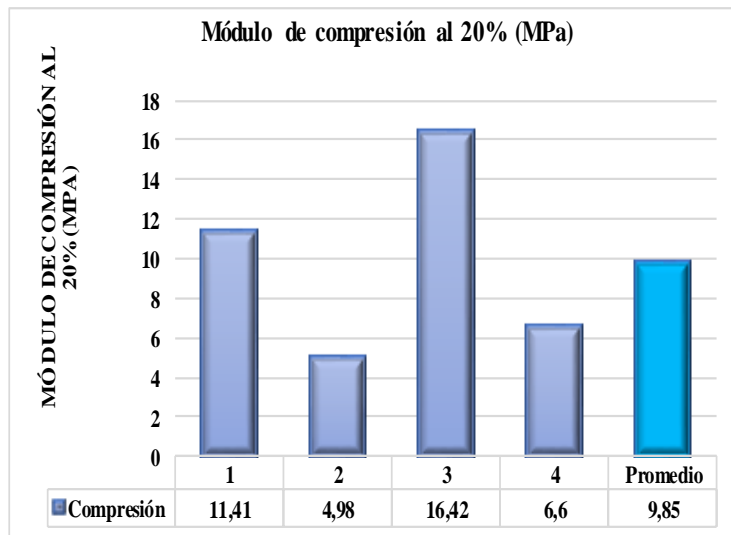
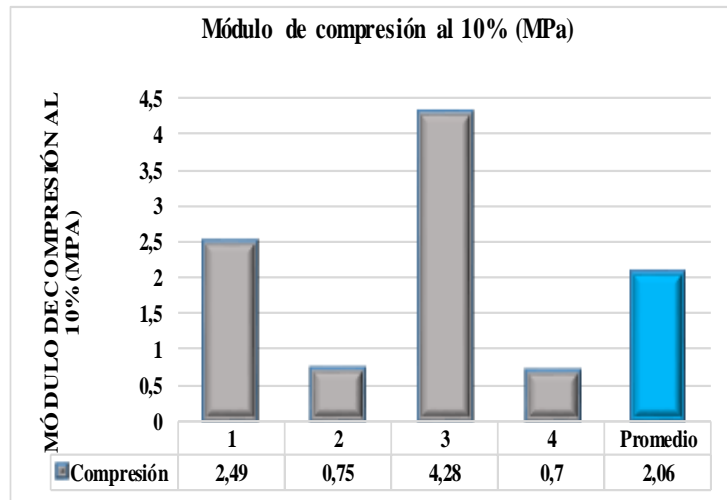
OBSERVACIÓN	EVALUACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> Las probetas de compresión presentaron una buena adherencia entre la matriz y refuerzo que las conforma. Mediante el ensayo de compresión se determinó el módulo de compresión al 10% y 20% de deformación. Se utilizó 4 probetas circulares mediante Normativa UNE. 	<ul style="list-style-type: none"> El módulo de compresión al 10% de deformación obtuvo un promedio es de 2,76 MPa. El módulo de compresión al 20% de deformación obtuvo un promedio es de 9,04 MPa.
Elaborado por: Sr. Alvaro Machado	Aprobado por: Ing. Mg. Juan Paredes
Revisado por: Ing. Esteban López	Validado por: Ing. Mg. Juan Paredes

Fuente: Autor

Ficha Técnica 8. Ensayo a compresión material compuesto II (4) (30% Matriz Látex – 70% Refuerzo Cabuya)

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL MATERIAL COMPUESTO (LÁTEX + FIBRA DE CABUYA)				
Fecha:	07/04/2019	Tipo de ensayo:	Compresión	Registro: C-02
Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero			
Norma:	Norma UNE-ISO 7743			
Dimensiones:	Ø29*12,75 espesor promedio mm			
Equipo:	Máquina de ensayos Universal polímeros Metrotest	Modelo:	50KN	
Velocidad del ensayo:	10 mm/min	Precarga:	50 N	
COMPOSICIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO				
Configuración:	2A	Tipo de Probeta:	Cilíndrica	
Matriz:	Látex	Fracción Volumétrica:	30%	
Refuerzo:	Fibra de Cabuya	Fracción Volumétrica:	70%	
Orientación:	Al Azar	Dimensiones del refuerzo:	1cm	
Probetas:	4	Estratificación:	Compresión Manual	
RESULTADO DE LOS ENSAYOS				
Probeta N.	Fuerza 10%(N)	Fuerza 20%(N)	Módulo de compresión al 10% (MPa)	Módulo de compresión al 20% (MPa)
1	160,94	1473,32	2,49	11,41
2	45,76	605,78	0,75	4,98
3	285,88	2191,36	4,28	16,42
4	45,76	866,75	0,70	6,60
Promedio	134,59	1284,30	2,06	9,85
Desv. Est.	114,55	705,51	1,70	5,16
PROBETAS ENSAYADAS				
				





GRAFICAS DE RESULTADOS



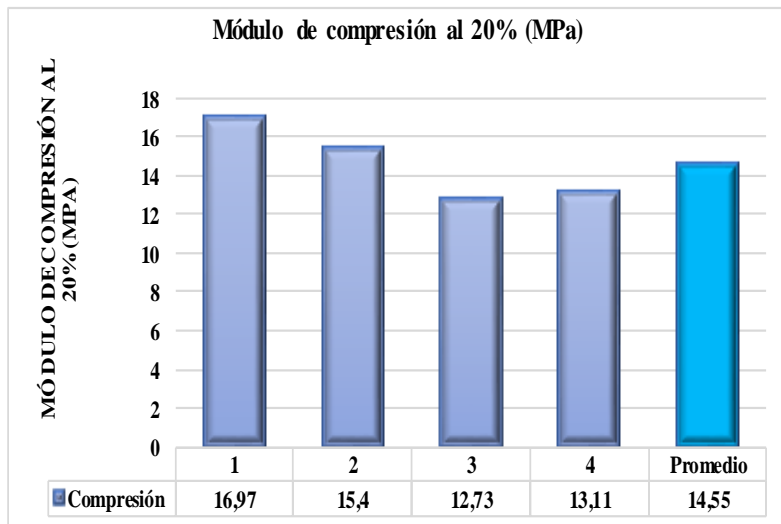
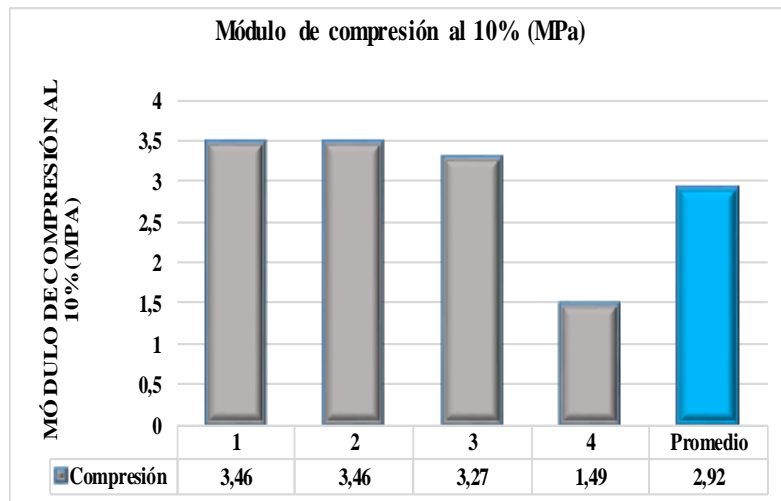
OBSERVACIÓN	EVALUACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> El ensayo realizado se determinó el módulo de compresión al 10% y 20% de deformación para cada caso. El ensayo de compresión fue sometido a 4 probetas. Las probetas contiene una adecuada adherencia entre la matriz y refuerzo permitiendo que se cumpla adecuadamente el estudio de sus propiedades. 	<ul style="list-style-type: none"> El módulo de compresión al 10% de deformación obtuvo un promedio de 2,06 MPa. El módulo de compresión al 20% de deformación obtuvo un promedio de 9,85 MPa.
Elaborado por: Sr. Alvaro Machado	Aprobado por: Ing. Mg. Juan Paredes
Revisado por: Ing. Esteban López	Validado por: Ing. Mg. Juan Paredes

Fuente: Autor

Ficha Técnica 9. Ensayo a compresión material compuesto II (4) (45% Matriz Látex – 55% Refuerzo Cabuya)

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL MATERIAL COMPUESTO (LÁTEX + FIBRA DE CABUYA)						
Fecha:	07/04/2019	Tipo de ensayo:	Compresión	Registro:	C-03	
Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero					
Norma:	Norma UNE-ISO 7743					
Dimensiones:	Ø29*12,45 espesor promedio mm					
Equipo:	Máquina de ensayos Universal polímeros Metrotest			Modelo:	50KN	
Velocidad del ensayo:	10 mm/min	Precarga:	50 N			
COMPOSICIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO						
Configuración:	3A	Tipo de Probeta:	Cilíndrica			
Matriz:	Látex	Fracción Volumétrica:	45%			
Refuerzo:	Fibra de Cabuya	Fracción Volumétrica:	55%			
Orientación:	Al Azar	Dimensiones del refuerzo:	1cm			
Probetas:	4	Estratificación:	Compresión Manual			
RESULTADO DE LOS ENSAYOS						
Probeta N.	Fuerza 10%(N)	Fuerza 20%(N)	Módulo de compresión al 10% (MPa)	Módulo de compresión al 20% (MPa)		
1	227,20	2225,81	3,46	16,97		
2	227,69	2025,56	3,46	15,40		
3	213,00	1658,78	3,27	12,73		
4	99,40	1745,25	1,49	13,11		
Promedio	191,82	1913,85	2,92	14,55		
Desv. Est.	61,99	260,31	0,96	1,99		
PROBETAS ENSAYADAS						
						





GRAFICAS DE RESULTADOS



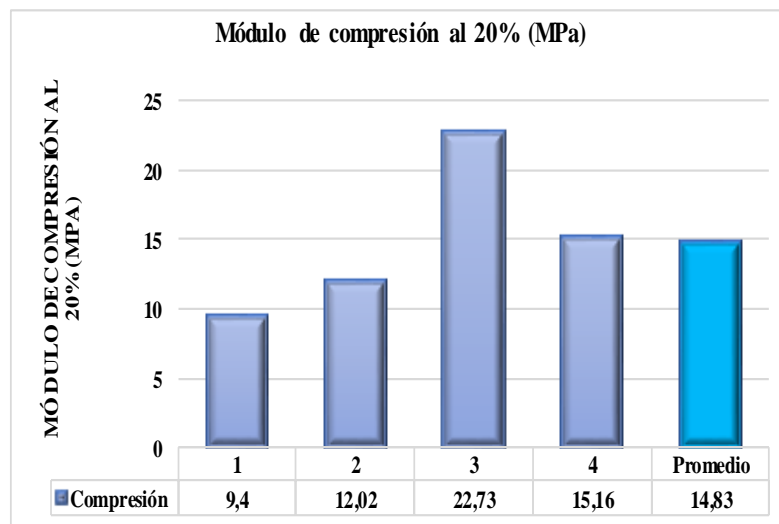
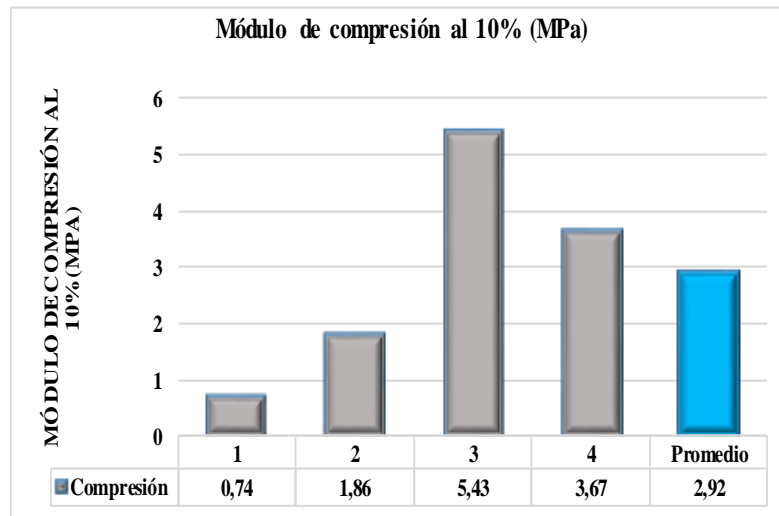
OBSERVACIÓN	EVALUACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> Por normativa se determinó el módulo de compresión al 10% y 20% de deformación. Las probetas analizadas presentan una buena adherencia entre la matriz y refuerzo. Se realizó el ensayo con 4 probetas para la obtención de los resultados del ensayo a compresión. 	<ul style="list-style-type: none"> El módulo de compresión al 10% de deformación presenta un promedio grupal de 2,92 MPa. El módulo de compresión al 20% de deformación presenta un promedio grupal de 14,55 MPa.
Elaborado por: Sr. Alvaro Machado	Aprobado por: Ing. Mg. Juan Paredes
Revisado por: Ing. Esteban López	Validado por: Ing. Mg. Juan Paredes

Fuente: Autor

Ficha Técnica 10. Ensayo a compresión material compuesto II (4) (20% Matriz Látex – 80% Refuerzo Cabuya)

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL MATERIAL COMPUESTO (LÁTEX + FIBRA DE CABUYA)					
Fecha:	07/04/2019	Tipo de ensayo:	Compresión	Registro:	C-04
Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero				
Norma:	Norma UNE-ISO 7743				
Dimensiones:	Ø29*13espesor promedio mm				
Equipo:	Máquina de ensayos Universal polímeros Metrotest	Modelo:	50KN		
Velocidad del ensayo:	10 mm/min	Precarga:	50 N		
COMPOSICIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO					
Configuración:	4B	Tipo de Probeta:	Cilíndrica		
Matriz:	Látex	Fración Volumétrica:	20%		
Refuerzo:	Fibra de Cabuya	Fración Volumétrica:	80%		
Orientación:	Al Azar	Dimensiones del refuerzo:	2cm		
Probetas:	4	Estratificación:	Compresión Manual		
RESULTADO DE LOS ENSAYOS					
Probeta N.	Fuerza 10%(N)	Fuerza 20%(N)	Módulo de compresión al 10% (MPa)	Módulo de compresión al 20% (MPa)	
1	48,91	1247,58	0,74	9,40	
2	121,49	1574,04	1,86	12,02	
3	353,43	2957,01	5,43	22,73	
4	243,45	2010,45	3,67	15,16	
Promedio	191,82	1947,27	2,92	14,83	
Desv. Est.	134,35	742,17	2,06	5,77	
PROBETAS ENSAYADAS					
					





GRAFICAS DE RESULTADOS



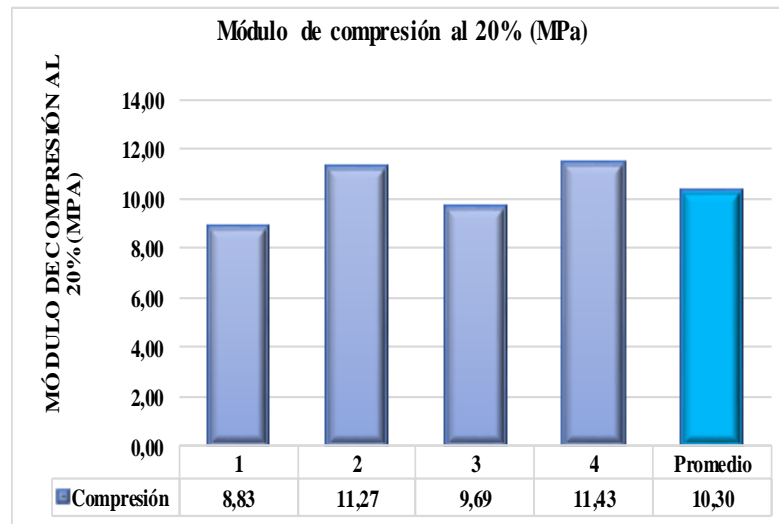
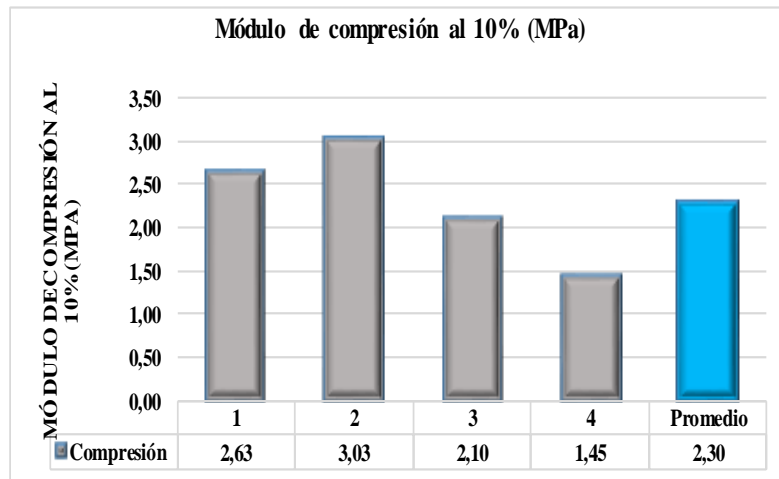
OBSERVACIÓN	EVALUACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> Se determinaron los módulos de compresión al 10% y 20% de deformación establecido en la norma. Las probetas presentan una buena adherencia entre matriz y refuerzo permitiendo efectuar el ensayo. Se realizó el ensayo con 4 probetas para la obtención de los resultados del ensayo a compresión. 	<ul style="list-style-type: none"> El módulo de compresión al 10% de deformación obtuvo un promedio grupal de 2,92 MPa. El módulo de compresión al 20% de deformación máximo obtuvo un promedio grupal de 14,83 MPa.
Elaborado por: Sr. Alvaro Machado	Aprobado por: Ing. Mg. Juan Paredes
Revisado por: Ing. Esteban López	Validado por: Ing. Mg. Juan Paredes

Fuente: Autor

Ficha Técnica 11. Ensayo a compresión material compuesto I (4) (30% Matriz Látex – 70% Refuerzo Cabuya)

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL MATERIAL COMPUESTO (LÁTEX + FIBRA DE CABUYA)				
Fecha:	07/04/2019	Tipo de ensayo: Compresión	Registro: C-05	
Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero			
Norma:	Norma UNE-ISO 7743			
Dimensiones:	Ø29*12,6 espesor promedio mm			
Equipo:	Máquina de ensayos Universal polímeros Metrotest	Modelo:	50KN	
Velocidad del ensayo:	10 mm/min	Precarga:	50 N	
COMPOSICIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO				
Configuración: 5B	Tipo de Probeta:	Cilíndrica		
Matriz: Látex	Fración Volumétrica:	30%		
Refuerzo: Fibra de Cabuya	Fración Volumétrica:	70%		
Orientación: Al Azar	Dimensiones del refuerzo:	2cm		
Probetas: 4	Estratificación:	Compresión Manual		
RESULTADO DE LOS ENSAYOS				
Probeta N.	Fuerza 10%(N)	Fuerza 20%(N)	Módulo de compresión al 10% (MPa)	Módulo de compresión al 20% (MPa)
1	178,29	1198,58	2,63	8,83
2	181,45	1348,78	3,03	11,27
3	140,42	1295,45	2,10	9,69
4	96,25	1522,45	1,45	11,43
Promedio	149,10	1341,32	2,30	10,30
Desv. Est.	39,86	135,82	0,69	1,26
PROBETAS ENSAYADAS				
				





GRAFICAS DE RESULTADOS



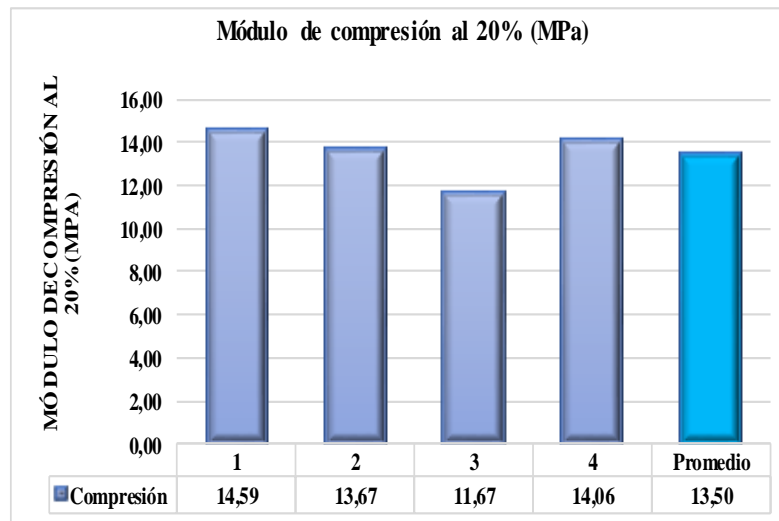
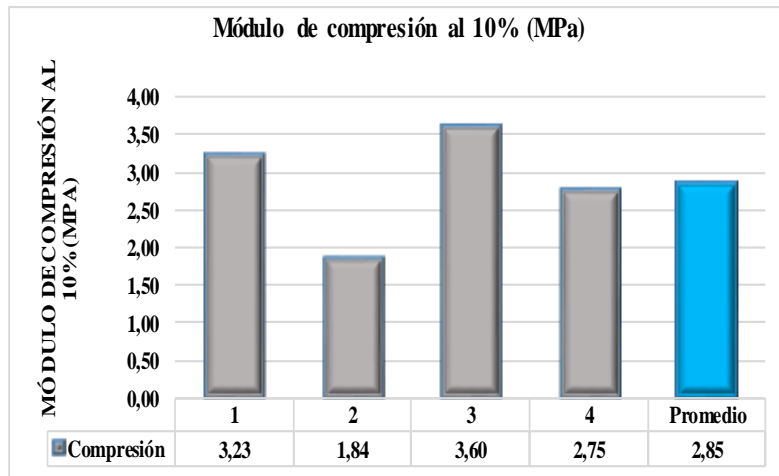
OBSERVACIÓN		EVALUACIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> El ensayo de compresión determino los módulos de compresión al 10% y 20% de deformación. Las probetas del grupo a analizar presentaron una buena adherencia entre matriz y refuerzo. Para la determinación de las propiedades mecánicas se utilizó 4 probetas. 		<ul style="list-style-type: none"> El módulo de compresión al 10% de deformación obtuvo un promedio grupal 2,30 MPa. El módulo de compresión al 20% de deformación obtuvo un promedio grupal de 10,30 MPa. 	
Elaborado por:	Sr. Alvaro Machado	Aprobado por:	Ing. Mg. Juan Paredes
Revisado por:	Ing. Esteban López	Validado por:	Ing. Mg. Juan Paredes

Fuente: Autor

Ficha Técnica 12. Ensayo a compresión material compuesto II (4) (45% Matriz Látex – 55% Refuerzo Cabuya)

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL MATERIAL COMPUESTO (LÁTEX + FIBRA DE CABUYA)				
Fecha:	07/04/2019	Tipo de ensayo:	Compresión	
Registro:	C-06			
Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero			
Norma:	Norma UNE-ISO 7743			
Dimensiones:	Ø29*12,9 espesor promedio mm			
Equipo:	Máquina de ensayos Universal polímeros Metrotest	Modelo:	50KN	
Velocidad del ensayo:	10 mm/min	Precarga:	50 N	
COMPOSICIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO				
Configuración:	6B	Tipo de Probeta:	Cilíndrica	
Matriz:	Látex	Fración Volumétrica:	45%	
Refuerzo:	Fibra de Cabuya	Fración Volumétrica:	55%	
Orientación:	Al Azar	Dimensiones del refuerzo:	2cm	
Probetas:	4	Estratificación:	Compresión Manual	
RESULTADO DE LOS ENSAYOS				
Probeta N.	Fuerza 10%(N)	Fuerza 20%(N)	Módulo de compresión al 10% (MPa)	Módulo de compresión al 20% (MPa)
1	205,11	1854,45	3,23	14,59
2	104,13	1548,78	1,84	13,67
3	230,36	1495,45	3,60	11,67
4	183,02	1869,78	2,75	14,06
Promedio	180,66	1692,12	2,85	13,50
Desv. Est.	54,56	197,60	0,76	1,27
PROBETAS ENSAYADAS				
				




GRAFICAS DE RESULTADOS



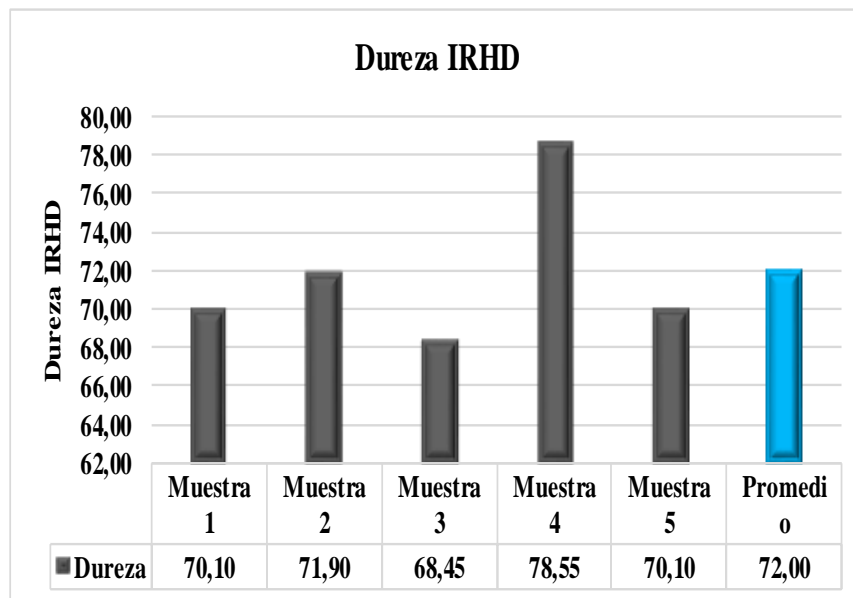
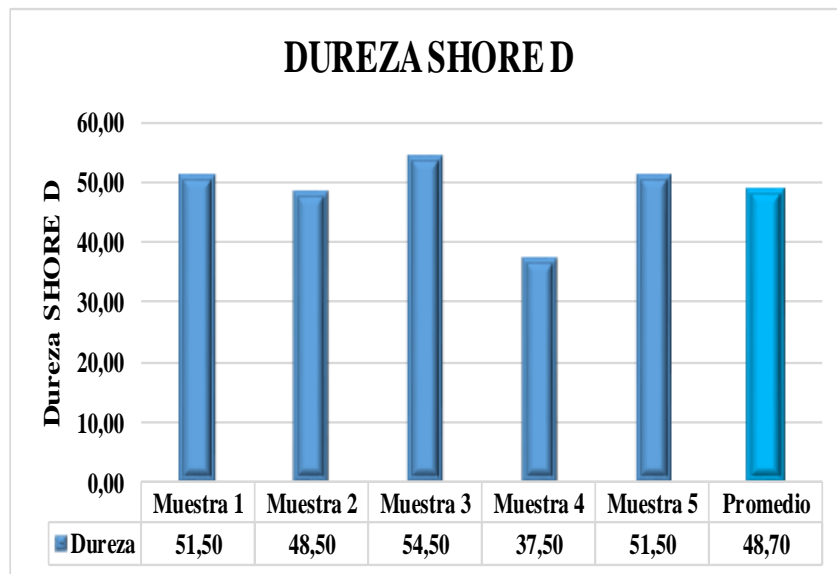
OBSERVACIÓN	EVALUACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> Se realizaron 4 compactaciones de forma cíclica tomando como dato final el número 4. La matriz y refuerzo presentaron una buena adherencia. Las probetas para este ensayo se las realizo de manera circular por norma con un total de 4 probetas por cada configuración. 	<ul style="list-style-type: none"> El módulo de compresión al 10% de deformación obtuvo un promedio grupal de 2,85 MPa. El módulo de compresión al 20% de deformación obtuvo un promedio grupal de 13,50 MPa.
Elaborado por: Sr. Alvaro Machado	Aprobado por: Ing. Mg. Juan Paredes
Revisado por: Ing. Esteban López	Validado por: Ing. Mg. Juan Paredes

Fuente: Autor

Ficha Técnica 13. Ensayo de Dureza material compuesto III (1) (20% Matriz Látex – 80% Refuerzo Cabuya)

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL MATERIAL COMPUESTO (LÁTEX + FIBRA DE CABUYA)			
Fecha:	07/04/2019	Tipo de ensayo:	Dureza Registro: D-01
Laboratorio:	Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Mecánica. FICM-UTA		
Norma:	Norma UNE-ISO 48		
Dimensiones:	80*75* 10,2 mm		
Equipo:	Durometro Digital (Shore D)	Modelo:	16HDM002-D100HD-06
Temperatura:	17°C	Iluminación:	Luz Natural
COMPOSICIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO			
Configuración:	1A	Tipo de Probeta:	Cuadrada
Matriz:	Látex	Fracción Volumétrica:	20%
Refuerzo:	Fibra de Cabuya	Fracción Volumétrica:	80%
Orientación:	Al Azar	Dimensiones del refuerzo:	1cm
Probetas:	1	Estratificación:	Compresión Manual
RESULTADO DE LOS ENSAYOS			
Probeta N.	Dureza D	IRHD	
Muestra 1	51,50	70,10	
Muestra 2	48,50	71,90	
Muestra 3	54,50	68,45	
Muestra 4	37,50	78,55	
Muestra 5	51,50	70,10	
Promedio	48,70	72,00	
Desv.Est.	6,61	3,96	
PROBETAS ENSAYADAS			
			




GRAFICAS DE RESULTADOS



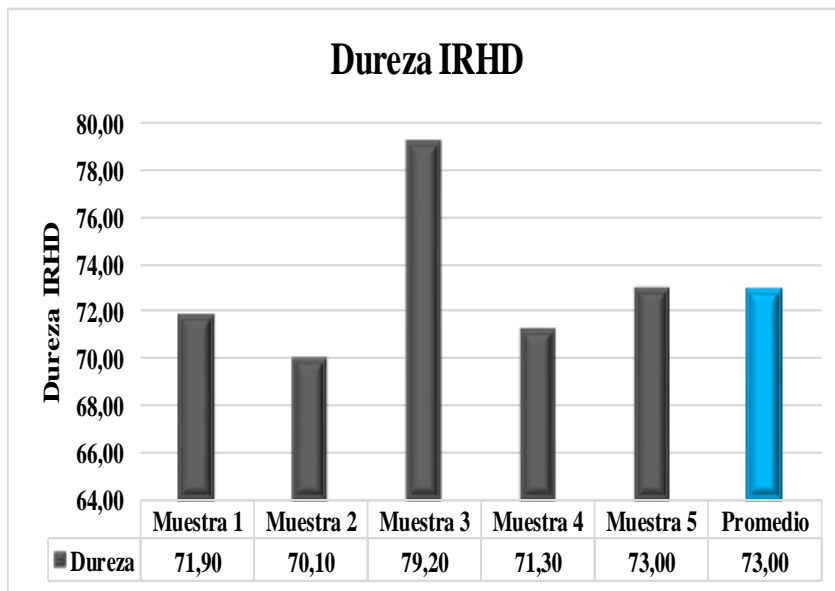
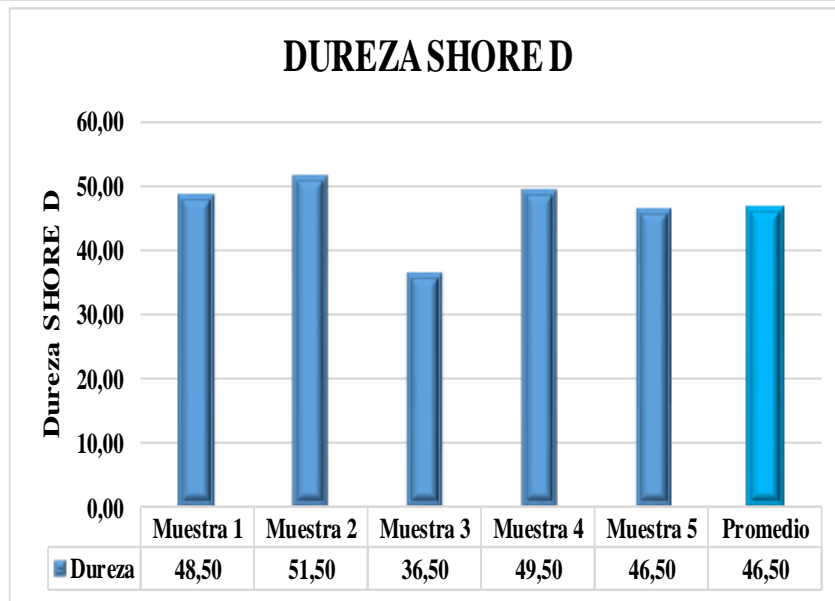
OBSERVACIÓN		EVALUACIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> La matriz y el refuerzo presentan una excelente adherencia, las probetas presentan una cara plana de superficie irregular. Se realizó en la probeta 5 puntos para determinar la dureza Shore D. 		<ul style="list-style-type: none"> Mediante el ensayo de dureza se determinó que la muestra 3 presenta una dureza de 54,50 Shore D y su promedio grupal se obtuvo un valor de 48,70 Shore D. 	
Elaborado por:	Sr. Alvaro Machado	Aprobado por:	Ing. Mg. Juan Paredes
Revisado por:	Ing. Gustavo Pomaquero	Validado por:	Ing. Mg. Juan Paredes

Fuente: Autor

Ficha Técnica 14. Ensayo de Dureza material compuesto III (4) (30% Matriz Látex – 70% Refuerzo Cabuya)

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL MATERIAL COMPUESTO (LÁTEX + FIBRA DE CABUYA)			
Fecha:	07/04/2019	Tipo de ensayo:	Dureza Registro: D-02
Laboratorio:	Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Mecánica. FICM-UTA		
Norma:	Norma UNE-ISO 48		
Dimensiones:	80*75* 10,7 mm		
Equipo:	Durometro Digital (Shore D)	Modelo:	16HDM002-D100HD-06
Temperatura:	17°C	Iluminación:	Luz Natural
COMPOSICIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO			
Configuración:	2A	Tipo de Probeta:	Cuadrada
Matriz:	Látex	Fracción Volumétrica:	30%
Refuerzo:	Fibra de Cabuya	Fracción Volumétrica:	70%
Orientación:	Al Azar	Dimensiones del refuerzo:	1cm
Probetas:	1	Estratificación:	Compresión Manual
RESULTADO DE LOS ENSAYOS			
Probeta N.	Dureza D	IRHD	
Muestra 1	48,50	71,90	
Muestra 2	51,50	70,10	
Muestra 3	36,50	79,20	
Muestra 4	49,50	71,30	
Muestra 5	46,50	73,00	
Promedio	46,50	73,00	
Des.v.Est.	5,87	3,57	
PROBETAS ENSAYADAS			
			




GRAFICAS DE RESULTADOS



OBSERVACIÓN		EVALUACIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> La probeta a analizarse es de forma cuadrada con cara plana y su superficie es irregular. Para el desarrollo del ensayo de dureza se utilizó una probeta la que se establece una medición de 5 puntos que permitirá determinar la dureza de cada punto. 		<ul style="list-style-type: none"> En el ensayo realizado se obtuvo de la muestra 4 un valor de dureza de 49,50 Shore D con un promedio grupal de 46,50 Shore D. 	
Elaborado por:	Sr. Alvaro Machado	Aprobado por:	Ing. Mg. Juan Paredes
Revisado por:	Ing. Gustavo Pomaquero	Validado por:	Ing. Mg. Juan Paredes

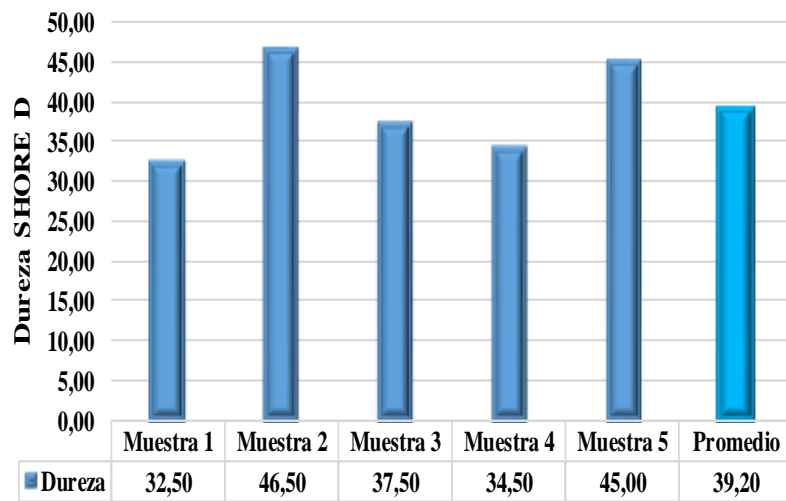
Fuente: Autor

Ficha Técnica 15. Ensayo de Dureza material compuesto III (4) (45% Matriz Látex – 55% Refuerzo Cabuya)

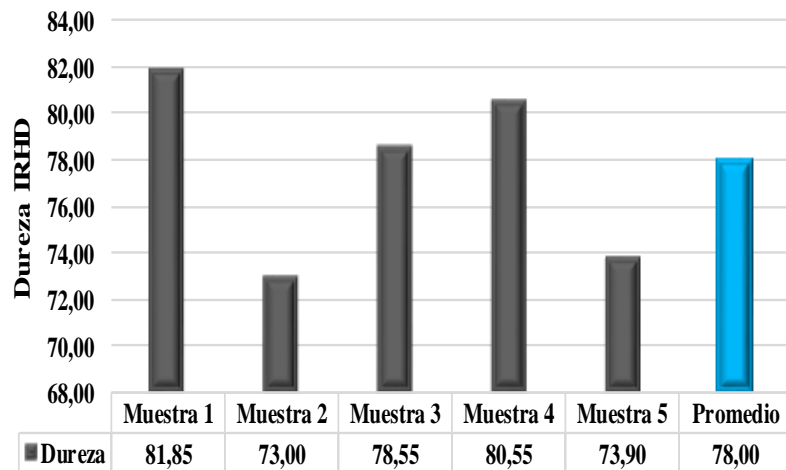
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL MATERIAL COMPUESTO (LÁTEX + FIBRA DE CABUYA)			
Fecha:	07/04/2019	Tipo de ensayo: Dureza	Registro: D-03
Laboratorio:	Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Mecánica. FICM-UTA		
Norma:	Norma UNE-ISO 48		
Dimensiones:	75*80* 10,4mm		
Equipo:	Durometro Digital (Shore D)	Modelo:	16HDM002-D100HD-06
Temperatura:	17°C	Iluminación:	Luz Natural
COMPOSICIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO			
Configuración:	3A	Tipo de Probeta:	Cuadrada
Matriz:	Látex	Fración Volumétrica:	45%
Refuerzo:	Fibra de Cabuya	Fración Volumétrica:	55%
Orientación:	Al Azar	Dimensiones del refuerzo:	1cm
Probetas:	1	Estratificación:	Compresión Manual
RESULTADO DE LOS ENSAYOS			
Probeta N.	Dureza D	IRHD	
Muestra 1	32,50	81,85	
Muestra 2	46,50	73,00	
Muestra 3	37,50	78,55	
Muestra 4	34,50	80,55	
Muestra 5	45,00	73,90	
Promedio	39,20	78,00	
Desv.Est.	6,26	3,95	
PROBETAS ENSAYADAS			
			

GRAFICAS DE RESULTADOS

DUREZA SHORE D






Dureza IRHD



OBSERVACIÓN		EVALUACIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> La probeta se la conformo mediante la matriz de látex y refuerzo de cabuya la que permitió obtener una buena adherencia. Se consideró para este ensayo elaborara una probeta completamente cuadrada, la misma que presenta una cara plana y superficie irregular. 		<ul style="list-style-type: none"> La dureza registrada en la probeta presenta una dureza en la muestra 2 de 46,50 shore D y un promedio grupal de 39,20 shore D de los puntos realizados en la probeta. 	
Elaborado por:	Sr. Alvaro Machado	Aprobado por:	Ing. Mg. Juan Paredes
Revisado por:	Ing. Gustavo Pomaquero	Validado por:	Ing. Mg. Juan Paredes

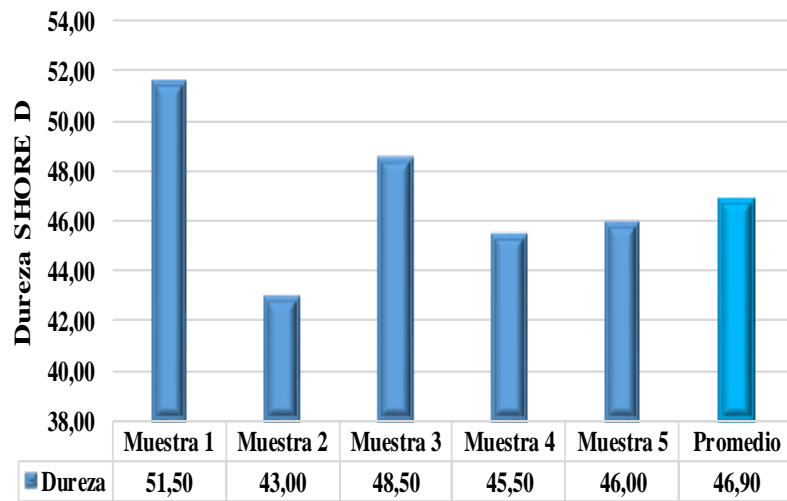
Fuente: Autor

Ficha Técnica 16. Ensayo de Dureza material compuesto III (4) (20% Matriz Látex – 80% Refuerzo Cabuya)

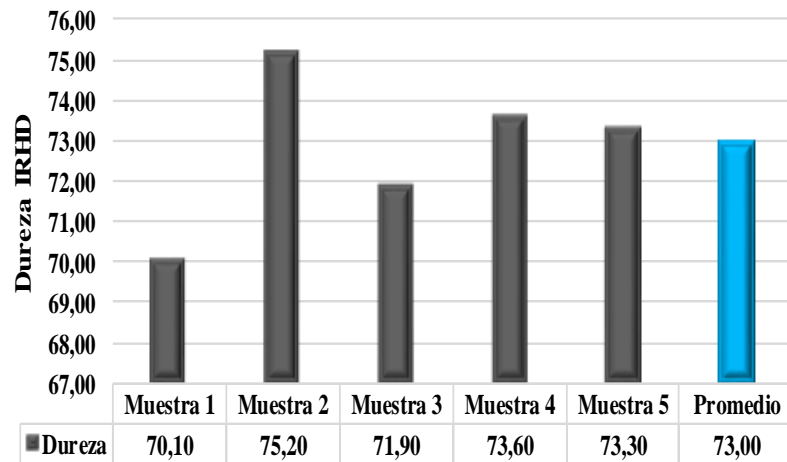
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL MATERIAL COMPUESTO (LÁTEX + FIBRA DE CABUYA)			
Fecha:	07/04/2019	Tipo de ensayo: Dureza	Registro: D-04
Laboratorio:	Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Mecánica. FICM-UTA		
Norma:	Norma UNE-ISO 48		
Dimensiones:	75*80* 10,7 mm		
Equipo:	Durometro Digital (Shore D)	Modelo:	16HDM002-D100HD-06
Temperatura:	17°C	Iluminación:	Luz Natural
COMPOSICIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO			
Configuración:	4B	Tipo de Probeta:	Cuadrada
Matriz:	Látex	Fracción Volumétrica:	20%
Refuerzo:	Fibra de Cabuya	Fracción Volumétrica:	80%
Orientación:	Al Azar	Dimensiones del refuerzo:	2cm
Probetas:	1	Estratificación:	Compresión Manual
RESULTADO DE LOS ENSAYOS			
Probeta N.	Dureza D	IRHD	
Muestra 1	51,50	70,10	
Muestra 2	43,00	75,20	
Muestra 3	48,50	71,90	
Muestra 4	45,50	73,60	
Muestra 5	46,00	73,30	
Promedio	46,90	73,00	
Des.v.Est.	3,23	1,92	
PROBETAS ENSAYADAS			
			

GRAFICAS DE RESULTADOS

DUREZA SHORE D






Dureza IRHD



OBSERVACIÓN	EVALUACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> Se realiza 5 muestras para la determinación de la dureza en la probeta. La probeta presenta una forma cuadrada de cara plana de superficie irregular. La matriz y refuerzo del material compuesto cumple una adecuada adherencia. 	<ul style="list-style-type: none"> La determinación de la dureza se obtuvo mediante en muestreo de 5 puntos la misma que presenta una dureza en la muestra 1 de 51,50 Shore D y un promedio grupal de 46,90 Shore D.
Elaborado por: Sr. Alvaro Machado	Aprobado por: Ing. Mg. Juan Paredes
Revisado por: Ing. Gustavo Pomaquero	Validado por: Ing. Mg. Juan Paredes

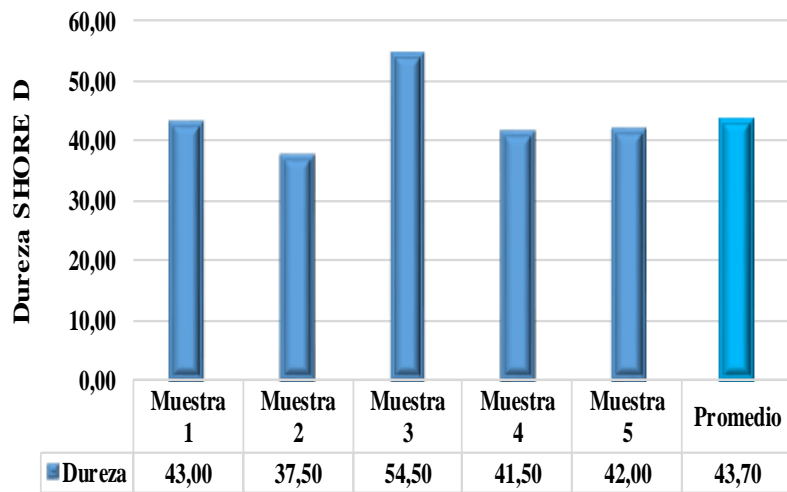
Fuente: Autor

Ficha Técnica 17. Ensayo de Dureza material compuesto III (4) (30% Matriz Látex – 70% Refuerzo Cabuya)

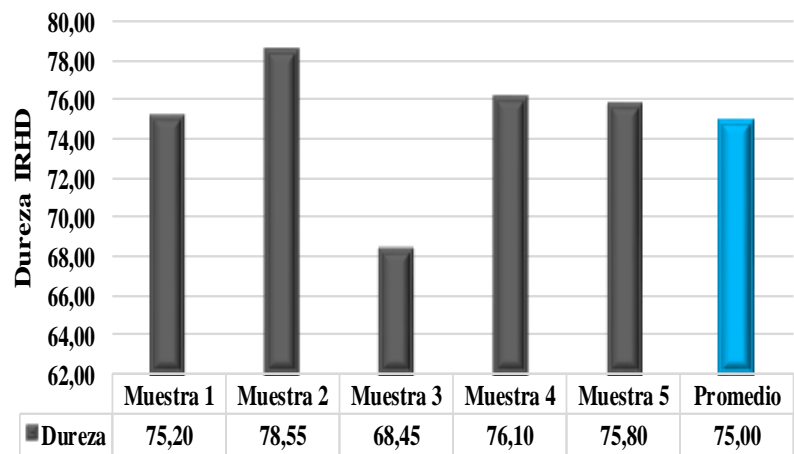
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL MATERIAL COMPUESTO (LÁTEX + FIBRA DE CABUYA)			
Fecha:	07/04/2019	Tipo de ensayo: Dureza	Registro: D-05
Laboratorio:	Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Mecánica. FICM-UTA		
Norma:	Norma UNE-ISO 48		
Dimensiones:	75*80* 10,3 mm		
Equipo:	Durometro Digital (Shore D)	Modelo:	16HDM002-D100HD-06
Temperatura:	17°C	Iluminación:	Luz Natural
COMPOSICIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO			
Configuración:	5B	Tipo de Probeta:	Cuadrada
Matriz:	Látex	Fración Volumétrica:	30%
Refuerzo:	Fibra de Cabuya	Fración Volumétrica:	70%
Orientación:	Al Azar	Dimensiones del refuerzo:	2cm
Probetas:	1	Estratificación:	Compresión Manual
RESULTADO DE LOS ENSAYOS			
Probeta N.	Dureza D	IRHD	
Muestra 1	43,00	75,20	
Muestra 2	37,50	78,55	
Muestra 3	54,50	68,45	
Muestra 4	41,50	76,10	
Muestra 5	42,00	75,80	
Promedio	43,70	75,00	
Desv.Est.	6,39	3,78	
PROBETAS ENSAYADAS			
			

GRAFICAS DE RESULTADOS

DUREZA SHORE D






Dureza IRHD



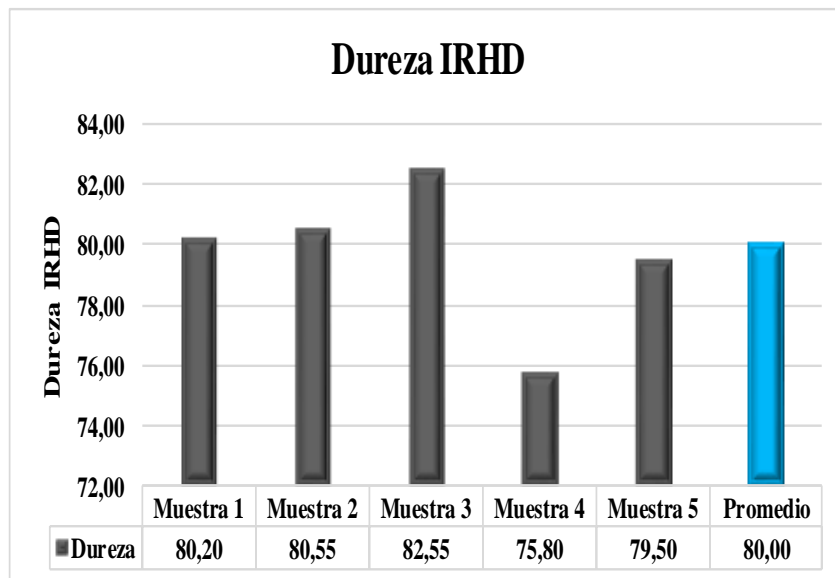
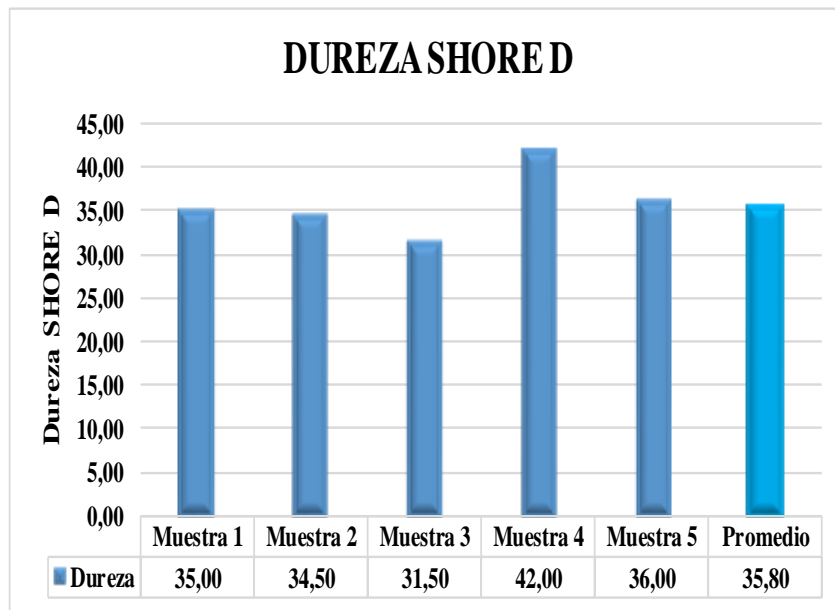
OBSERVACIÓN		EVALUACIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> • La conformación de la probeta fue de matriz látex y refuerzo de cabuya presentando una buena adherencia entre ellos. • La probeta es de forma cuadrada de cara plana y superficie irregular. • Se desarrolla 5 mediciones en la probeta. 		<ul style="list-style-type: none"> • La dureza obtenida mediante el ensayo fue de 54,50 Shore D perteneciente a la muestra 3 y un valor promedio grupal de 43,70 Shore D. 	
Elaborado por:	Sr. Alvaro Machado	Aprobado por:	Ing. Mg. Juan Paredes
Revisado por:	Ing. Gustavo Pomaquero	Validado por:	Ing. Mg. Juan Paredes

Fuente: Autor

Ficha Técnica 18. Ensayo de Dureza material compuesto III (4) (45% Matriz Látex – 55% Refuerzo Cabuya)

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL MATERIAL COMPUESTO (LÁTEX + FIBRA DE CABUYA)			
Fecha:	07/04/2019	Tipo de ensayo: Dureza	Registro: D-06
Laboratorio:	Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Mecánica. FICM-UTA		
Norma:	Norma UNE-ISO 48		
Dimensiones:	75*80* 10,2 mm		
Equipo:	Durometro Digital (Shore D)	Modelo:	16HDM002-D100HD-06
Temperatura:	17°C	Iluminación:	Luz Natural
COMPOSICIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO			
Configuración:	6B	Tipo de Probeta:	Cuadrada
Matriz:	Látex	Fracción Volumétrica:	45%
Refuerzo:	Fibra de Cabuya	Fracción Volumétrica:	55%
Orientación:	Al Azar	Dimensiones del refuerzo:	2cm
Probetas:	1	Estratificación:	Compresión Manual
RESULTADO DE LOS ENSAYOS			
Probeta N.	Dureza D	IRHD	
Muestra 1	35,00	80,20	
Muestra 2	34,50	80,55	
Muestra 3	31,50	82,55	
Muestra 4	42,00	75,80	
Muestra 5	36,00	79,50	
Promedio	35,80	80,00	
Desv.Est.	3,85	2,47	
PROBETAS ENSAYADAS			
			

GRAFICAS DE RESULTADOS



OBSERVACIÓN		EVALUACIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> La probeta es de forma cuadrada con cara plana de superficie irregular. La determinación de la dureza se la desarrollara en una probeta la misma que se tomara 5 muestras. El material que la conforma presenta una buena adherencia entre matriz y refuerzo. 		<ul style="list-style-type: none"> En el grupo de muestras se presenta una Dureza en la muestra 5 de 36,00 Shore D con un promedio grupal de 35,80 de dureza Shore D. 	
Elaborado por:	Sr. Alvaro Machado	Aprobado por:	Ing. Mg. Juan Paredes
Revisado por:	Ing. Gustavo Pomaquero	Validado por:	Ing. Mg. Juan Paredes

Fuente: Autor

4.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.2.1 ANÁLISIS DE DATOS

Para estudiar la relación que existe entre las variables de entrada y las respuestas experimentales, se plantea efectuar un diseño factorial completo general de dos factores con dos y tres niveles, respectivamente, la matriz de diseño se dispone en la Tabla 4-4 se propone realizar el diseño experimental con 3 réplicas por tratamiento.

Tabla 4-4 Matriz del diseño factorial completo 2x3.

Factores		Respuestas experimentales								
Long. Fibra	% Látex	Esf. Tracc.	% de alarg. tracc.	Esf. Fluen.	Esf. Rot.	Mód. elastic.	Mód. Comp 10%	Mód. Comp 20%	Durez a shore D	Dureza shore IRHD
1	20	9.70	11.584	6.82	1.85	9.198	2.38	7.99	51.5	70.1
1	20	11.25	12.972	8.55	2.15	10.350	3.1	9.485	48.5	71.9
1	20	10.93	8.632	7.65	1.79	10.424	2.46	9.2	46	73.5
1	30	10.75	11.55	8.99	1.69	7.248	2.49	11.41	48.5	71.9
1	30	11.46	11.684	10.53	1.73	7.088	0.75	4.98	46.75	72.975
1	30	9.76	13.044	7.96	1.67	4.381	2.49	11.51	46.5	73
1	45	6.31	10.786	5.10	0.84	3.143	3.46	16.97	39.5	77.425
1	45	5.49	12.928	5.12	0.73	1.864	3.46	15.4	37.5	78.55
1	45	4.31	10.096	4.31	0.79	3.080	2.38	12.92	39.75	77.225
2	20	3.85	9.464	2.70	0.69	2.681	3.085	16.065	47.25	72.65
2	20	4.09	10.084	4.09	0.70	2.708	1.86	12.02	47	72.75
2	20	4.04	12.940	2.63	0.81	3.759	3.67	15.16	46	73.3
2	30	3.52	10.200	3.15	1.55	8.354	2.63	8.83	43	75.2
2	30	3.49	10.152	3.02	1.39	6.908	2.24	11.35	43.75	74.8
2	30	3.66	8.784	2.56	0.24	1.404	2.1	9.69	42	75.8
2	45	7.66	10.196	4.30	1.21	3.179	3.23	14.59	35	80.2
2	45	6.22	10.164	3.50	0.39	1.023	2.72	12.67	35.625	79.8625
2	45	5.42	10.190	2.88	0.59	3.030	2.75	14.06	36	79.5

Fuente: Autor

4.2.2 ANÁLISIS DEL ESFUERZO A LA TRACCIÓN TRANSFORMADO

4.2.2.1 VERIFICACIÓN DE SUPUESTOS

Inicialmente se evalúan los datos originales del esfuerzo a la tracción, se tiene claro interés de que los mismos cumplan con el supuesto que provengan de una distribución normal, que sus tratamientos tengan igual varianza y que las mediciones sean independientes. Es así que, posterior al análisis inicial, se ve la

necesidad de efectuar una transformación adecuada debida al incumplimiento de alguno de los supuestos anteriormente mencionados.

Se establece que el parámetro de transformación óptimo para hacer cumplir los supuestos de manera estricta es -0.7. En la Tabla 4-5, se disponen las pruebas y verificaciones necesarias para confirmar que se cumplan los supuestos, al igual que los estadísticos correspondientes.

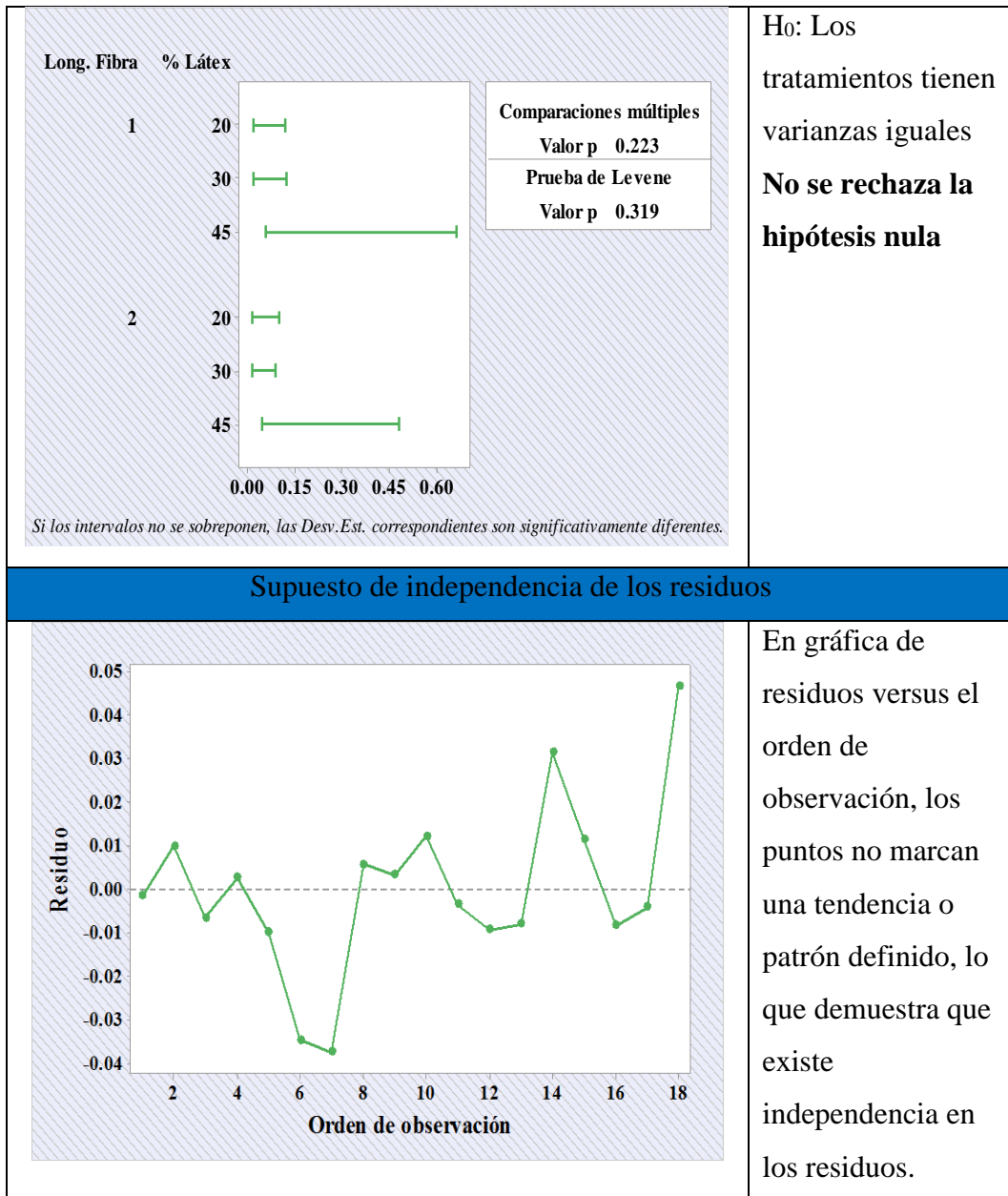
Hipótesis de los supuestos del esfuerzo a la tracción

H₀: El esfuerzo máximo proviene de una distribución normal.

H₁: El esfuerzo máximo no proviene de una distribución normal.

Tabla 4-5 Verificación de supuestos del esfuerzo a la tracción.

Supuesto de normalidad de los datos	
	Significancia predefinida
	0.050
	Valor-p
	0.050
	<p>H₀: Los datos provienen de una distribución normal.</p> <p>No se rechaza la hipótesis nula</p>
Supuesto de igualdad de varianza de los tratamientos	
	Significancia predefinida
	0.050
	Valor-p
	0.319



Fuente: Autor

Tras la verificación de los supuestos se procede a verificar la variabilidad del esfuerzo a la tracción, sabiendo que el estadístico de prueba empleado en la tabla del ANOVA contará con la veracidad necesaria para una correcta interpretación de resultados.

4.2.2.2 ANÁLISIS DE LA VARIANZA

Para el diseño experimental empleado en el análisis, se divide la variabilidad de las mediciones, en cuatro fuentes: la variabilidad debida a la longitud de la fibra, la variabilidad debida al porcentaje de látex, la variabilidad correspondiente a la

interacción entre la longitud de la fibra con el porcentaje de látex y la variabilidad atribuida al error.

El análisis de la varianza para el esfuerzo a la tracción se detalla en la Tabla 4-6, aquí se explica el nivel de significancia de cada efecto, y si este contribuye o no en el cambio en la media de esta respuesta experimental.

Tabla 4-6 ANOVA para el esfuerzo a la tracción transformado.

Fuente de Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Valor-p
Modelo	5	0.12859	0.02572	47.01	0.000
Longitud de fibra	1	0.06853	0.06853	125.27	0.000
Porcentaje de látex	2	0.00075	0.00037	0.68	0.524
Long. fibra * % látex	2	0.05931	0.02965	54.20	0.000
Error	12	0.00656	0.00055		
Total	17	0.13515			

Fuente: Autor

Para comprender de manera más clara la contribución de cada fuente de variabilidad tratada en la Tabla 4-6, se visualiza el diagrama de Pareto para el esfuerzo a la tracción en la Figura 4-35, allí se entiende que el porcentaje de látex no tiene efectos importantes sobre el esfuerzo a la tracción.

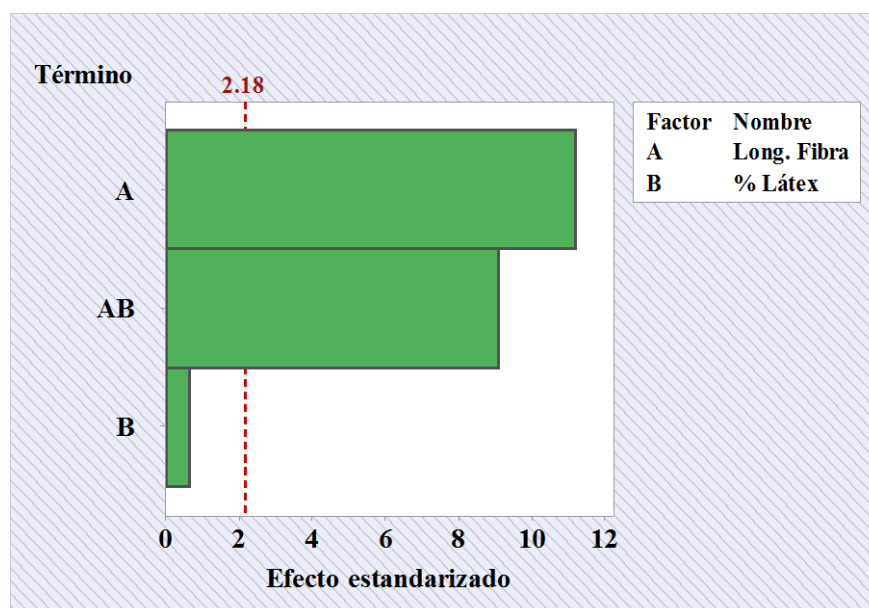


Figura 4-35 Diagrama de Pareto de los efectos para el esfuerzo a la tracción.

Fuente: Minitab® 18 Statistical Software

Adicional al diagrama de Pareto, se presentan las gráficas de efectos principales en la Figura 4-36, donde se corrobora la ausencia del efecto del porcentaje de látex en todos sus niveles, contrario a esto, la longitud de la fibra tiene un efecto sumamente importante, que gráficamente se lo aprecia debido a lo pronunciada de su pendiente de su recta.

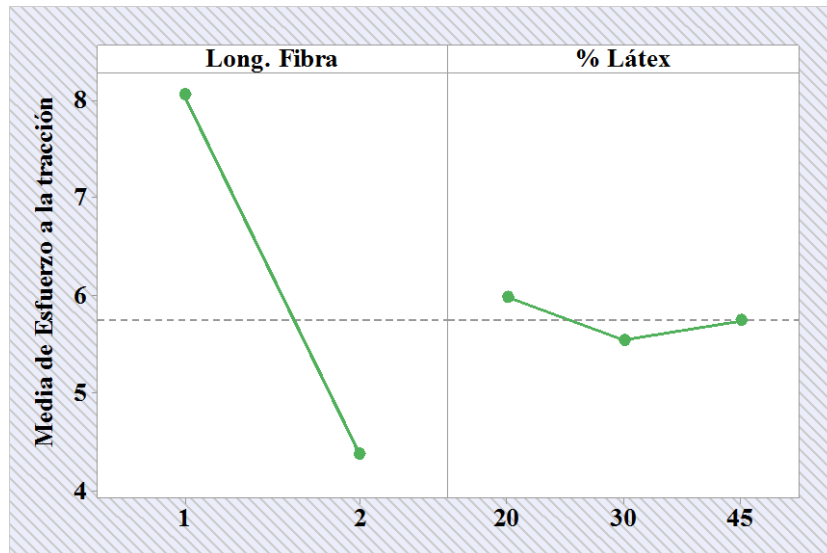


Figura 4-36 Gráfica de efectos principales del esfuerzo a la tracción.
Fuente: Minitab® 18 Statistical Software

La Figura 4-37, dispone la gráfica de interacción del esfuerzo a la tracción, al visualizar rectas con pendientes muy diferentes entre sí, se interpreta como un marcado efecto de esta interacción sobre la respuesta experimental analizada.

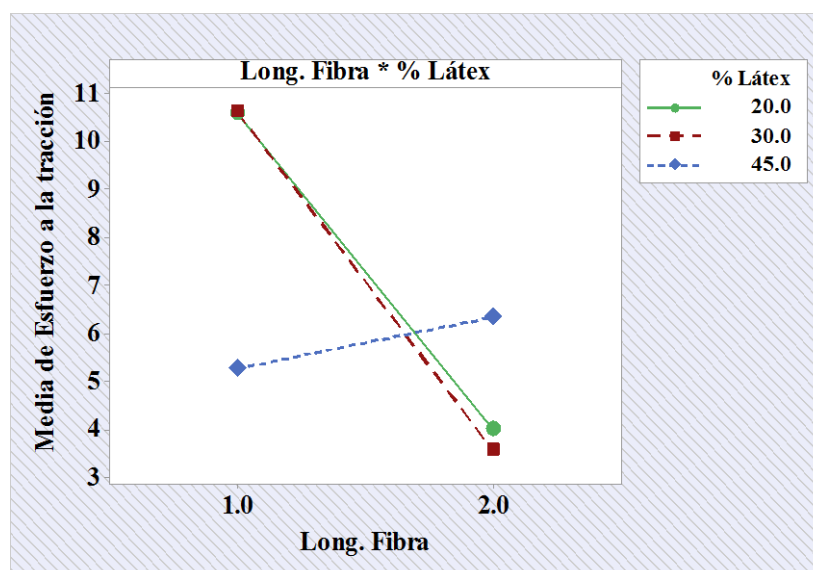


Figura 4-37 Gráfica de efectos de interacción del esfuerzo a la tracción.
Fuente: Minitab® 18 Statistical Software

4.2.3 ANÁLISIS DEL PORCENTAJE DE ALARGAMIENTO A LA TRACCIÓN TRANSFORMADO

4.2.3.1 VERIFICACIÓN DE SUPUESTOS

Inicialmente se evalúan los datos originales del porcentaje de alargamiento a la tracción, se tiene claro interés de que los mismos cumplan con el supuesto de provengan de una distribución normal, que sus tratamientos tengan igual varianza y que las mediciones sean independientes. Es así que, posterior al análisis inicial, se ve la necesidad de efectuar una transformación adecuada debida al incumplimiento de alguno de los supuestos anteriormente mencionados.

Se establece que el parámetro de transformación óptimo para hacer cumplir los supuestos de manera estricta es 0,45. En la Tabla 4-7, se disponen las pruebas y verificaciones necesarias para confirmar que se cumplan los supuestos, al igual que los estadísticos correspondientes.

Hipótesis de los supuestos del porcentaje de alargamiento a la tracción transformado.

H₀: El porcentaje de alargamiento a la tracción transformado proviene de una distribución normal.

H₁: El porcentaje de alargamiento a la tracción transformado no proviene de una distribución normal.

Tabla 4-7 Verificación de supuestos del porcentaje de alargamiento a la tracción transformado.

Supuesto de normalidad de los datos	
	Significancia predefinida
	0.050
	Valor-p
	0.078
	H ₀ : Los datos provienen de una distribución normal.

		No se rechaza la hipótesis nula	
Supuesto de igualdad de varianza de los tratamientos			
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 20%;"> <p>Long. Fibra</p> <p>1</p> <p>2</p> </div> <div style="width: 30%;"> <p>% Látex</p> <p>20</p> <p>30</p> <p>45</p> <p>20</p> <p>30</p> <p>45</p> </div> <div style="width: 40%;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>Comparaciones múltiples Valor p 0.000</p> <p>Prueba de Levene Valor p 0.617</p> </div> <p style="font-size: small; margin-top: 5px;">Si los intervalos no se superponen, las Desv. Est. correspondientes son significativamente diferentes.</p> </div> </div>	Significancia predefinida	0.050	
		Valor-p	0.617
	<p>H₀: Los tratamientos tienen varianzas iguales</p> <p>No se rechaza la hipótesis nula</p>		
	Supuesto de independencia de los residuos		
		<p>En gráfica de residuos versus el orden de observación, los puntos no marcan una tendencia o patrón definido, lo que demuestra que existe independencia en los residuos.</p>	

Fuente: Autor

Tras la verificación de los supuestos se puede proceder a verificar la variabilidad del esfuerzo a la tracción, sabiendo que el estadístico de prueba empleado en la tabla del ANOVA contará con la veracidad necesaria para una correcta interpretación de resultados.

4.2.3.2 ANÁLISIS DE LA VARIANZA

Para el diseño experimental empleado en el análisis, se divide la variabilidad de las mediciones, en cuatro fuentes: la variabilidad debida a la longitud de la fibra, la variabilidad debida al porcentaje de látex, la variabilidad correspondiente a la interacción entre la longitud de la fibra con el porcentaje de látex y la variabilidad atribuida al error.

El análisis de la varianza para el porcentaje de alargamiento a la tracción transformado se detalla en la Tabla 4-8, aquí se explica el nivel de significancia de cada efecto, y si este contribuye o no en el cambio en la media de esta respuesta experimental.

Tabla 4-8 ANOVA para el porcentaje de alargamiento a la tracción transformado.

Fuente de Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Valor-p
Modelo	5	0.00207	0.00041	1.04	0.436
Longitud de fibra	1	0.00128	0.00128	3.24	0.097
Porcentaje de látex	2	0.00001	0.00001	0.01	0.989
Long. fibra * % látex	2	0.00078	0.00039	0.98	0.404
Error	12	0.00475	0.00040		
Total	17	0.00682			

Fuente: Autor

Del análisis de la varianza, en función del valor-p de 0.436, se entiende que las medias poblacionales de esta respuesta no tienen diferencias significativas, además el modelo de regresión factorial general del diseño factorial completo general, explica el 30.31% de la variabilidad del porcentaje de alargamiento a la tracción.

En esta parte del análisis hay que aclarar que debido a que no existen diferencias significativas entre las medias poblacionales no se puede proceder a una optimización estadística mediante la función de deseabilidad.

Para comprender de manera más clara la contribución de cada fuente de variabilidad tratada en la Tabla 4-8, se visualiza el diagrama de Pareto para el porcentaje de alargamiento en la Figura 4-38, allí se entiende que la longitud de la fibra, el

porcentaje de látex y la interacción de estos efectos, no tiene efectos importantes sobre el porcentaje de alargamiento a la tracción.

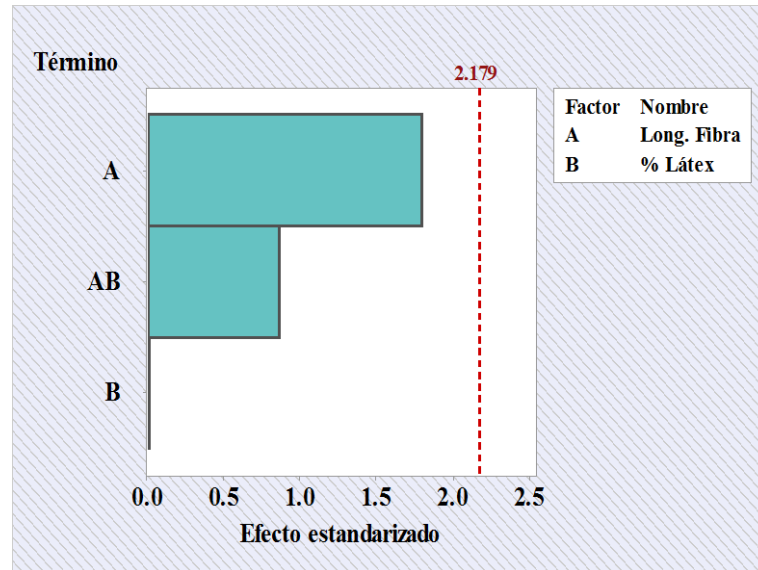


Figura 4-38 Diagrama de Pareto de los efectos para el porcentaje de alargamiento a la tracción.

Fuente: Minitab® 18 Statistical Software

Adicional al diagrama de Pareto, se presentan las gráficas de efectos principales en la Figura 4-39, donde se corrobora la severa ausencia del efecto del porcentaje de látex en todo sus niveles, cabe aclarar que la longitud de la fibra presenta un ligero efecto, superior al del otro factor estudiado, hay que recordar que gráficamente se aprecia un efecto significativo debido a lo pronunciada de la pendiente de su línea.

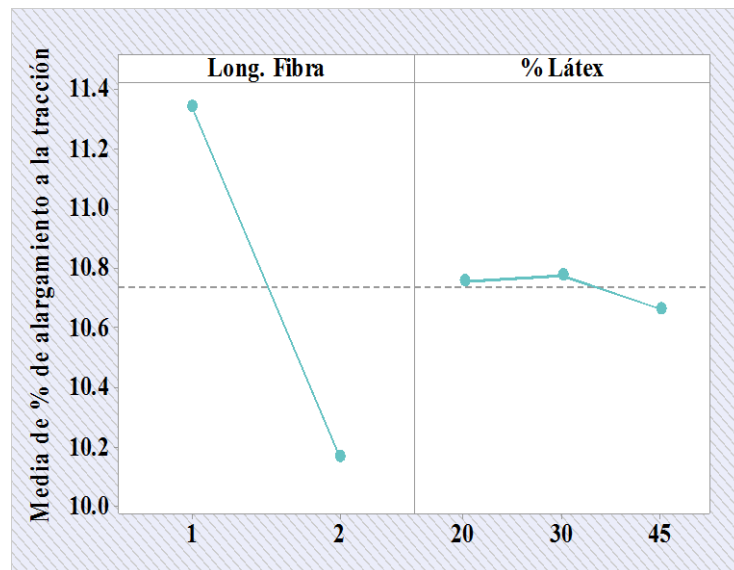


Figura 4-39 Gráfica de efectos principales del porcentaje de alargamiento a la tracción.

Fuente: Minitab® 18 Statistical Software

La Figura 4-40, dispone la gráfica de interacción del porcentaje de alargamiento a la tracción, al visualizar rectas con pendientes similares entre sí, se interpreta como la ausencia del efecto de esta interacción sobre la respuesta experimental analizada.

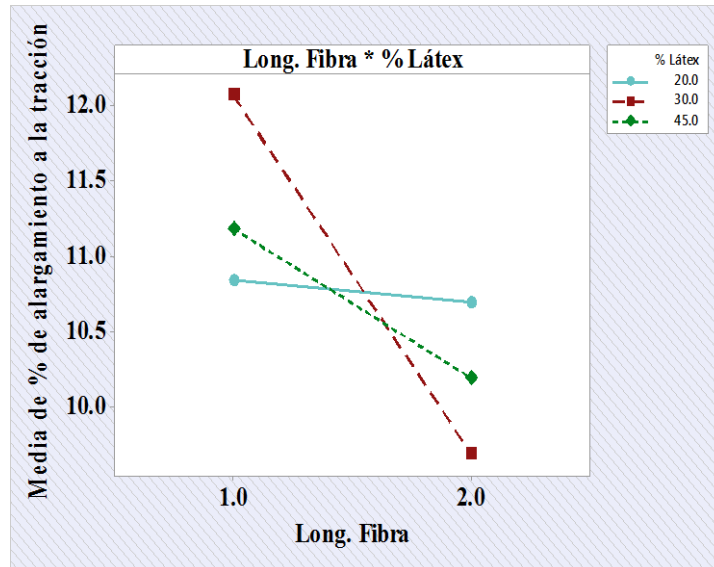


Figura 4-40 Gráfica de efectos de interacción del porcentaje de alargamiento a la tracción.
Fuente: Minitab® 18 Statistical Software

4.2.4 ANÁLISIS DEL ESFUERZO A LA FLUENCIA TRANSFORMADO

Inicialmente se evalúan los datos originales del esfuerzo a la fluencia, se tiene claro interés de que los mismos cumplan con el supuesto de provengan de una distribución normal, que sus tratamientos tengan igual varianza y que las mediciones sean independientes. Es así que, posterior al análisis inicial, se ve la necesidad de efectuar una transformación adecuada debida al incumplimiento de alguno de los supuestos anteriormente mencionados.

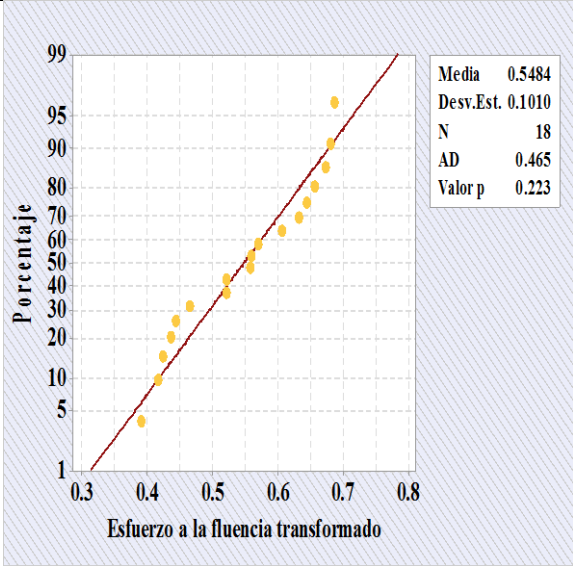
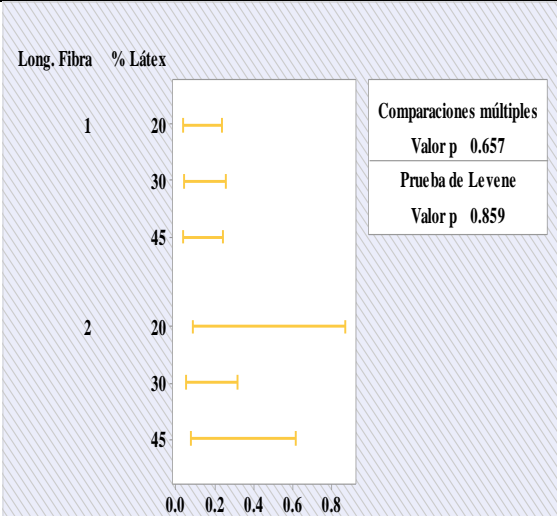
Se establece que el parámetro de transformación óptimo para hacer cumplir los supuestos de manera estricta es -0.4. En la Tabla 4-9, se disponen las pruebas y verificaciones necesarias para confirmar que se cumplan los supuestos, al igual que los estadísticos correspondientes.

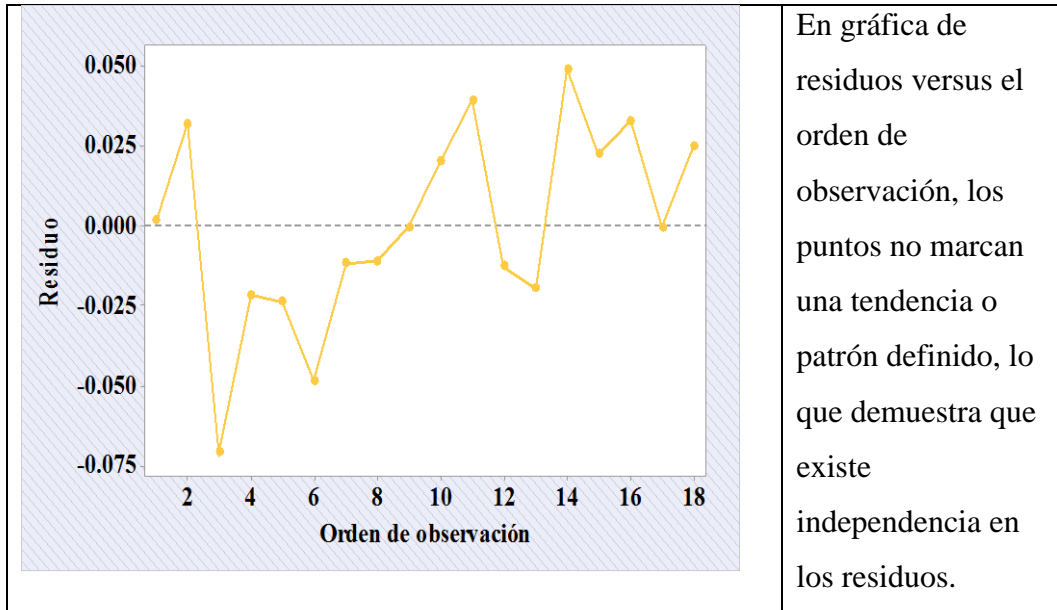
Hipótesis de los supuestos del esfuerzo a la fluencia transformado.

H₀: El esfuerzo a la fluencia transformado proviene de una distribución normal.

H₁: El esfuerzo a la fluencia transformado no proviene de una distribución normal.

Tabla 4-9 Verificación de supuestos del esfuerzo a la fluencia transformado.

Supuesto de normalidad de los datos	
	Significancia predefinida
	0.050
	Valor-p
	0.223
	<p>H₀: Los datos provienen de una distribución normal.</p> <p>No se rechaza la hipótesis nula</p>
Supuesto de igualdad de varianza de los tratamientos	
 <p style="font-size: small;">Si los intervalos no se sobrepone, las Desv.Est. correspondientes son significativamente diferentes.</p>	Significancia predefinida
	0.050
	Valor-p
	0.859
	<p>H₀: Los tratamientos tienen varianzas iguales</p> <p>No se rechaza la hipótesis nula</p>
Supuesto de independencia de los residuos	



Fuente: Autor

Tras la verificación de los supuestos se puede proceder a verificar la variabilidad del esfuerzo a la fluencia, sabiendo que el estadístico de prueba empleado en la tabla del ANOVA contará con la veracidad necesaria para una correcta interpretación de resultados.

4.2.4.1 ANÁLISIS DE LA VARIANZA

Para el diseño experimental empleado en el análisis, se divide la variabilidad de las mediciones, en cuatro fuentes: la variabilidad debida a la longitud de la fibra, la variabilidad debida al porcentaje de látex, la variabilidad correspondiente a la interacción entre la longitud de la fibra con el porcentaje de látex y la variabilidad atribuida al error.

El análisis de la varianza para el esfuerzo a la fluencia transformado se detalla en la Tabla 4-10, aquí se explica el nivel de significancia de cada efecto, y si este contribuye o no en el cambio en la media de esta respuesta experimental.

Tabla 4-10 ANOVA para el esfuerzo a la fluencia transformado.

Fuente de Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Valor-p
Modelo	5	0.15658	0.03131	22.38	0.000
Longitud de fibra	1	0.13004	0.13004	92.95	0.000
Porcentaje de látex	2	0.00426	0.00213	1.52	0.258
Long. fibra * % látex	2	0.02229	0.01114	7.96	0.006
Error	12	0.01679	0.00140		
Total	17	0.17337			

Fuente: Autor

Del análisis de la varianza, en función del valor-p de 0.000, se entiende que las medias poblacionales de esta respuesta tienen diferencias significativas, además el modelo de regresión factorial general del diseño factorial completo general, explica el 90.32% de la variabilidad del esfuerzo a la fluencia transformado.

Para comprender de manera más clara la contribución de cada fuente de variabilidad tratada en la Tabla 4-10, se visualiza el diagrama de Pareto para el esfuerzo a la fluencia en la Figura 4-41, allí se entiende que el porcentaje de látex no tiene efectos importantes sobre el esfuerzo a la fluencia.

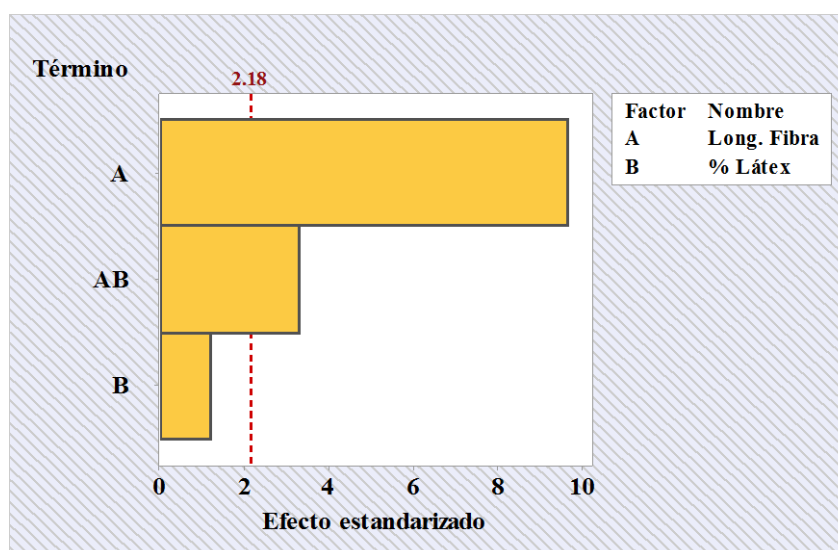


Figura 4-41 Diagrama de Pareto de los efectos para el esfuerzo a la fluencia.

Fuente: Minitab® 18 Statistical Software

Adicional al diagrama de Pareto, se presentan las gráficas de efectos principales en la Figura 4-42, donde se corrobora la ausencia del efecto del porcentaje de látex en todos sus niveles, contrario a esto, la longitud de la fibra tiene un efecto sumamente importante, que gráficamente se lo aprecia debido a lo pronunciada de la pendiente de su línea.



Figura 4-42 Gráfica de efectos principales del esfuerzo a la fluencia.
Fuente: Minitab® 18 Statistical Software

La Figura 4-43, dispone la gráfica de interacción del esfuerzo a la fluencia, al visualizar rectas con pendientes muy diferentes entre sí, se interpreta como un marcado efecto de esta interacción sobre la respuesta experimental analizada.

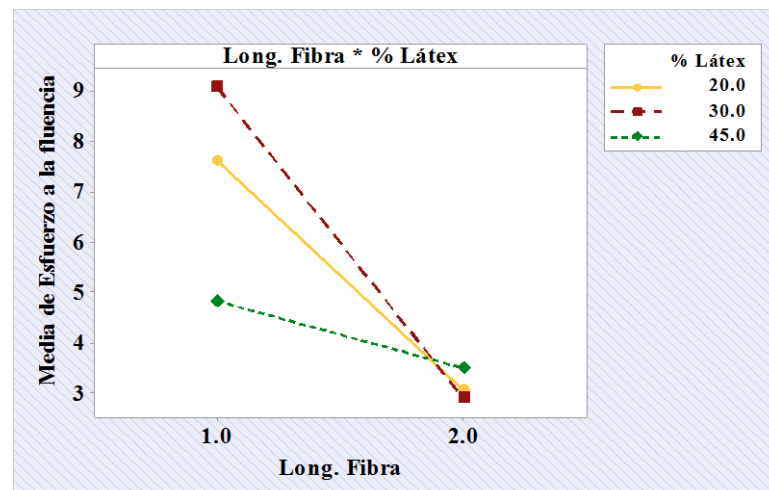


Figura 4-43 Gráfica de efectos de interacción del esfuerzo a la fluencia.
Fuente: Minitab® 18 Statistical Software

4.2.5 ANÁLISIS DEL ESFUERZO A LA ROTURA

4.2.5.1 VERIFICACIÓN DE SUPUESTOS

Inicialmente se evalúan los datos originales del esfuerzo a la rotura, se tiene claro interés de que los mismos cumplan con el supuesto de provengan de una distribución normal, que sus tratamientos tengan igual varianza y que las mediciones sean independientes. Es así que, posterior al análisis inicial, se cumplen los supuestos de manera estricta.

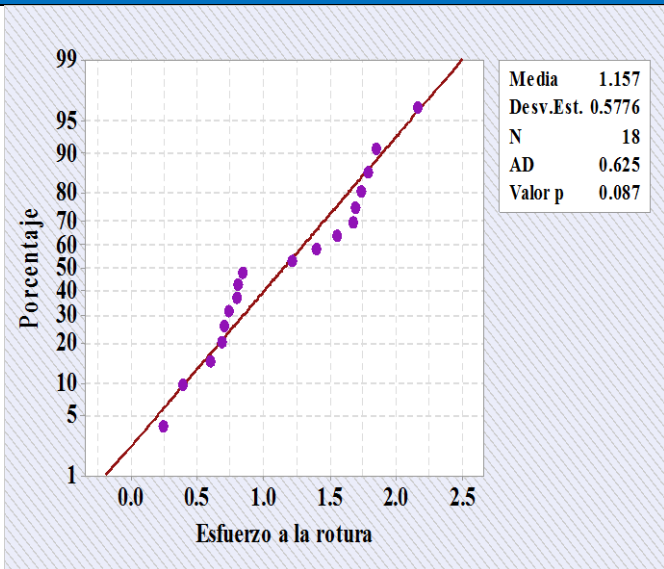
En la Tabla 4-11, se disponen las pruebas y verificaciones necesarias para confirmar que se cumplan los supuestos, al igual que los estadísticos correspondientes.

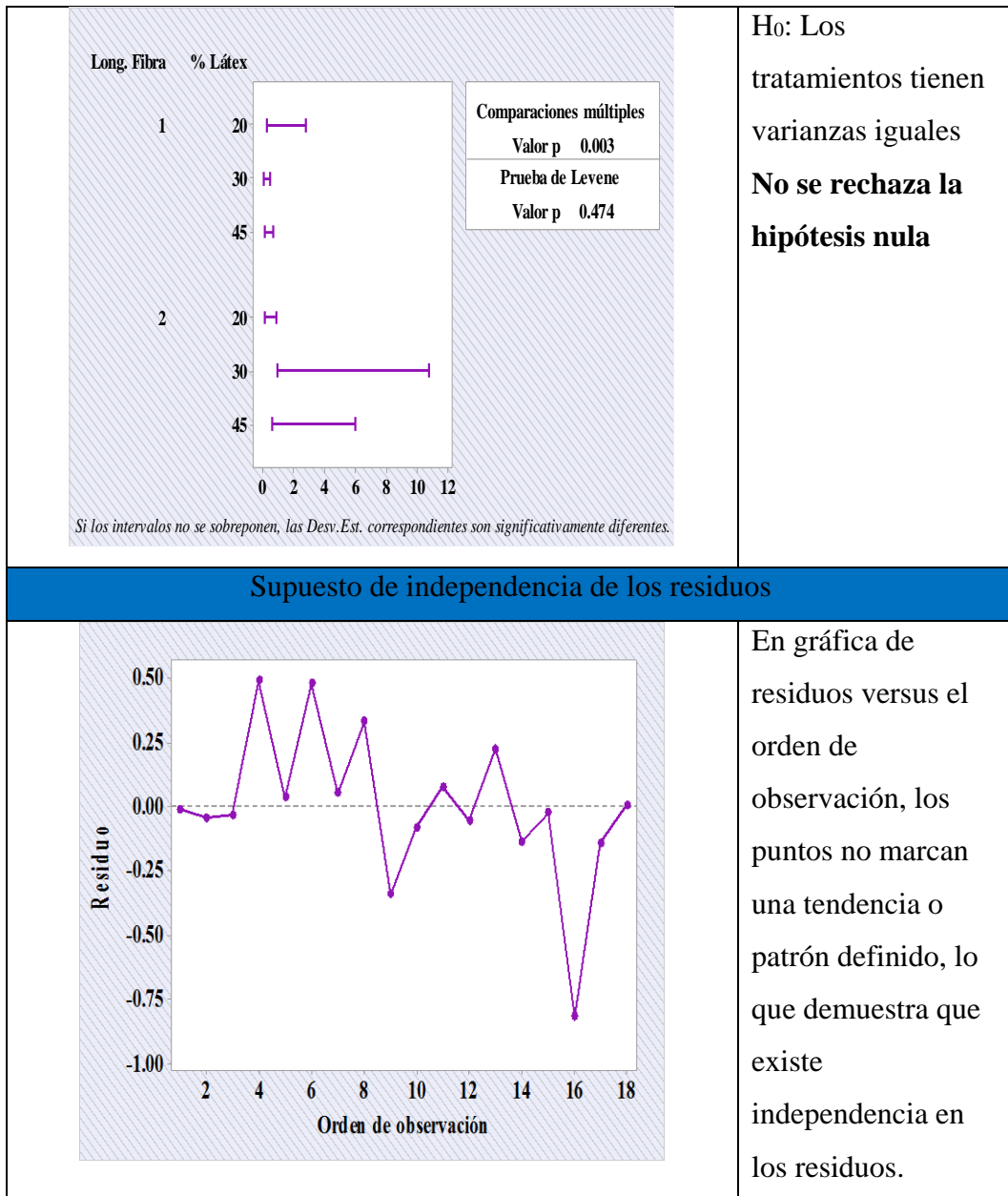
Hipótesis de los supuestos del esfuerzo a la a la rotura.

H₀: El esfuerzo a la a la rotura proviene de una distribución normal.

H₁: El esfuerzo a la a la rotura no proviene de una distribución normal.

Tabla 4-11 Verificación de supuestos del esfuerzo a la rotura.

Supuesto de normalidad de los datos	
	Significancia predefinida
	0.050
	Valor-p
	0.087
<p>H₀: Los datos provienen de una distribución normal. No se rechaza la hipótesis nula</p>	
Supuesto de igualdad de varianza de los tratamientos	
	Significancia predefinida
	0.050
	Valor-p
	0.474



Fuente: Autor

Tras la verificación de los supuestos se puede proceder a verificar la variabilidad del esfuerzo a la tracción, sabiendo que el estadístico de prueba empleado en la tabla del ANOVA contará con la veracidad necesaria para una correcta interpretación de resultados.

4.2.5.2 ANÁLISIS DE LA VARIANZA

Para el diseño experimental empleado en el análisis, se divide la variabilidad de las mediciones, en cuatro fuentes: la variabilidad debida a la longitud de la fibra, la variabilidad debida al porcentaje de látex, la variabilidad correspondiente a la

interacción entre la longitud de la fibra con el porcentaje de látex y la variabilidad atribuida al error.

El análisis de la varianza para el esfuerzo a la rotura se detalla en la Tabla 4-12, aquí se explica el nivel de significancia de cada efecto, y si este contribuye o no en el cambio en la media de esta respuesta experimental.

Tabla 4-12 ANOVA para el esfuerzo a la rotura.

Fuente de Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Valor-p
Modelo	5	4.1907	0.8381	6.79	0.003
Longitud de fibra	1	1.7857	1.7857	14.47	0.003
Porcentaje de látex	2	1.4265	0.7132	5.78	0.017
Long. fibra * % látex	2	0.9785	0.4893	3.97	0.048
Error	12	1.4808	0.1234		
Total	17	5.6715			

Fuente: Autor

Del análisis de la varianza, en función del valor-p de 0.003, se entiende que las medias poblacionales de esta respuesta tienen diferencias significativas, además el modelo de regresión factorial general del diseño factorial completo general, explica el 73.89% de la variabilidad del esfuerzo a la tracción transformado.

Para comprender de manera más clara la contribución de cada fuente de variabilidad tratada en la Tabla 4-12, se visualiza el diagrama de Pareto para el esfuerzo a la rotura en la Figura 4-44, allí se entiende que la interacción entre la longitud de la fibra con el porcentaje de látex están cerca de no tener efectos importantes sobre el esfuerzo a la rotura.

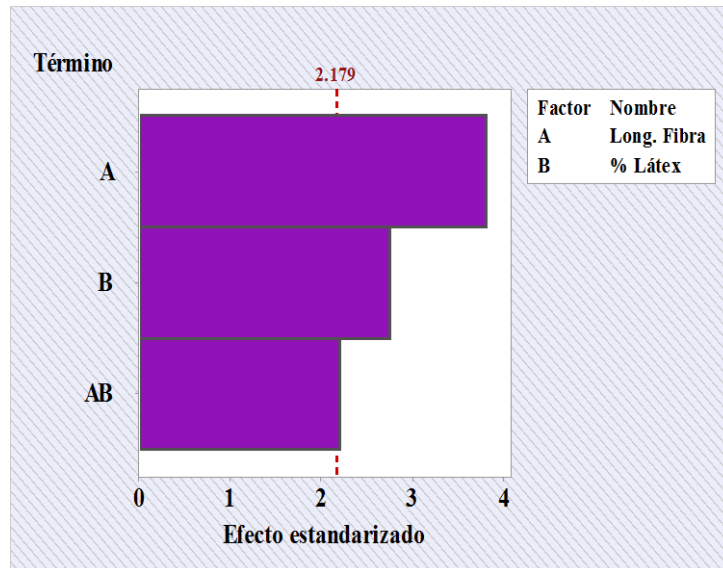


Figura 4-44 Diagrama de Pareto de los efectos para el esfuerzo a la rotura.
Fuente: Minitab® 18 Statistical Software

Adicional al diagrama de Pareto, se presentan las gráficas de efectos principales en la Figura 4-45, donde se corrobora que el efecto del porcentaje de látex en todos sus niveles y la longitud de la fibra tienen efectos sumamente importantes, que gráficamente se los aprecia debido a lo pronunciada de las pendientes de cada línea.

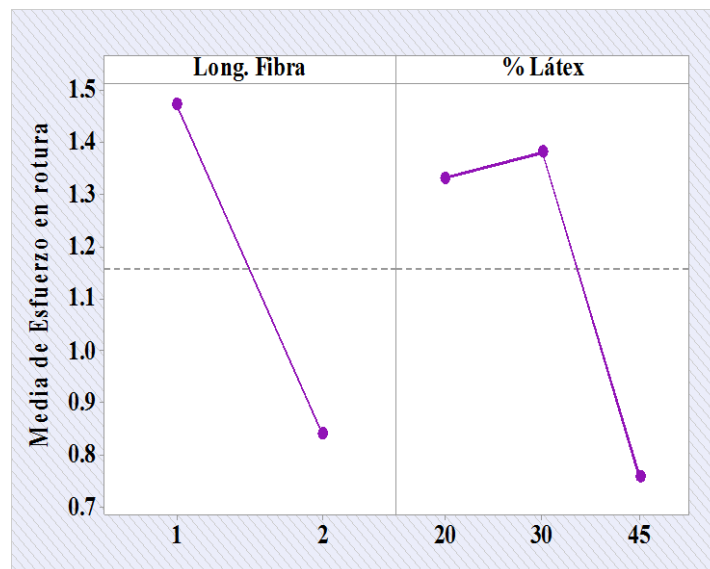


Figura 4-45 Gráfica de efectos principales del esfuerzo a la tracción.
Fuente: Minitab® 18 Statistical Software

La Figura 4-46, dispone la gráfica de interacción del esfuerzo a la rotura, al visualizar rectas con pendientes muy diferentes entre sí, se interpreta como un

marcado efecto de esta interacción sobre la respuesta experimental analizada, en este caso, dicho efecto es relativamente bajo, pero aun así significativo.

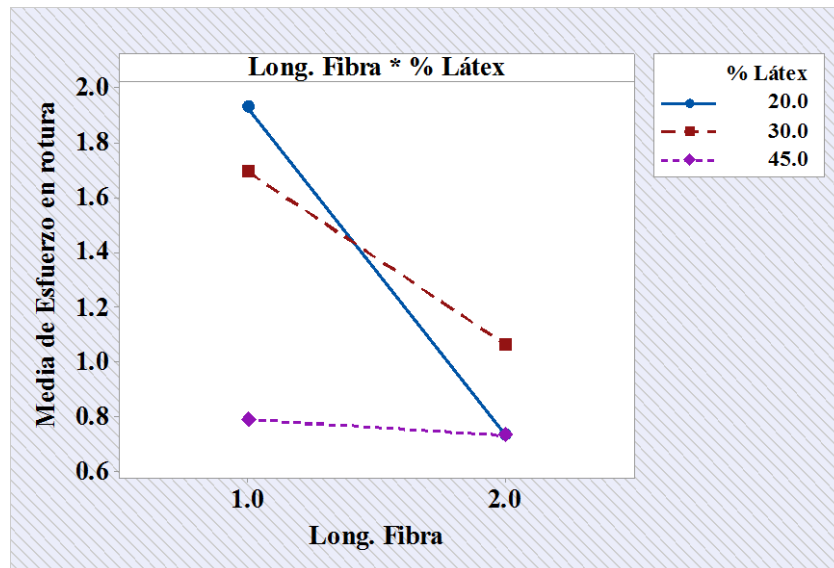


Figura 4-46 Gráfica de efectos de interacción del esfuerzo a la rotura.
Fuente: Minitab® 18 Statistical Software

4.2.6 ANÁLISIS DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD TRANSFORMADO

4.2.6.1 VERIFICACIÓN DE SUPUESTOS

Inicialmente se evalúan los datos originales del módulo de elasticidad, se tiene claro interés de que los mismos cumplan con el supuesto de provengan de una distribución normal, que sus tratamientos tengan igual varianza y que las mediciones sean independientes. Es así que, posterior al análisis inicial, se ve la necesidad de efectuar una transformación adecuada debida al incumplimiento de alguno de los supuestos anteriormente mencionados.

Se establece que el parámetro de transformación óptimo para hacer cumplir los supuestos de manera estricta es -0.7. En la Tabla 4-13, se disponen las pruebas y verificaciones necesarias para confirmar que se cumplan los supuestos, al igual que los estadísticos correspondientes.

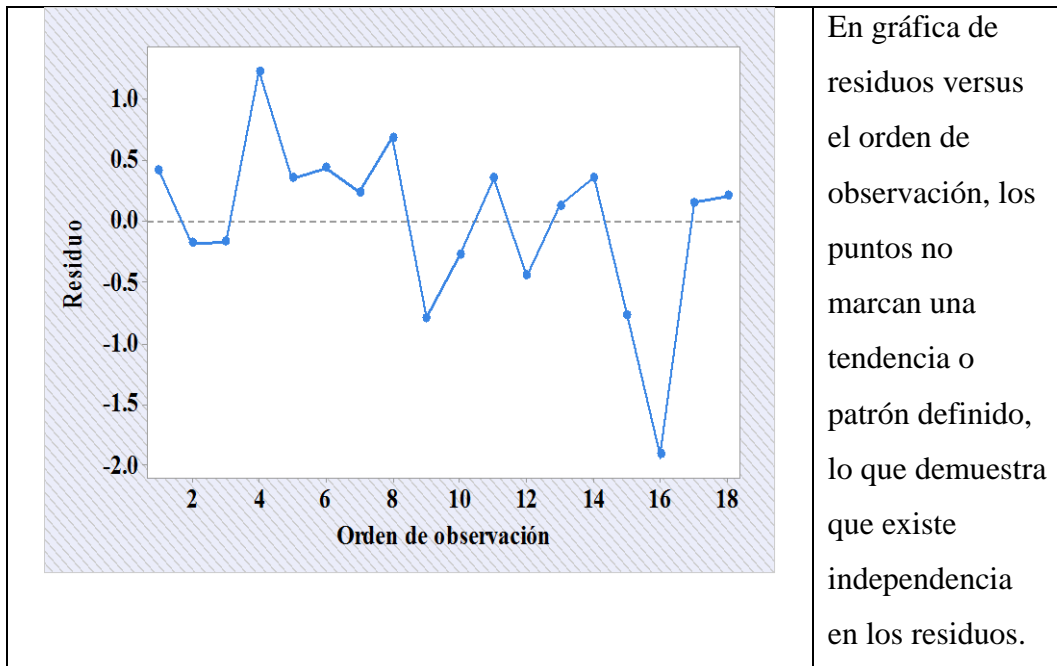
Hipótesis de los supuestos del módulo de elasticidad transformado.

H₀: El módulo de elasticidad transformado proviene de una distribución normal.

H₁: El módulo de elasticidad transformado no proviene de una distribución normal.

Tabla 4-13 Verificación de supuestos del módulo de elasticidad transformado.

Supuesto de normalidad de los datos	
	Significancia predefinida
	0.050
	Valor-p
	0.067
	<p>H₀: Los datos provienen de una distribución normal.</p> <p>No se rechaza la hipótesis nula</p>
Supuesto de igualdad de varianza de los tratamientos	
<p style="font-size: small; margin-top: 5px;">Si los intervalos no se sobrepone, las Desv.Est. correspondientes son significativamente diferentes.</p>	Significancia predefinida
	0.050
	Valor-p
	0.642
	<p>H₀: Los tratamientos tienen varianzas iguales</p> <p>No se rechaza la hipótesis nula</p>
Supuesto de independencia de los residuos	



Fuente: Autor

Tras la verificación de los supuestos se puede proceder a verificar la variabilidad del módulo de elasticidad, sabiendo que el estadístico de prueba empleado en la tabla del ANOVA contará con la veracidad necesaria para una correcta interpretación de resultados.

4.2.6.2 ANÁLISIS DE LA VARIANZA

Para el diseño experimental empleado en el análisis, se divide la variabilidad de las mediciones, en cuatro fuentes: la variabilidad debida a la longitud de la fibra, la variabilidad debida al porcentaje de látex, la variabilidad correspondiente a la interacción entre la longitud de la fibra con el porcentaje de látex y la variabilidad atribuida al error.

El análisis de la varianza para el módulo de elasticidad se detalla en la Tabla 4-14, aquí se explica el nivel de significancia de cada efecto, y si este contribuye o no en el cambio en la media de esta respuesta experimental.

Tabla 4-14 ANOVA para el módulo de elasticidad transformado.

Fuente de Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Valor-p
Modelo	5	22.503	4.5006	6.66	0.003
Longitud de fibra	1	5.809	5.8092	8.59	0.013
Porcentaje de látex	2	10.200	5.0998	7.54	0.008
Long. fibra * % látex	2	6.494	3.2469	4.80	0.029
Error	12	8.113	0.6761		
Total	17	30.615			

Fuente: Autor

Del análisis de la varianza, en función del valor-p de 0.003, se entiende que las medias poblacionales de esta respuesta tienen diferencias significativas, además el modelo de regresión factorial general del diseño factorial completo general, explica el 73.50% de la variabilidad del módulo de elasticidad transformado.

Para comprender de manera más clara la contribución de cada fuente de variabilidad tratada en la Tabla 4-14, se visualiza el diagrama de Pareto para el módulo de elasticidad en la Figura 4-47, allí se entiende que la interacción entre la longitud de la fibra con el porcentaje de látex tiene efectos importantes sobre el módulo de elasticidad, pero por debajo de los otros efectos.

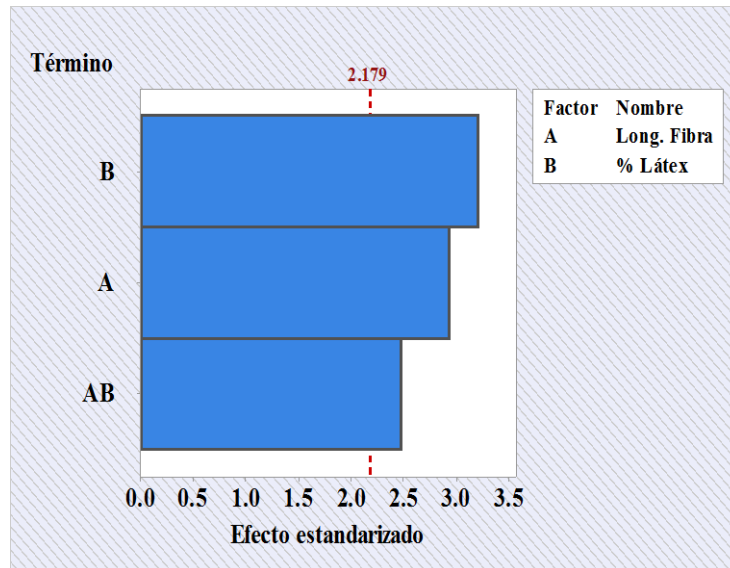


Figura 4-47 Diagrama de Pareto de los efectos para el módulo de elasticidad.
Fuente: Minitab® 18 Statistical Software

Adicional al diagrama de Pareto, se presentan las gráficas de efectos principales en la Figura 4-48, donde se corrobora que el efecto del porcentaje de látex en todos sus niveles, es menos significativo que el efecto de la longitud de la fibra, que gráficamente se lo aprecia debido a lo pronunciada de su pendiente.

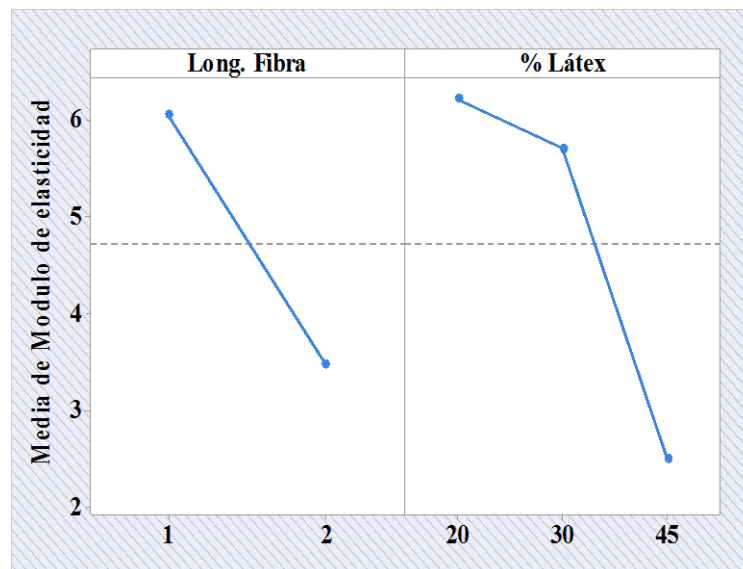


Figura 4-48 Gráfica de efectos principales del módulo de elasticidad.
Fuente: Minitab® 18 Statistical Software

La Figura 4-49, dispone la gráfica de interacción del módulo de elasticidad, al visualizar rectas con pendientes muy diferentes entre sí, se interpreta como un marcado efecto de esta interacción sobre la respuesta experimental analizada.

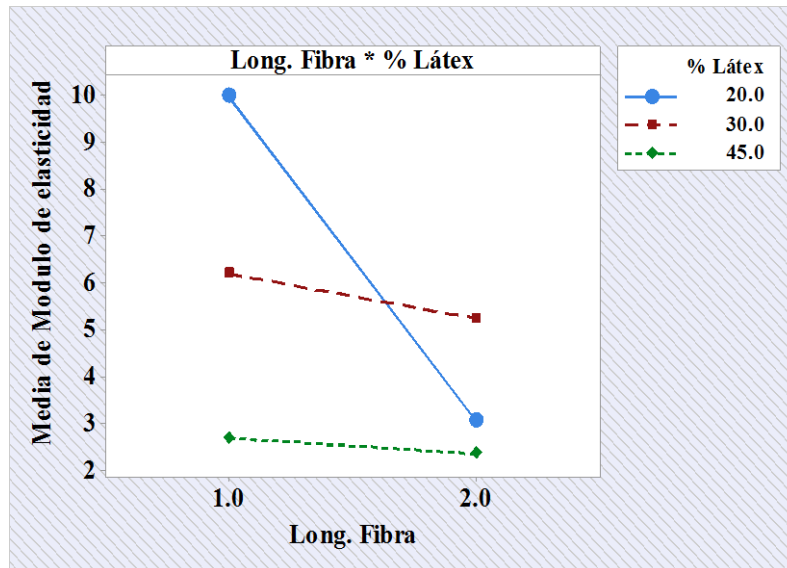


Figura 4-49 Gráfica de efectos de interacción del módulo de elasticidad.
Fuente: Minitab® 18 Statistical Software

4.2.7 ANÁLISIS DEL MÓDULO DE COMPRESIÓN AL 10%

4.2.7.1 VERIFICACIÓN DE SUPUESTOS

Inicialmente se evalúan los datos originales del módulo de compresión al 10%, se tiene claro interés de que los mismos cumplan con el supuesto de provengan de una distribución normal, que sus tratamientos tengan igual varianza y que las mediciones sean independientes. Es así que, posterior al análisis inicial, los datos cumplen los supuestos de manera estricta.

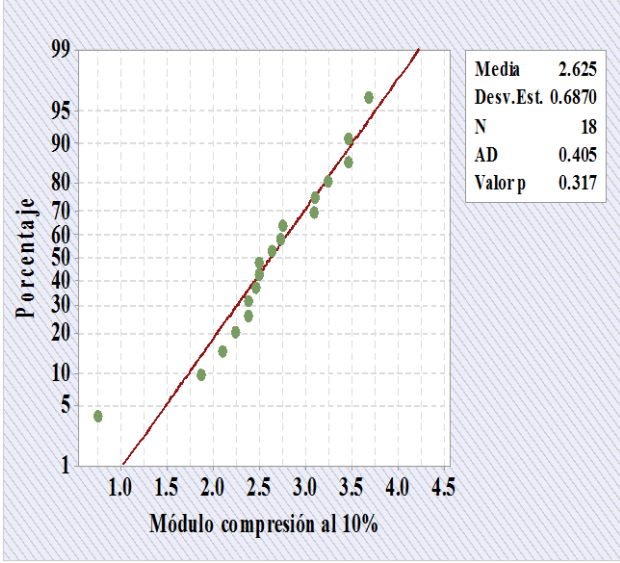
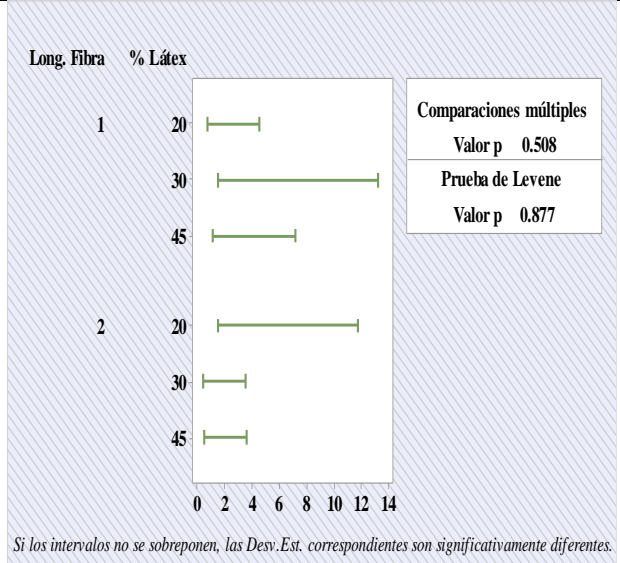
En la Tabla 4-15, se disponen las pruebas y verificaciones necesarias para confirmar que se cumplan los supuestos, al igual que los estadísticos correspondientes.

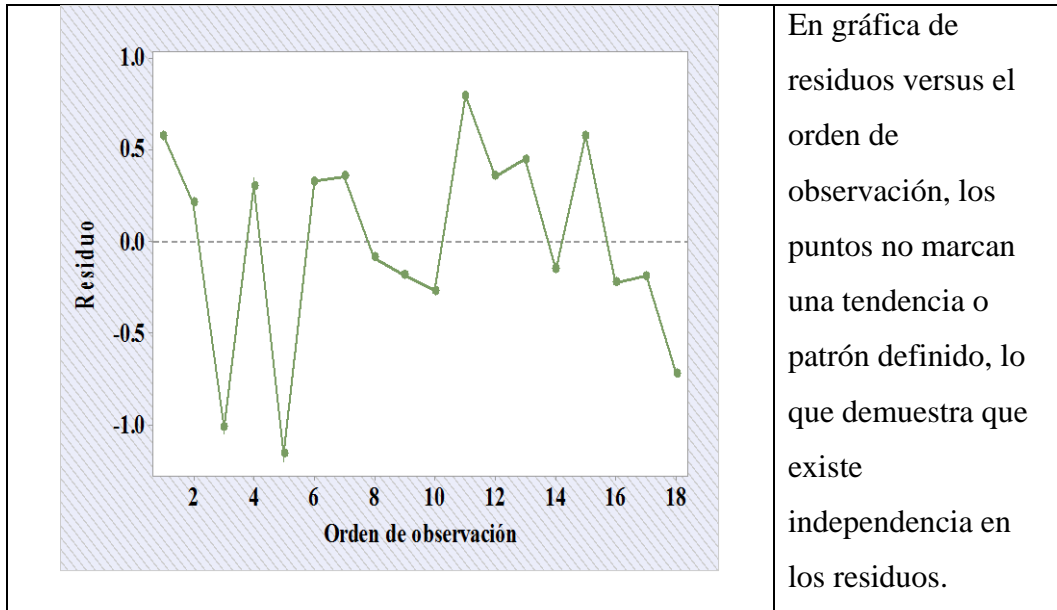
Hipótesis de los supuestos del módulo de compresión al 10%.

H₀: El módulo de compresión al 10% proviene de una distribución normal.

H₁: El módulo de compresión al 10% no proviene de una distribución normal.

Tabla 4-15 Verificación de supuestos del módulo de compresión al 10%.

Supuesto de normalidad de los datos	
	Significancia predefinida
	0.050
	Valor-p
	0.317
	Ho: Los datos provienen de una distribución normal. No se rechaza la hipótesis nula
Supuesto de igualdad de varianza de los tratamientos	
 <p style="font-size: small; margin-top: 5px;">Si los intervalos no se superponen, las Desv.Est. correspondientes son significativamente diferentes.</p>	Significancia predefinida
	0.050
	Valor-p
	0.877
	Ho: Los tratamientos tienen varianzas iguales No se rechaza la hipótesis nula
Supuesto de independencia de los residuos	



Fuente: Autor

Tras la verificación de los supuestos se puede proceder a verificar la variabilidad del módulo de compresión al 10%, sabiendo que el estadístico de prueba empleado en la tabla del ANOVA contará con la veracidad necesaria para una correcta interpretación de resultados.

4.2.7.2 ANÁLISIS DE LA VARIANZA

Para el diseño experimental empleado en el análisis, se divide la variabilidad de las mediciones, en cuatro fuentes: la variabilidad debida a la longitud de la fibra, la variabilidad debida al porcentaje de látex, la variabilidad correspondiente a la interacción entre la longitud de la fibra con el porcentaje de látex y la variabilidad atribuida al error.

El análisis de la varianza para el esfuerzo a la tracción se detalla en la Tabla 4-16, aquí se explica el nivel de significancia de cada efecto, y si este contribuye o no en el cambio en la media de esta respuesta experimental.

Tabla 4-16 ANOVA para el módulo de compresión al 10%.

Fuente de Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Valor-p
Modelo	5	2.8944	0.5789	1.35	0.307
Longitud de fibra	1	0.0961	0.0961	0.22	0.644
Porcentaje de látex	2	2.5022	1.2511	2.93	0.092
Long. fibra * % látex	2	0.2961	0.1481	0.35	0.714
Error	12	5.1284	0.4274		
Total	17	8.0228			

Fuente: Autor

Del análisis de la varianza, en función del valor-p de 0.307, se entiende que las medias poblacionales de esta respuesta no tienen diferencias significativas, además el modelo de regresión factorial general del diseño factorial completo general, explica el 36.08% de la variabilidad del módulo de compresión al 10%.

Para comprender de manera más clara la contribución de cada fuente de variabilidad tratada en la Tabla 4-16, se visualiza el diagrama de Pareto para el módulo de compresión al 10% en la Figura 4-50, allí se entiende que la longitud de la fibra, el porcentaje de látex y la interacción entre la longitud de fibra con el porcentaje de látex, no tiene efectos importantes sobre el módulo de compresión al 10%.

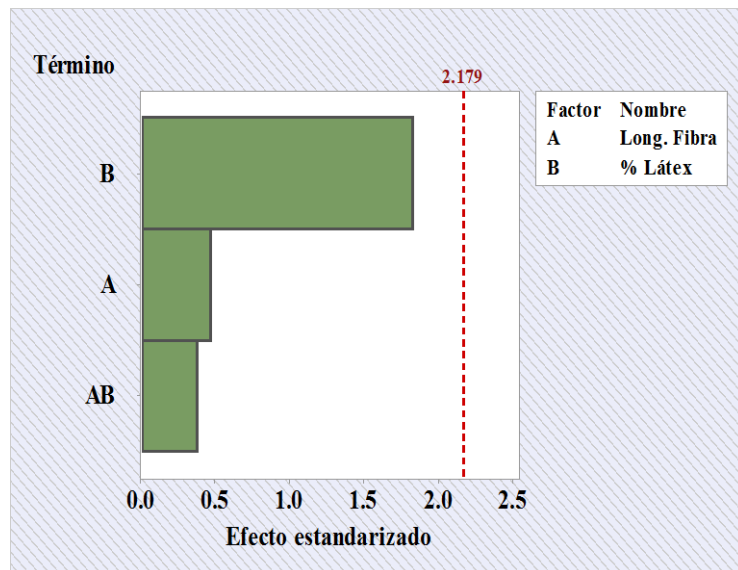


Figura 4-50 Diagrama de Pareto de los efectos para el módulo de compresión al 10%.
Fuente: Minitab® 18 Statistical Software

Adicional al diagrama de Pareto, se presentan las gráficas de efectos principales en la Figura 4-51, donde el efecto del porcentaje de látex tiene mayor influencia que el efecto de la longitud de la fibra, esto gráficamente se lo aprecia debido a lo pronunciada de su pendiente.

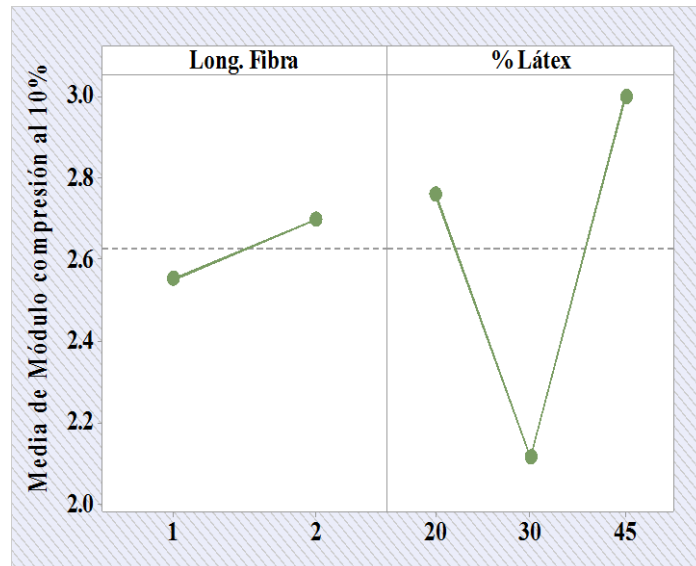


Figura 4-51 Gráfica de efectos principales del módulo de compresión al 10%.
Fuente: Minitab® 18 Statistical Software

La Figura 4-52, dispone la gráfica de interacción del esfuerzo a la tracción, al visualizar rectas con pendientes muy parecidas entre sí, se interpreta como la ausencia del efecto de esta interacción sobre la respuesta experimental analizada.

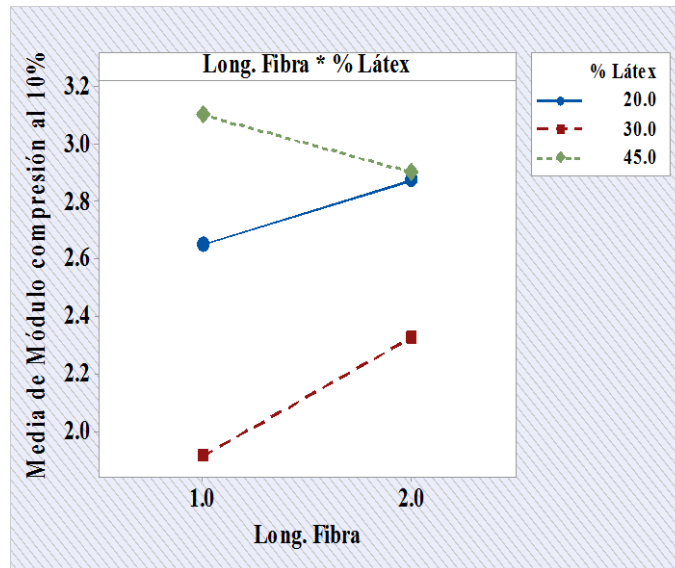


Figura 4-52 Gráfica de efectos de interacción del módulo de compresión al 10%.
Fuente: Minitab® 18 Statistical Software

4.2.8 ANÁLISIS DEL MÓDULO DE COMPRESIÓN AL 20%

4.2.8.1 VERIFICACIÓN DE SUPUESTOS

Inicialmente se evalúan los datos originales del módulo de compresión al 20%, se tiene claro interés de que los mismos cumplan con el supuesto de provengan de una distribución normal, que sus tratamientos tengan igual varianza y que las mediciones sean independientes. Es así que, posterior al análisis inicial, se cumplen los supuestos de manera estricta.

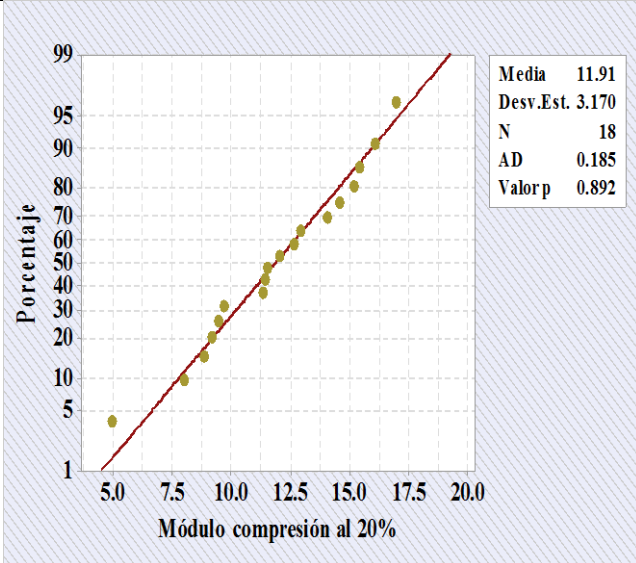
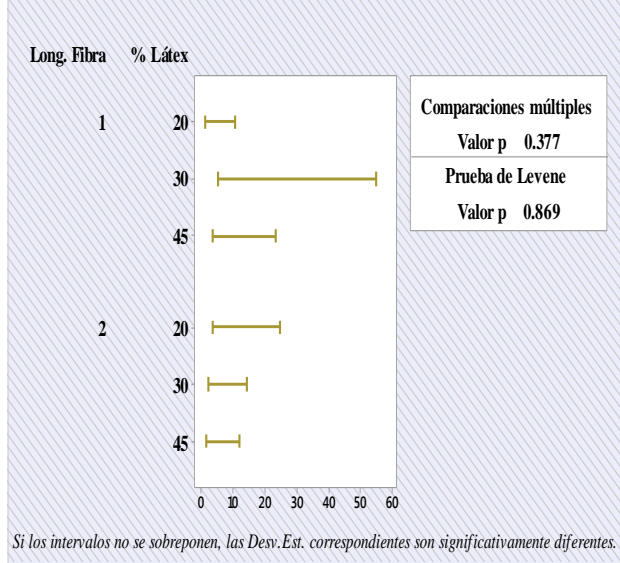
En la Tabla 4-17, se disponen las pruebas y verificaciones necesarias para confirmar que se cumplan los supuestos, al igual que los estadísticos correspondientes.

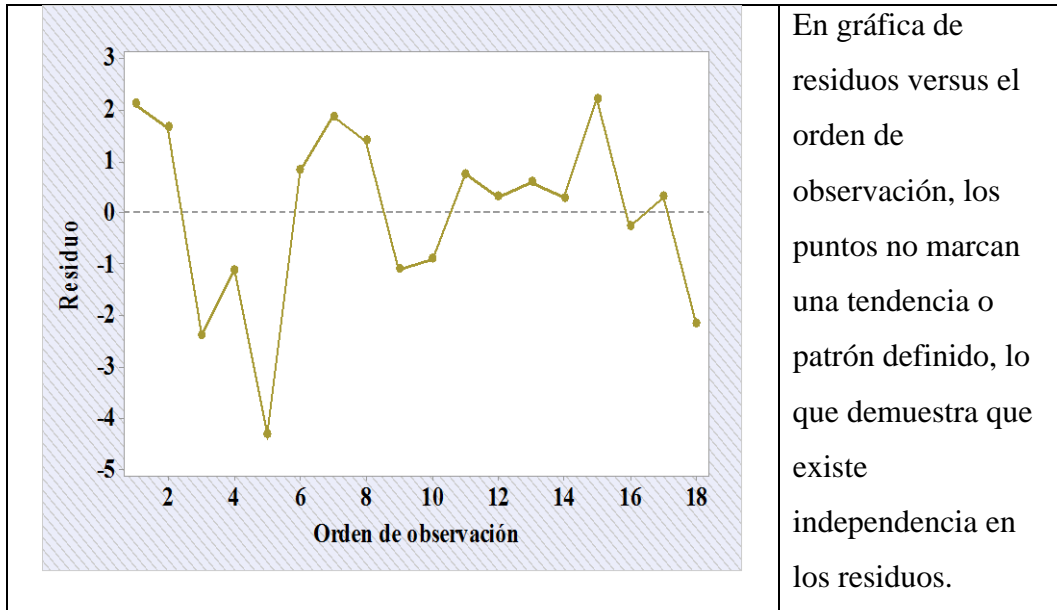
Hipótesis de los supuestos del módulo de compresión al 20%.

H₀: El módulo de compresión al 20% proviene de una distribución normal.

H₁: El módulo de compresión al 20% no proviene de una distribución normal.

Tabla 4-17 Verificación de supuestos del módulo de compresión al 20%.

Supuesto de normalidad de los datos	
	Significancia predefinida
	0.050
	Valor-p
	0.892
	<p>H₀: Los datos provienen de una distribución normal.</p> <p>No se rechaza la hipótesis nula</p>
Supuesto de igualdad de varianza de los tratamientos	
 <p style="font-size: small; margin-top: 5px;">Si los intervalos no se superponen, las Desv.Est. correspondientes son significativamente diferentes.</p>	Significancia predefinida
	0.050
	Valor-p
	0.869
	<p>H₀: Los tratamientos tienen varianzas iguales</p> <p>No se rechaza la hipótesis nula</p>
Supuesto de independencia de los residuos	



Fuente: Autor

Tras la verificación de los supuestos se puede proceder a verificar la variabilidad del módulo de compresión al 20%, sabiendo que el estadístico de prueba empleado en la tabla del ANOVA contará con la veracidad necesaria para una correcta interpretación de resultados.

4.2.8.2 ANÁLISIS DE LA VARIANZA

Para el diseño experimental empleado en el análisis, se divide la variabilidad de las mediciones, en cuatro fuentes: la variabilidad debida a la longitud de la fibra, la variabilidad debida al porcentaje de látex, la variabilidad correspondiente a la interacción entre la longitud de la fibra con el porcentaje de látex y la variabilidad atribuida al error.

El análisis de la varianza para el módulo de compresión al 20% se detalla en la Tabla 4-18, aquí se explica el nivel de significancia de cada efecto, y si este contribuye o no en el cambio en la media de esta respuesta experimental.

Tabla 4-18 ANOVA para el módulo de compresión al 20%.

Fuente de Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Valor-p
Modelo	5	118.92	23.784	5.50	0.007
Longitud de fibra	1	11.79	11.794	2.73	0.124
Porcentaje de látex	2	69.88	34.942	8.09	0.006
Long. fibra * % látex	2	37.24	18.620	4.31	0.039
Error	12	51.86	4.322		
Total	17	170.78			

Fuente: Autor

Del análisis de la varianza, en función del valor-p de 0.007, se entiende que las medias poblacionales de esta respuesta tienen diferencias significativas, además el modelo de regresión factorial general del diseño factorial completo general, explica el 69.63% de la variabilidad del esfuerzo a la tracción transformado.

Para comprender de manera más clara la contribución de cada fuente de variabilidad tratada en la Tabla 4-18, se visualiza el diagrama de Pareto para el módulo de compresión al 20% en la Figura 4-53, allí se entiende que la longitud de fibra no tiene efectos importantes sobre el módulo de compresión al 20%.

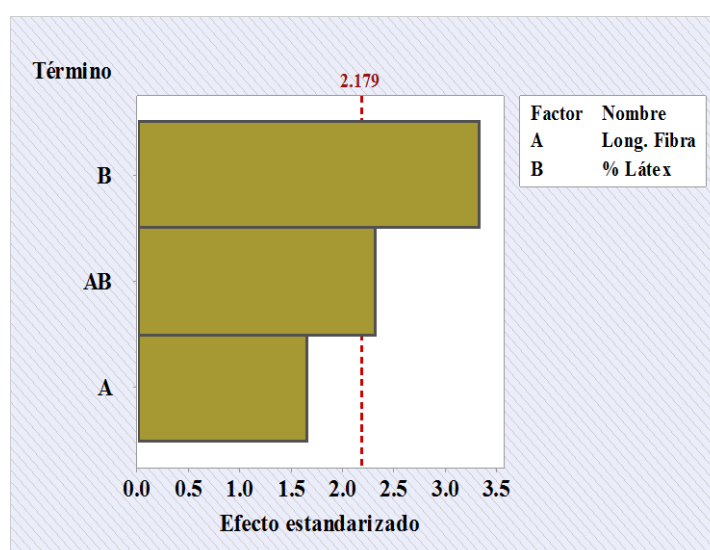


Figura 4-53 Diagrama de Pareto de los efectos para el módulo de compresión al 20%.

Fuente: Minitab® 18 Statistical Software

Adicional al diagrama de Pareto, se presentan las gráficas de efectos principales en la Figura 4-54, donde se corrobora la ausencia del efecto de la longitud de la fibra en todos sus niveles, contrario a esto, el porcentaje de látex tiene un efecto sumamente importante, que gráficamente se lo aprecia debido a lo pronunciada de su pendiente.

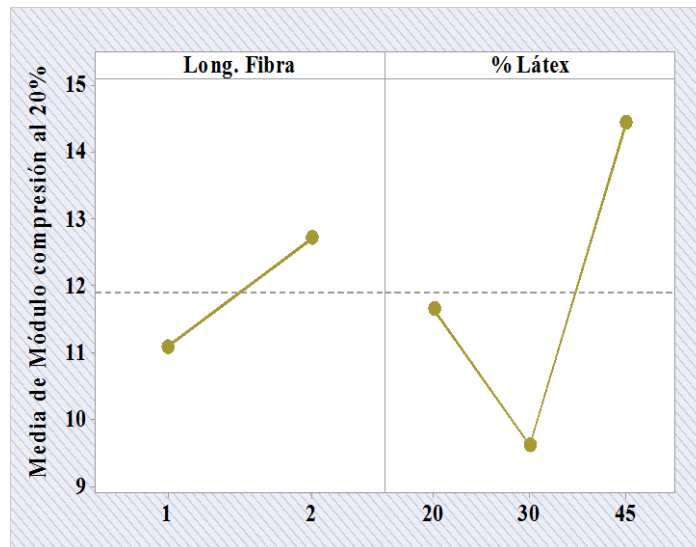


Figura 4-54 Gráfica de efectos principales del módulo de compresión al 20%.
Fuente: Minitab® 18 Statistical Software

La Figura 4-55, dispone la gráfica de interacción del módulo de compresión al 20%, al visualizar rectas con pendientes muy diferentes entre sí, se interpreta como un marcado efecto de esta interacción sobre la respuesta experimental analizada.

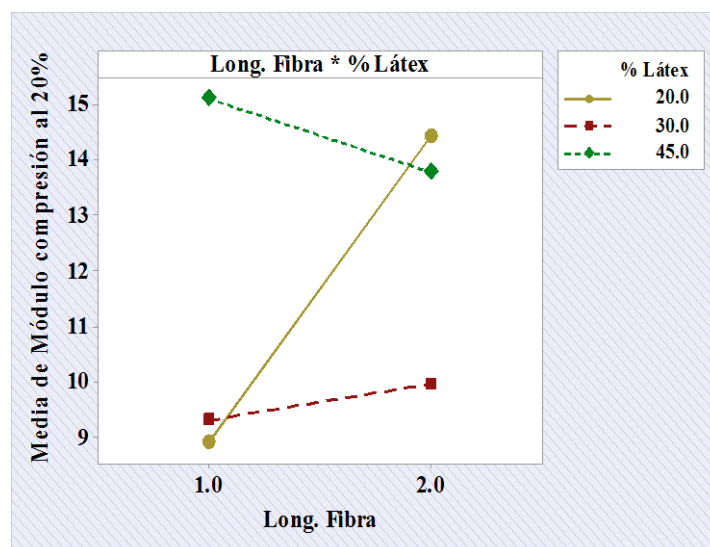


Figura 4-55 Gráfica de efectos de interacción del módulo de compresión al 20%.
Fuente: Minitab® 18 Statistical Software

4.2.9 ANÁLISIS DE LA DUREZA SHORE D

4.2.9.1 VERIFICACIÓN DE SUPUESTOS

Inicialmente se evalúan los datos originales de la dureza shore D, se tiene claro interés de que los mismos cumplan con el supuesto de provengan de una distribución normal, que sus tratamientos tengan igual varianza y que las mediciones sean independientes. Es así que, posterior al análisis inicial, se cumplen los supuestos de manera estricta.

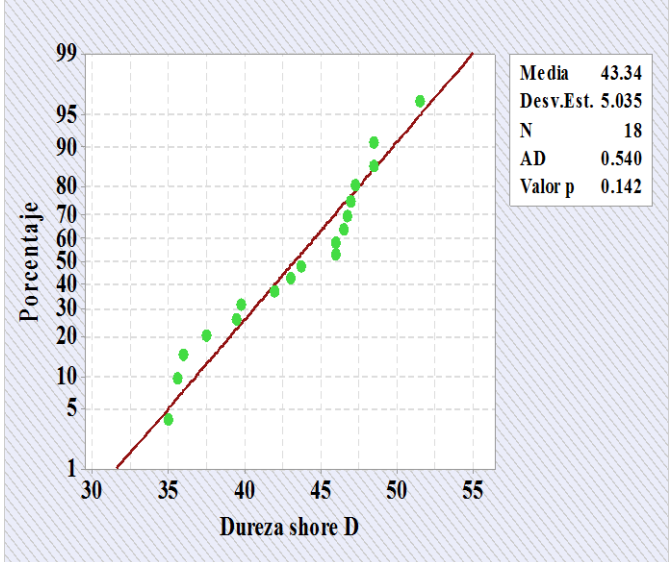
En la Tabla 4-19, se disponen las pruebas y verificaciones necesarias para confirmar que se cumplan los supuestos, al igual que los estadísticos correspondientes.

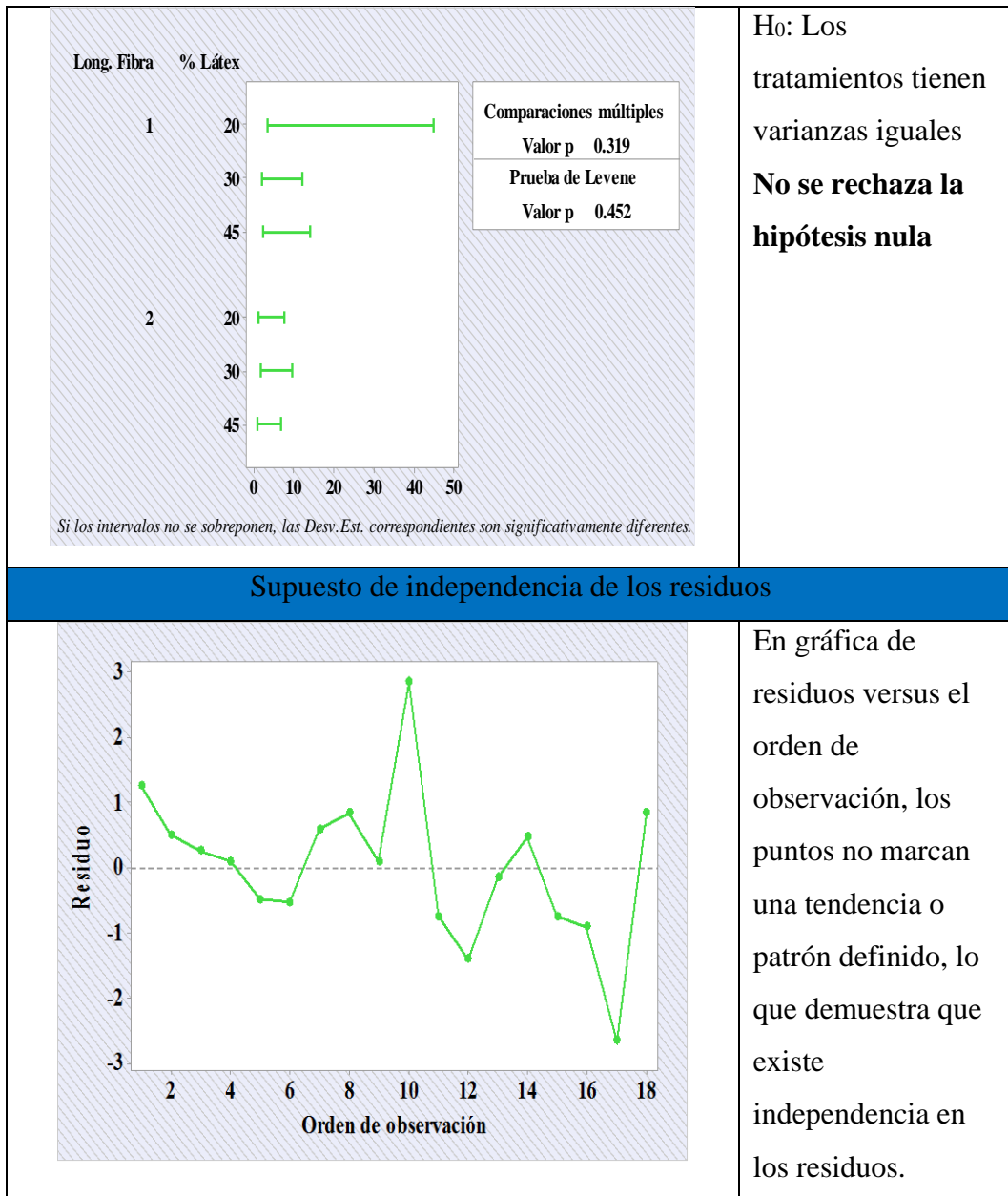
Hipótesis de los supuestos de la Dureza shore D.

H₀: La Dureza shore D proviene de una distribución normal.

H₁: La Dureza shore D no proviene de una distribución normal.

Tabla 4-19 Verificación de supuestos de la dureza shore D.

Supuesto de normalidad de los datos	
	Significancia predefinida
	0.050
	Valor-p
	0.142
<p>H₀: Los datos provienen de una distribución normal. No se rechaza la hipótesis nula</p>	
Supuesto de igualdad de varianza de los tratamientos	
	Significancia predefinida
	0.050
	Valor-p
	0.452



Fuente: Autor

Tras la verificación de los supuestos se puede proceder a verificar la variabilidad de la dureza shore D, sabiendo que el estadístico de prueba empleado en la tabla del ANOVA contará con la veracidad necesaria para una correcta interpretación de resultados.

4.2.9.2 ANÁLISIS DE LA VARIANZA

Para el diseño experimental empleado en el análisis, se divide la variabilidad de las mediciones, en cuatro fuentes: la variabilidad debida a la longitud de la fibra, la variabilidad debida al porcentaje de látex, la variabilidad correspondiente a la interacción entre la longitud de la fibra con el porcentaje de látex y la variabilidad atribuida al error.

El análisis de la varianza para la dureza shore D se detalla en la Tabla 4-20, aquí se explica el nivel de significancia de cada efecto, y si este contribuye o no en el cambio en la media de esta respuesta experimental.

Tabla 4-20 ANOVA para la dureza shore D.

Fuente de Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Valor-p
Modelo	5	407.546	81.509	41.60	0.000
Longitud de fibra	1	46.320	46.320	23.64	0.000
Porcentaje de látex	2	356.783	178.391	91.05	0.000
Long. fibra * % látex	2	4.443	2.221	1.13	0.354
Error	12	23.510	1.959		
Total	17	431.056			

Fuente: Autor

Del análisis de la varianza, en función del valor-p de 0.000, se entiende que las medias poblacionales de esta respuesta son no son significativamente iguales, además el modelo factorial general del diseño factorial completo general, explica el 94.55% de la variabilidad de la dureza shore D.

Para comprender de manera más clara la contribución de cada fuente de variabilidad tratada en la Tabla 4-20, se visualiza el diagrama de Pareto para la dureza shore D en la Figura 4-56, allí se entiende que la interacción entre la longitud de la fibra con el porcentaje de látex no tiene efectos importantes sobre la dureza shore D.

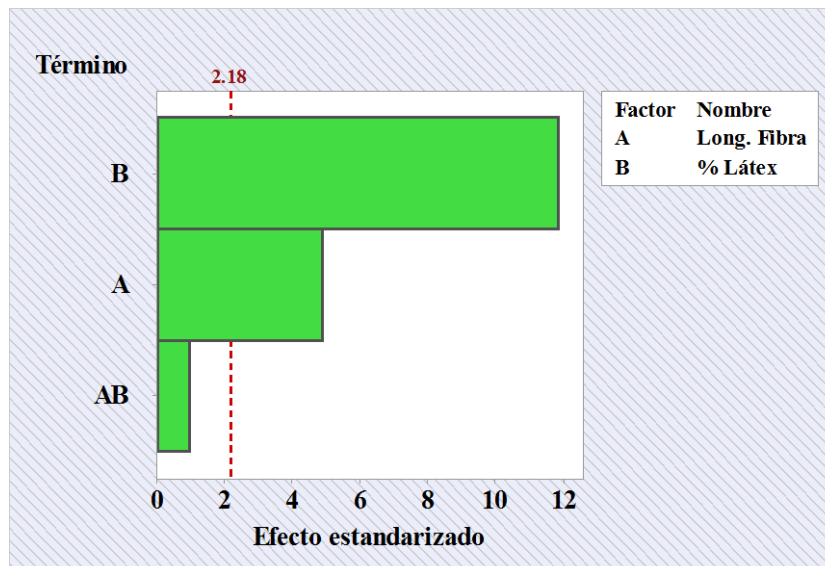


Figura 4-56 Diagrama de Pareto de los efectos para la dureza shore D.
Fuente: Minitab® 18 Statistical Software

Adicional al diagrama de Pareto, se presentan las gráficas de efectos principales en la Figura 4-57, donde se corrobora el bajo efecto de la longitud de la fibra, contrario a esto, el porcentaje de látex tiene un efecto sumamente importante, que gráficamente se lo aprecia debido a lo pronunciada de su pendiente.

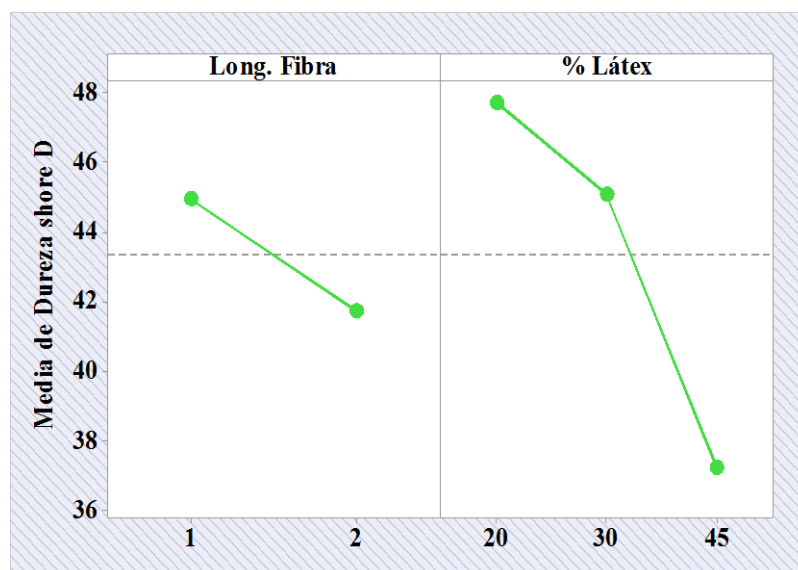


Figura 4-57 Gráfica de efectos principales de la dureza shore D.
Fuente: Minitab® 18 Statistical Software

La Figura 4-58, dispone la gráfica de interacción del esfuerzo a la tracción, al visualizar rectas con pendientes muy parecidas entre sí, se interpreta como la ausencia del efecto de esta interacción sobre la respuesta experimental analizada.

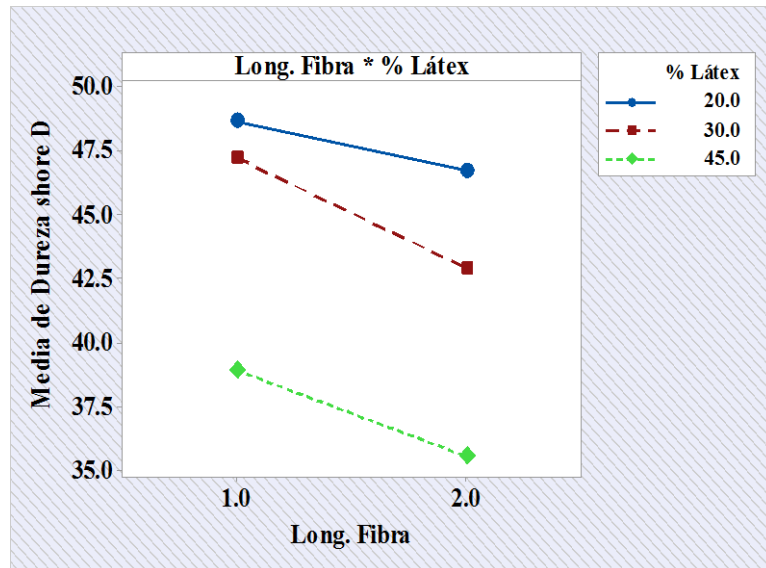


Figura 4-58 Gráfica de efectos de interacción de la dureza shore D.
Fuente: Minitab® 18 Statistical Software

4.2.10 ANÁLISIS DE LA DUREZA SHORE IRHD

4.2.10.1 VERIFICACIÓN DE SUPUESTOS

Inicialmente se evalúan los datos originales de la dureza shore IRHD, se tiene claro interés de que los mismos cumplan con el supuesto de provengan de una distribución normal, que sus tratamientos tengan igual varianza y que las mediciones sean independientes. Es así que, posterior al análisis inicial, cumplen los supuestos de manera estricta.

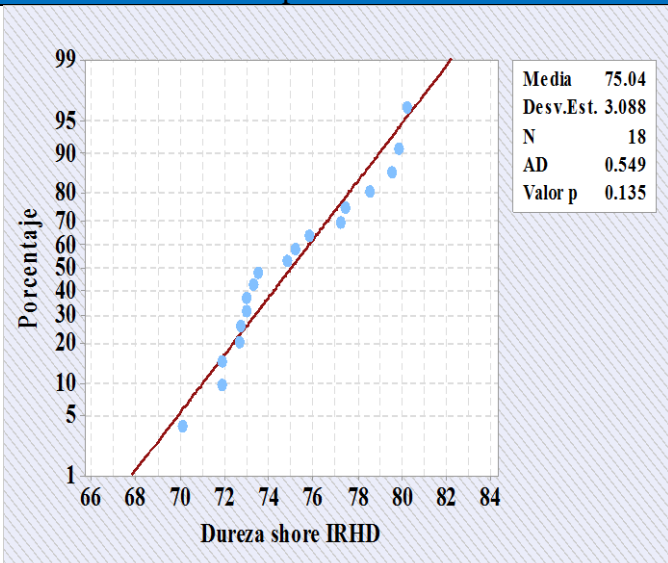
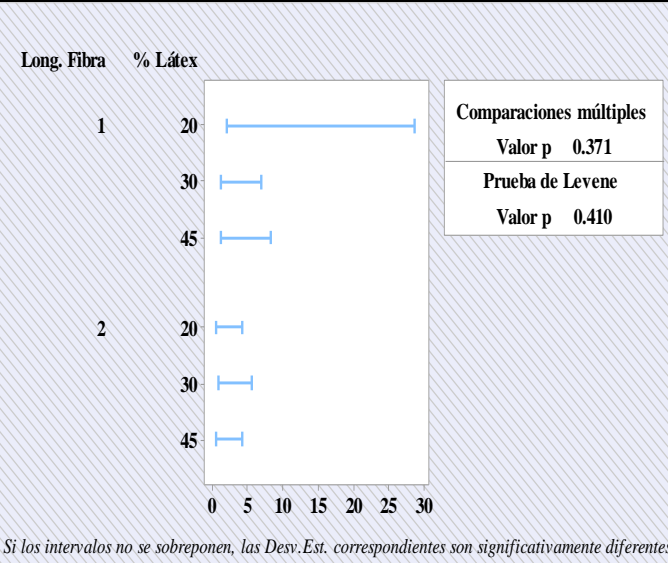
En la Tabla 4-21, se disponen las pruebas y verificaciones necesarias para confirmar que se cumplan los supuestos, al igual que los estadísticos correspondientes.

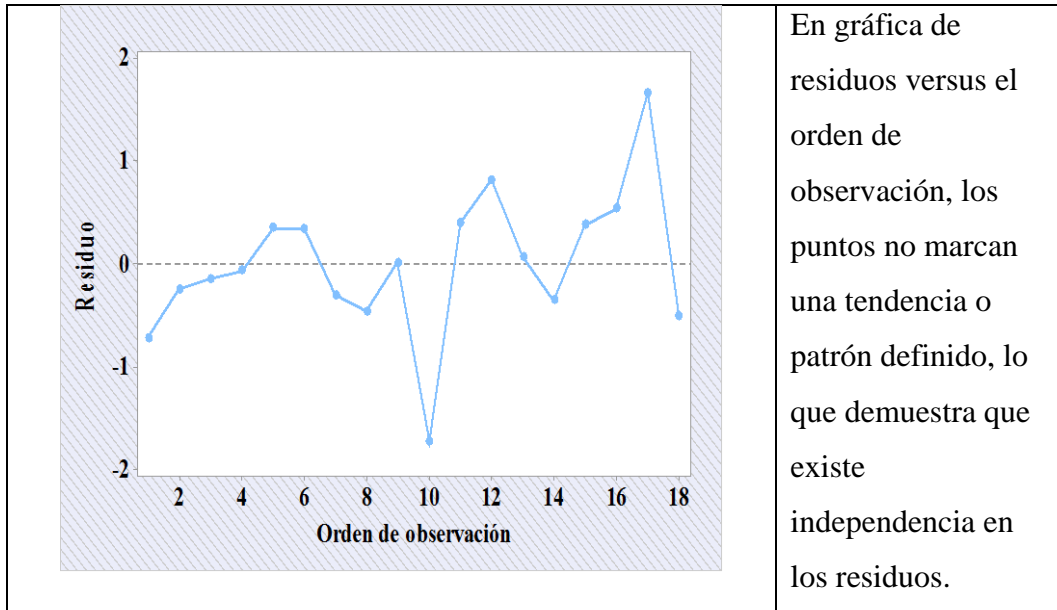
Hipótesis de los supuestos de la Dureza shore D.

H₀: La Dureza Shore IRHD proviene de una distribución normal.

H₁: La Dureza Shore IRHD no proviene de una distribución normal.

Tabla 4-21 Verificación de supuestos de la dureza shore IRHD.

Supuesto de normalidad de los datos	
	Significancia predefinida 0.050 Valor-p 0.135 Ho: Los datos provienen de una distribución normal. No se rechaza la hipótesis nula
Supuesto de igualdad de varianza de los tratamientos	
 <p style="font-size: small; margin-top: 5px;">Si los intervalos no se sobrepone, las Desv.Est. correspondientes son significativamente diferentes.</p>	Significancia predefinida 0.050 Valor-p 0.410 Ho: Los tratamientos tienen varianzas iguales No se rechaza la hipótesis nula
Supuesto de independencia de los residuos	



Fuente: Autor

Tras la verificación de los supuestos se puede proceder a verificar la variabilidad de la dureza shore IRHD, sabiendo que el estadístico de prueba empleado en la tabla del ANOVA contará con la veracidad necesaria para una correcta interpretación de resultados.

4.2.10.2 ANÁLISIS DE LA VARIANZA

Para el diseño experimental empleado en el análisis, se divide la variabilidad de las mediciones, en cuatro fuentes: la variabilidad debida a la longitud de la fibra, la variabilidad debida al porcentaje de látex, la variabilidad correspondiente a la interacción entre la longitud de la fibra con el porcentaje de látex y la variabilidad atribuida al error.

El análisis de la varianza para la dureza shore IRHD se detalla en la Tabla 4-22, aquí se explica el nivel de significancia de cada efecto, y si este contribuye o no en el cambio en la media de esta respuesta experimental.

Tabla 4-22 ANOVA para la dureza shore IRHD.

Fuente de Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Valor-p
Modelo	5	153.528	30.7056	42.88	0.000
Longitud de fibra	1	16.990	16.9896	23.73	0.000
Porcentaje de látex	2	134.607	67.3035	93.99	0.000
Long. fibra * % látex	2	1.932	0.9658	1.35	0.296
Error	12	8.593	0.7161		
Total	17	162.121			

Fuente: Autor

Del análisis de la varianza, en función del valor-p de 0.000, se entiende que las medias poblacionales de esta respuesta son no son significativamente iguales, además el modelo factorial general del diseño factorial completo general, explica el 94.70% de la variabilidad del esfuerzo a la tracción transformado.

Para comprender de manera más clara la contribución de cada fuente de variabilidad tratada en la Tabla 4-22, se visualiza el diagrama de Pareto para el esfuerzo a la tracción en la Figura 4-59, allí se entiende que la interacción entre la longitud de la fibra con el porcentaje de látex no tiene efectos importantes sobre la dureza shore IRHD.

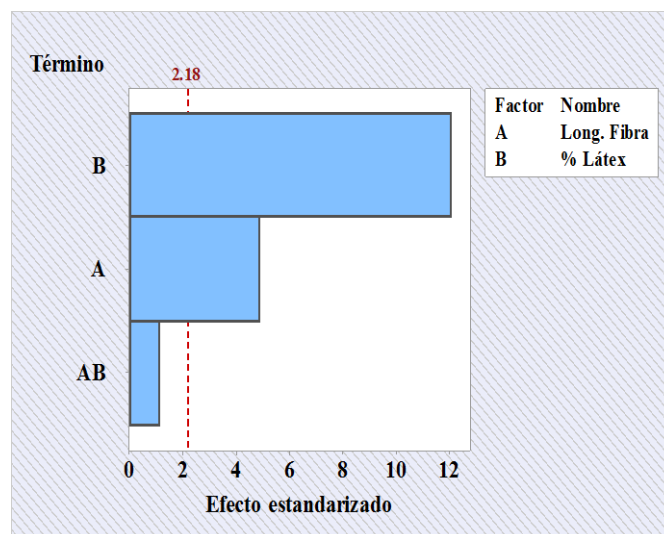


Figura 4-59 Diagrama de Pareto de los efectos para la dureza shore IRHD.

Fuente: Minitab® 18 Statistical Software.

Adicional al diagrama de Pareto, se presentan las gráficas de efectos principales en la Figura 4-60, donde se corrobora el bajo efecto de la longitud de la fibra, contrario a esto, el porcentaje de látex tiene un efecto sumamente importante, que gráficamente se lo aprecia debido a lo pronunciada de su pendiente.

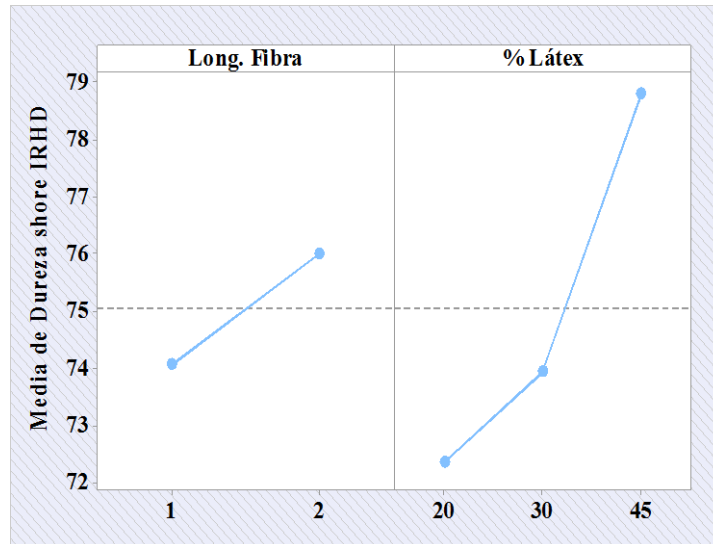


Figura 4-60 Gráfica de efectos principales de la dureza shore IRHD.
Fuente: Minitab® 18 Statistical Software

La Figura 4-61, dispone la gráfica de interacción del de la dureza shore IRHD, al visualizar rectas con pendientes muy similares entre sí, se interpreta como la ausencia del efecto de esta interacción sobre la respuesta experimental analizada.

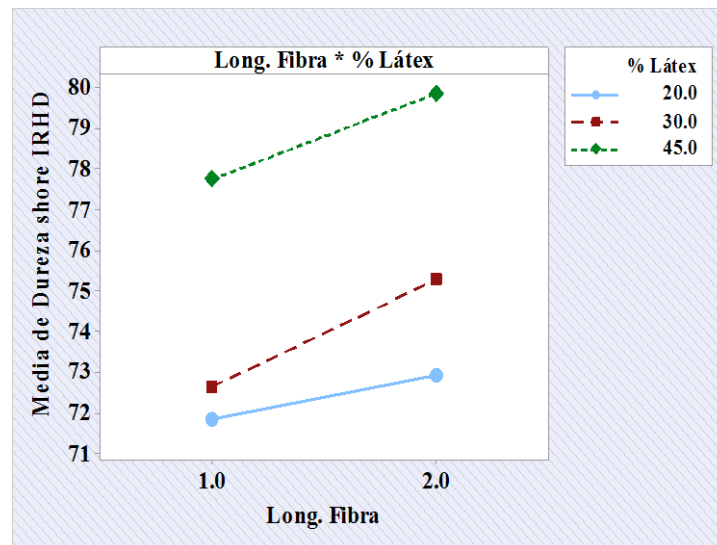


Figura 4-61 Gráfica de efectos de interacción de la dureza shore IRHD.
Fuente: Minitab® 18 Statistical Software

4.2.11 OPTIMIZACIÓN SIMULTÁNEA

Para efectuar la optimización de las propiedades mecánicas del material compuesto, se enfoca el análisis en el uso de la función de deseabilidad, la misma que se basa en considerar las respuestas predichas por cada modelo de regresión factorial evaluado anteriormente, con lo que se logra estimar el óptimo individual. Las respuestas predichas se detallan en la Tabla 4-23.

Tabla 4-23 Respuestas predichas por el modelo.

Factores		Respuestas predichas						
Long. Fibra	% Látex	Esfuerzo a la tracción	Esfuerzo a la fluencia	Esfuerzo a la rotura	Módulo de elasticidad	Módulo de compresión al 20%	Dureza shore D	Dureza shore IRHD
1 cm	20	10.5923	7.6257	1.9304	9.9860	8.8917	48.6667	71.8333
1 cm	30	10.6176	9.0788	1.6963	6.1941	9.3000	47.2500	72.6250
1 cm	45	5.2586	4.8253	0.7885	2.6747	15.0967	38.9167	77.7333
2 cm	20	3.9899	3.0484	0.7306	3.0377	14.4150	46.7500	72.9000
2 cm	30	3.5557	2.8960	1.0639	5.2330	9.9567	42.9167	75.2667
2 cm	45	6.3231	3.4912	0.7309	2.3375	13.7733	35.5417	79.8542

Fuente: Autor

La deseabilidad individual califica cada una de los tratamientos en un intervalo de 0 a 1, lo que hace de este análisis, un método objetivo de estimar el punto óptimo individual. Sin embargo el uso de la función deseabilidad permite optimizar de manera global, todas las propiedades mecánicas analizadas en apartados anteriores, en la Tabla 4-24, se detalla cada uno de los valores de deseabilidad individual, por tratamiento y por propiedad; también se especifica el valor de la deseabilidad global.

Tabla 4-24 Deseabilidad individual y global.

Factores		Deseabilidad individual							Deseabilidad Global
Long. Fibra	% Látex	Esfuerzo a la tracción	Esfuerzo a la fluencia	Esfuerzo a la rotura	Módulo de elasticidad	Módulo compresión al 20%	Dureza shore D	Dureza shore IRHD	
1 cm	20	0.9965	0.7770	1.0000	1.0000	0.3867	1.0000	0.1777	0.6576
1 cm	30	1.0000	1.0000	0.8612	0.5769	0.4270	0.8963	0.2589	0.6504
1 cm	45	0.2485	0.3473	0.3230	0.1843	1.0000	0.2866	0.7826	0.3804
2 cm	20	0.0706	0.0746	0.2887	0.2248	0.9326	0.8598	0.2871	0.2592
2 cm	30	0.0097	0.0512	0.4863	0.4697	0.4919	0.5793	0.5297	0.2084
2 cm	45	0.3978	0.1425	0.2888	0.1467	0.8692	0.0396	1.0000	0.2611

Fuente: Autor

Con el valor de deseabilidad global, es evidente encontrar la combinación óptima de niveles de cada factor, siendo en este caso: fibra de longitud de 1 cm y látex en un 20%. EL punto óptimo con sus factores y niveles se detallan en la Tabla 4-25.

Tabla 4-25 Punto óptimo.

Factores	Nivel óptimo
Longitud de fibra	1 cm
Porcentaje de látex	20%
Propiedades mecánicas	
Esfuerzo a la tracción	10.592 MPa
Esfuerzo a la fluencia	7.626 MPa
Esfuerzo a la rotura	1.930 MPa
Módulo de elasticidad	9.986 MPa
Módulo compresión al 20%	8.892 MPa
Dureza shore D	48.667
Dureza shore IRHD	71.833

Fuente: Autor

4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Para verificar la hipótesis “La caracterización mecánica del material compuesto de matriz elastomérica reforzado con fibra de cabuya permitirá determinar las propiedades mecánicas óptimas para aplicaciones industriales”, es necesario examinar las significancias calculadas en el ANOVA de la deseabilidad global, por lo que es pertinente generar una calificación paralela a la ya revisada en análisis anteriores.

En la Tabla 4-26, se dispone la matriz de diseño para el análisis de la varianza de la deseabilidad global, la matriz se basa en un diseño factorial completo general de 2 réplicas.

Tabla 4-26 Matriz de diseño para la deseabilidad global

Factores		Respuesta
Long. Fibra	% Látex	Deseabilidad Global
1	20	0.6576
1	20	0.5801
1	30	0.6504
1	30	0.5737
1	45	0.3804
1	45	0.3355
2	20	0.2592
2	20	0.2286
2	30	0.2084
2	30	0.1838
2	45	0.2611
2	45	0.2303

Fuente: Autor

Por la naturaleza del diseño, se puede verificar de manera exclusiva si los valores de deseabilidad global siguen una distribución normal, es así, que tras la prueba pertinente es necesario transformar mediante el parámetro igual a -0.5, posterior a esto los datos son adecuados para efectuar el análisis de la varianza.

En el diseño experimental empleado en el análisis, se divide la variabilidad de la deseabilidad global en cuatro fuentes: la variabilidad debida a la longitud de la fibra, la variabilidad debida al porcentaje de látex, la variabilidad correspondiente a la interacción entre la longitud de la fibra con el porcentaje de látex y la variabilidad atribuida al error.

El análisis de la varianza para la deseabilidad global se detalla en la Tabla 4-27, aquí se explica el nivel de significancia de cada efecto, y si este contribuye o no en el cambio en la media de esta respuesta.

Tabla 4-27 ANOVA para la deseabilidad global.

Fuente de Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Valor-p
Modelo	5	1.73136	0.34627	54.53	0.000
Longitud de fibra	1	1.44565	1.44565	227.66	0.000
Porcentaje de látex	2	0.07869	0.03934	6.20	0.035
Long. fibra * % látex	2	0.20702	0.10351	16.30	0.004
Error	6	0.03810	0.00635		
Total	11	1.76946			

Fuente: Autor

Complementando la interpretación del análisis de la varianza, se visualiza en la Figura 4-62 el diagrama de Pareto de los efectos para la deseabilidad global, en donde: la longitud de la fibra, la interacción entre la longitud de la fibra con el porcentaje de látex y por último el porcentaje de látex; tienen efectos significativos sobre la media poblacional de la deseabilidad global.

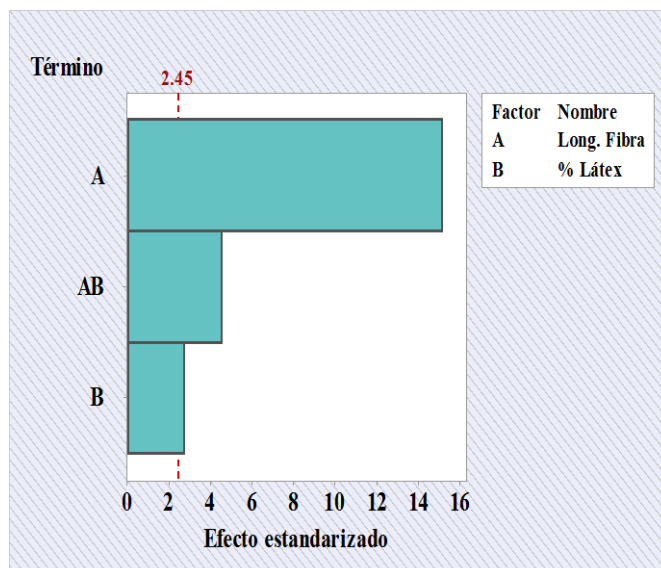


Figura 4-62 Diagrama de Pareto de los efectos para el esfuerzo a la tracción.
Fuente: Minitab® 18 Statistical Software

El modelo de regresión del diseño factorial completo general, explica el 97.85% de la variabilidad de la deseabilidad global, entendiendo que la misma abarca las 7 propiedades mecánicas; por lo que este ajuste se define como un valor global de la variabilidad presente en las mediciones.

Es así que la hipótesis a probar se plantea como:

H0: La caracterización mecánica del material compuesto de matriz elastomérica reforzado con fibra de cabuya no permitirá determinar las propiedades mecánicas óptimas para aplicaciones industriales

H1: La caracterización mecánica del material compuesto de matriz elastomérica reforzado con fibra de cabuya permitirá determinar las propiedades mecánicas óptimas para aplicaciones industriales

Se considera un nivel de significancia de 0.05, contrastando este número con el valor-p del modelo dentro del análisis de la varianza, de esto se entiende lo siguiente:

- La deseabilidad global cuantifica de manera simultánea los requerimientos individuales de algunas respuestas, ya sean maximizar o minimizar las mismas; es así que este valor puede representar las propiedades mecánicas analizadas en anteriores apartados.

- El valor-p del modelo es 0.000, por lo que se rechaza la hipótesis nula, entendiendo que al hallarse diferencias significativas en las medias poblacionales de la deseabilidad, existe un tratamiento óptimo, lo cual lleva a determinar las propiedades mecánicas óptimas del material compuesto.
- Se llega a la conclusión final de que la caracterización mecánica del material compuesto de matriz elastomérica reforzado con fibra de cabuya permitirá determinar las propiedades mecánicas óptimas para aplicaciones industriales.

4.4 APLICACIONES INDUSTRIALES

El Material compuesto de matriz látex con refuerzo de cabuya presento mejores resultados en los siguientes aspectos:

Longitud de fibra de 1cm y fracción volumétrica de 20% Látex - 80% Cabuya

Esfuerzo a la tracción: 10,592 MPa

Esfuerzo a la fluencia: 7,626 MPa

Esfuerzo a la rotura: 1,930 MPa

Módulo de elasticidad: 9,986 MPa

Módulo de compresión al 20%: 8,892 MPa

Dureza shore D: 48,667

Dureza IRHD: 71,833

Es posible que el material compuesto de matriz látex con refuerzo de cabuya puede reemplazar a los tapetes de los buses ya que se determinó una Dureza Shore D 48,667, según la investigación realizada por Franco Giovanni Palacios Pérez donde evalúa la dureza a alta frecuencia de un tapete obteniendo una Dureza Shore D 7,44 donde comparó con los resultados del material compuesto elaborado de matriz elastomérica de látex reforzado con gránulo de caucho reciclado sirve como una alternativa de uso en la fabricación de pisos de buses en la industria carrocera.

Comparativo con otras investigaciones

Los resultados obtenidos del presente investigación servirán de comparativos en las investigaciones desarrolladas con los temas de 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 por F. Palacios, Obtención de un material compuesto de matriz elastomérica y fibra de coco, por S. Gallegos y Obtención de un material biocompuesto a partir de bagazo de caña de azúcar y caucho natural como sustituto del plástico, por C. Vargas donde obtuvieron mejores resultados en propiedades mecánicas detalladas en la Tabla 4-28.

Tabla 4-28 Comparativos con otras investigaciones

Propiedades mecánicas	F. Palacios	S. Gallegos	C. Vargas	A. Machado
Esfuerzo a la tracción	5,252 MPa	0,502 MPa.	3,61 MPa	10,592 MPa
Esfuerzo a la rotura	-	0,502 MPa.	-	1,930 MPa
Dureza shore D	14,94	-	-	48,667

Fuente: Autor

La presente investigación cuanta con un material compuesto que presento mejor adherencia entre su matriz y refuerzo la misma que obtuvo mejores resultados en sus propiedades mecánicas a diferencia de las investigaciones antes mencionadas.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

La recolección y análisis de datos del presente estudio sometido a ensayos a tracción, compresión y dureza para determinar las propiedades mecánicas del material compuesto de matriz látex reforzado con fibra de cabuya con diferentes configuraciones volumétricas y orientación al azar se obtuvo las siguientes conclusiones:

- A través de los ensayos realizados mediante la normativa UNE al material compuesto se determinó las propiedades mecánicas donde se obtuvo como mejores resultados a una longitud de fibra de 1cm y fracción volumétrica de 20% Látex - 80% Cabuya los siguientes resultados :
Esfuerzo a la tracción: 10,592 MPa
Esfuerzo a la fluencia: 7,626 MPa
Esfuerzo a la rotura: 1,930 MPa
Módulo de elasticidad: 9,986 MPa
Módulo de compresión al 20%: 8,892 MPa
Dureza shore D: 48,667
Dureza IRHD: 71,833
- Se analizó que la fracción volumétrica de 20% Látex - 80% cabuya con longitud de fibra de cabuya de 1cm, posee mayor esfuerzo a la tracción esto es debido a que su refuerzo es de dimensión mucho más menor permitiendo que el material se adherirse de mejor manera obteniendo mejores resultados en comparación a la fibra corta de 2cm.
- Mediante la metodología estadística basada en el diseño factorial completo general y la función de deseabilidad se determinó el mejor resultado óptimo del material compuesto donde se obtuvo con una Longitud de fibra de 1cm y fracción volumétrica de 20% Látex - 80% Cabuya.
- Para la conformación de las probetas del material compuesto se determinó fracciones volumétricas, orientación de refuerzo y tamaño del mismo utilizando molde a compresión permitiendo al material obtener una buena adherencia entre la matriz y el refuerzo.

- Mediante la conformación del material compuesto de matriz látex y refuerzo de cabuya se observó que el refuerzo se expandía a tal punto se optó por la compactación del compuesto utilizando presiones de 3000 psi al molde de tracción y de 4000 psi al molde de compresión y dureza.
- El ensayo de compresión se realizó con una velocidad de 10 mm/min hasta que alcanzó una deformación del 25% del material compuesto, evaluando la posición inicial a la misma velocidad de 10mm/min se repitió el ciclo tres veces formando una secuencia de cuatro ciclos ininterrumpida registrando como valor a analizar la cuarta repetición.
- El tiempo de curación es sometido a una temperatura de 400°C del material compuesto de matriz látex con refuerzo de cabuya, se determinó mediante pruebas sometidas con el pirómetro cuyos tiempos fueron de 17 min para la obtención del molde de probetas a tracción y 27 min para el molde de probetas a compresión y dureza.

5.2 RECOMENDACIONES

Al terminar la caracterización mecánica del material compuesto y obteniendo los resultados deseados se debe tomar en cuenta varias recomendaciones como son:

- El área del molde debe estar dimensionada acorde a la cantidad de probetas de tracción, compresión y dureza evitando sobre dimensionamientos y tener una correcta homogeneidad.
- El área de los moldes debe estar libre de impurezas para que las probetas obtengan un buen acabado superficial, se aplica una capa de será en la área de trabajo permitiendo que el material compuesto no se adhiera al molde.
- El ajuste en los pernos debe considerar de forma aleatoria para obtener una adecuada uniformidad en el material.
- Para el desmolde de las probetas se debe tomar en cuenta que el molde debe estar a temperatura ambiente esto permitirá la fácil extracción del nuevo material compuesto.
- El material es cortado con láser obteniendo una homogeneidad en las probetas a tracción compresión y dureza especificadas en la norma UNE.
- Se debe realizar una sola pasa mediante el corte laser ya que al realizar varias pasas el material comienza a perder espesor por la afectación térmica lo que no permitirá cumplir sus dimensiones requeridas.

- La rigidez del molde se encuentra en función del espesor y el material de sus componentes que lo conforman como la base y la tapa los mismos que deben poseer un espesor adecuado para no sufrir daños a la acción de fuerzas al momento de la compactación y del moldeo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Álvarez, “Obtención de materiales compuesto de matriz polimérica formulado incorporando tejidos y no tejidos de fibras naturales,” Tesis trabajo fin de carrera, Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2015.
- [2] S. Idrobo, “Obtención de un material compuesto de matriz elastomérica y fibra de coco,” Tesis trabajo final de carrera, Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2011.
- [3] F. Palacios, "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”, Tesis de Ingeniería, Universidad técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, 2017. [En línea]. Disponible en: <https://goo.gl/RPDQKo>.
- [4] S. Gonzáles, “Estudio de Factibilidad de la Fibra de Coco en el Recinto la Tolita, Pampa el Oro – Esmeraldas,” Tesis trabajo final de carrera, Carrera de ingeniería Industrial, Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador.
- [5] J. Rios, L. Mendoza, J. Reyes” Estudio comparativo de las propiedades mecánicas de la resina poliéster reforzada con fibra de bambú, como material sustituto de la fibra de vidrio,” *DYNA*, pp. 7, 2017.
- [6] A. Jimenez,”Materiales elastoméricos con memoria de forma,” Tesis doctoral, Instituto de tecnologías y polímeros, Universidad complutense de Madrid, Madrid, España, 2017. [En línea]. Disponible en: <https://goo.gl/g6Tpyf>
- [7] H. Guerrero, P.Pontón, A. Tamayo, H. Villacís, F. Delgado, S. Galeas “Materiales compuestos de matriz poliéster reforzados con fibras naturales y sintéticas”, pp 5.

- [8] W.D. Callister, "Introducción a la Ciencia de la Ingeniería de los materiales", Vol.1 Barcelona- España Reverte Séptima Ed, 2007, pp 2-3.
- [9] A. Ochoa, "Reciclado Mecánico de materiales Compuesto con fibras de celulosa," Tesis Doctoral, Ingeniería Química Industrial y Medio Ambiente, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, 2005.
- [10] V. H. Guerrero. (2011, Diciembre) Nuevos Materiales: Aplicaciones. (1ra Edición).
- [11] Ashby, Michael, And Jones David. Material Selection In Mechanical Desing. Chapter 3, 2011.
- [12] S. Estrella, "Estudio de un material compuesto a base de fibras naturales de cabuya para mejorar las propiedades mecánicas de elementos de concreto reforzado," Tesis trabajo final de carrera, Ingeniería Civil, Universidad nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, 2016.
- [13] C. Sailema, "Evaluación del comportamiento mecánico de un material compuesto de matriz poliéster reforzado con fibras de tereftalato de polietileno y su posible aplicación industrial," Tesis trabajo final de carrera, Ingeniería Mecánica, Universidad Técnica de Ambato, Ambato , Ecuador, 2017.
- [14] F. Stupenengo, "Materiales y Materias Primas," Argentina: Saavedra, 2011.
- [15] C. Pérez, "Naval Composites: Los materiales compuestos y la industria naval," Trabajo final de Carrera, Departamento de Ciencia e Ingeniería Náutica, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, 2016.
- [16] E. Hermida, "Polímeros," Polímeros, pp 14, 2011.
- [17] L. Barriga, "Estudio De Polímeros Híbridos Estratificados De Matriz Epóxica Reforzada Con Tejido Mixto Elaborado Con Fibras De Carbono," Trabajo Final de Carrera, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2014.

- [18] Michaeli, Wegener, Capella. (1989) Tecnología de los Composites/Plásticos Reforzados. Aquisgran: Hanser. (1992).
- [19] N. Bekkedahl, "Caucho natural y caucho sintético", National Bureau of Standards, Whashington DC, USA.
- [20] G. Castro, "Materiales y compuestos para la industria del neumático," Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Mecánica, Buenos Aires, Argentina, 2008.
- [21] S.Barretto. (2006, Febrero). Diseño de calzado urbano (1ra ed.) [Online]. Disponible en: <https://goo.gl/wrRRRi>.
- [22] A Lozada. A Espinoza, "Fabricación de un retrovisor para el vehículo SUZUKI FORSA con material compuesto de matriz polimérica de poliéster y refuerzo natural de cabuya," Trabajo final de carrera, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2017.
- [23] V. Gómez, "Caracterización mecánica de materiales compuestos manufacturados fuera de autoclave," Trabajo final de carrera, Ciencia y Tecnología, Posgrado Interinstitucional de Ciencia y Tecnología, Santiago de Querétaro, 2017.
- [24] H. Salazar "Obtención de materiales compuestos híbridos de matriz poliéster reforzados con fibra de vidrio y abacá mediante estratificación," Trabajo final de carrera, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2011.
- [25] Mazumdar, Sanjay. Composites Manufacturing.CRC Press LLC.2002
- [26] A. Besednjak, *Materiales Compuestos Procesos de fabricación de embarcaciones, Ira*. Barcelona: UPC, 2005, Cap. 8.
- [27] Miravete, A, *Documentación de las III jornadas de material compuesto, Ingeniería de Materiales Compuestos, Vol. 1*, Zaragoza: Reverté. S.A 30 Marzo-3 Abril, 1992.

- [28] H. Fahrenholz. (2015, Marzo 23.). Ensayo de materiales en composites para construcciones ligeras. [Online]. Disponible en: <http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/133568-Ensayo-de-materiales-en-composites-para-construcciones-ligeras.html>
- [29] *Elastómeros vulcanizados o termoplásticos Determinación de las propiedades de esfuerzo-deformación en tracción*, UNE-ISO 37, 2013.
- [30] *Elastómeros vulcanizados o termoplásticos Determinación de las propiedades esfuerzo/deformación en compresión*, UNE-ISO 7743, 2016.
- [31] *Elastómeros vulcanizados o termoplásticos Determinación de la dureza (dureza entre 10IRHD Y 100 IRHD)*, UNE-ISO 48, 2008.

ANEXOS

ANEXO 1: Norma para ensayo de tracción UNE ISO 37

ANEXO 2: Norma para ensayo de compresión UNE ISO 7743

ANEXO 3: Norma para ensayo de dureza UNE ISO 48

ANEXO 4: Informe técnico de ensayo a tracción

ANEXO 5: Informe técnico de ensayo a compresión

ANEXO 6: Informe técnico de ensayo de dureza

ANEXO 7: Planos

ANEXO 8: Certificado del Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero.

ANEXO 9: Factura de la adquisición de licencia de software estadístico Minitab®.

**ANEXO 1: Norma para ensayo de tracción UNE
ISO 37**

Septiembre 2013

TÍTULO

Elastómeros

Caucho, vulcanizados o termoplásticos

Determinación de las propiedades de esfuerzo-deformación en tracción

Rubber, vulcanised or thermoplastic. Determination of tensile stress-strain properties.

Caoutchouc vulcanisé ou thermoplastique. Détermination des caractéristiques de contrainte-déformation en traction.

CORRESPONDENCIA

Esta norma es idéntica a la Norma Internacional ISO 37:2011.

OBSERVACIONES

Esta norma anula y sustituye a la Norma UNE-ISO 37:2011.

ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 53 *Plásticos y caucho* cuya Secretaría desempeña ANAIP-COFACO.

ÍNDICE

	Página
PRÓLOGO	4
1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	5
2 NORMAS PARA CONSULTA	5
3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES	5
4 PRINCIPIO DEL MÉTODO	8
5 GENERALIDADES	8
6 PROBETAS	9
7 APARATOS	10
8 NÚMERO DE PROBETAS	14
9 PREPARACIÓN DE PROBETAS	14
10 ACONDICIONAMIENTO DE MUESTRAS Y PROBETAS	15
11 MARCADO DE LAS PROBETAS CON FORMA DE HALTERIO	15
12 MEDICIÓN DE LAS PROBETAS	16
13 PROCEDIMIENTO OPERATORIO	16
14 TEMPERATURA DE ENSAYO	17
15 CÁLCULO DE RESULTADOS	17
16 EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS	20
17 PRECISIÓN	20
18 INFORME DEL ENSAYO	20
ANEXO A (Informativo) PREPARACIÓN DE LAS PROBETAS CON FORMA DE ANILLO TIPO B	21
ANEXO B (Informativo) PRECISIÓN	24
ANEXO C (Informativo) ANÁLISIS DE LOS DATOS DEL ITP Y DE LAS PROBETAS CON FORMA DE HALTERIO	28
BIBLIOGRAFÍA	32

PRÓLOGO

ISO (Organización Internacional de Normalización) es una federación mundial de organismos nacionales de normalización (organismos miembros de ISO). El trabajo de preparación de las normas internacionales normalmente se realiza a través de los comités técnicos de ISO. Cada organismo miembro interesado en una materia para la cual se haya establecido un comité técnico, tiene el derecho de estar representado en dicho comité. Las organizaciones internacionales, públicas y privadas, en coordinación con ISO, también participan en el trabajo. ISO colabora estrechamente con la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) en todas las materias de normalización electrotécnica.

Las normas internacionales se redactan de acuerdo con las reglas establecidas en la Parte 2 de las Directivas ISO/IEC.

La tarea principal de los comités técnicos es preparar normas internacionales. Los proyectos de normas internacionales adoptados por los comités técnicos se envían a los organismos miembros para votación. La publicación como norma internacional requiere la aprobación por al menos el 75% de los organismos miembros que emiten voto.

Se llama la atención sobre la posibilidad de que algunos de los elementos de este documento puedan estar sujetos a derechos de patente. ISO no asume la responsabilidad por la identificación de cualquiera o todos los derechos de patente.

La Norma ISO 37 fue preparada por el Comité Técnico ISO/TC 45 *Elastómeros y productos de elastómeros*, Subcomité SC 2, *Ensayos físicos y de degradación*.

Esta quinta edición anula y sustituye a la cuarta edición (Norma ISO 37:2005) que ha sido revisada técnicamente. También incorpora el Corrigendum Técnico ISO 37:2005/Cor.1:2008.

Los cambios principales técnicos se refieren al ensayo de las probetas con forma de anillo, que se describe ahora con más detalle.

ADVERTENCIA – Los usuarios de esta norma 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 el establecer las prácticas de seguridad y salud adecuadas y el asegurar que se cumple cualquier reglamentación nacional existente.

IMPORTANTE – Ciertos procedimientos especificados en esta norma internacional podrían implicar el uso o la generación de sustancias, o la generación de residuos, que podrían constituir un peligro ambiental local. Se debería hacer referencia a la documentación correspondiente sobre la manipulación y eliminación segura después del uso.

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma internacional describe un método para la determinación de las propiedades de esfuerzo-deformación en tracción de cauchos vulcanizados y termoplásticos.

Las propiedades que pueden determinarse son la resistencia en tracción, el alargamiento a la rotura, el esfuerzo a un alargamiento dado, el alargamiento a un esfuerzo dado, esfuerzo en el punto de fluencia y alargamiento en el punto de fluencia. La medición del esfuerzo y deformación en el punto de fluencia únicamente aplica a algunos cauchos termoplásticos y algunos otros compuestos.

2 NORMAS PARA CONSULTA

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

ISO 5893 *Aparatos de ensayo para plásticos y caucho. Tipos para ensayos de tracción, flexión y compresión (a velocidad de desplazamiento constante). Especificaciones.*

ISO 23529:2010 *Elastómeros. Procedimientos generales de preparación y acondicionamiento de probetas para ensayos físicos.*

3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los fines de este documento, se aplican los términos y definiciones siguientes:

3.1 esfuerzo de tracción, S :

Esfuerzo aplicado para deformar la probeta.

NOTA Se calcula como la fuerza aplicada por unidad de superficie de la sección transversal original de la longitud de ensayo.

3.2 alargamiento, E :

Extensión, expresada en porcentaje de la longitud de ensayo, producida en la probeta mediante un esfuerzo de tracción.

3.3 resistencia a la tracción, TS :

Esfuerzo de tracción máximo registrado durante el alargamiento de la probeta hasta el punto de rotura.

NOTA Véanse las figuras de 1 a) a 1 c).

3.4 resistencia a la tracción en el punto de rotura, TS_b :

Esfuerzo de tracción registrado en el momento de la rotura.

NOTA 1 Véanse las figuras de 1a) a 1c).

NOTA 2 Los valores de TS y TS_b podrían ser diferentes si después de la fluencia en S_y , continúa el alargamiento y se acompaña de una disminución en el esfuerzo, dando lugar a una TS_b menor que TS [véase la figura 1c)].

3.5 alargamiento en la rotura, E_b :

Deformación en tracción de la longitud de ensayo en el punto de rotura.

NOTA Véanse las figuras de 1a) a 1c).

3.6 alargamiento a un esfuerzo dado, E_S :

Deformación en tracción que se produce en la longitud de ensayo cuando la probeta se somete a un esfuerzo de tracción dado.

3.7 esfuerzo a un alargamiento dado, S_e :

Esfuerzo de tracción requerido para producir un alargamiento dado en la longitud de ensayo.

NOTA En la industria del caucho, esta definición se identifica con el término "módulo", y se debería tener cuidado para evitar las confusiones con el otro empleo del término "módulo" que representa la pendiente de la curva esfuerzo-deformación a un alargamiento dado.

3.8 esfuerzo de tracción en fluencia, S_y :

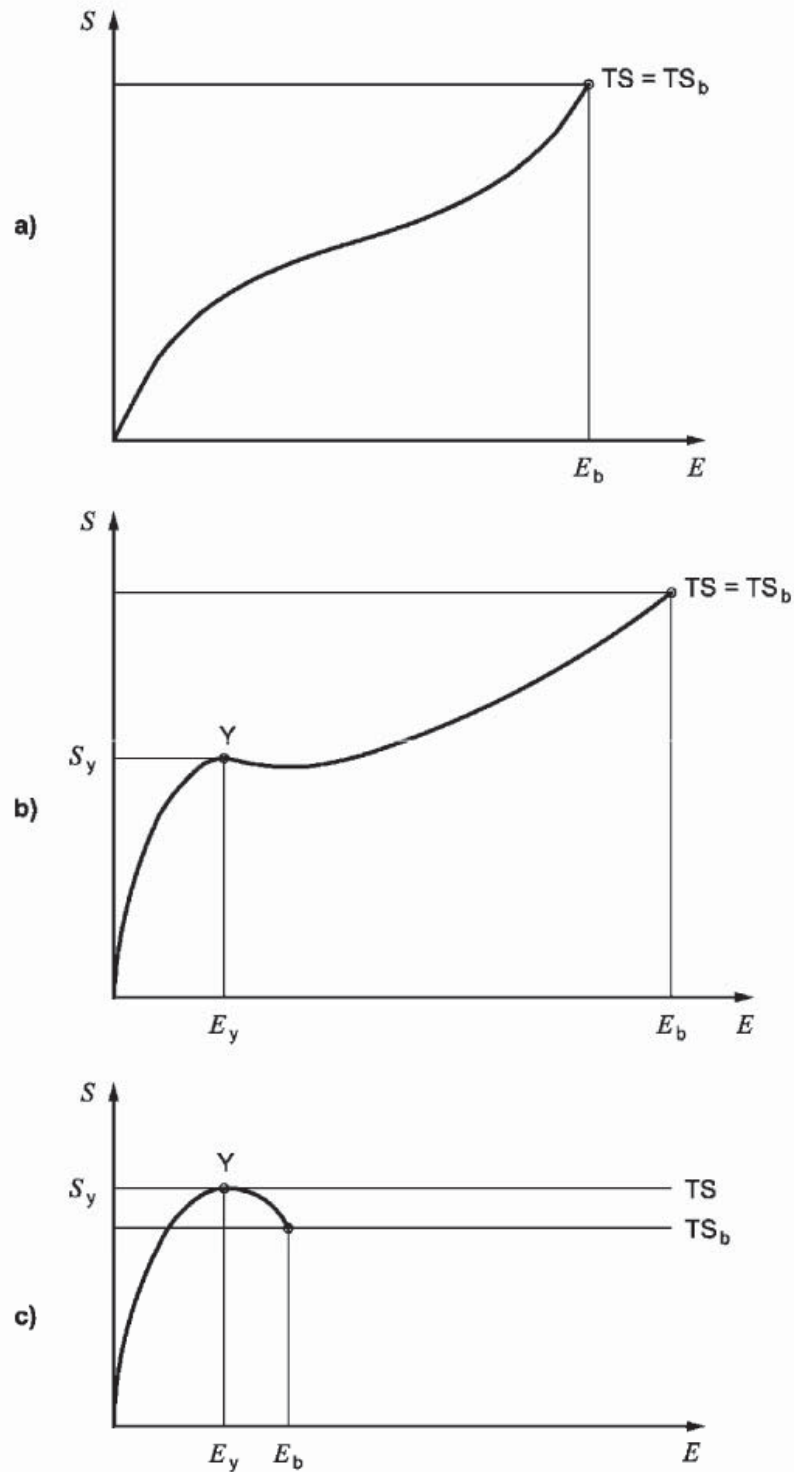
Esfuerzo de tracción en el primer punto de la curva esfuerzo-deformación donde se produce un incremento en la deformación sin incremento del esfuerzo.

NOTA Esto podría corresponder a un punto de inflexión [véase la figura 1b)] o a un máximo [véase la figura 1c)].

3.9 alargamiento en fluencia, E_y :

Deformación en tracción en el primer punto de la curva esfuerzo-deformación donde un incremento en la deformación no va acompañado de un incremento del esfuerzo.

NOTA Véanse las figuras 1b) y 1c).



Leyenda

- | | | | |
|-------|--------------------------------------|--------|---|
| E | Alargamiento | S_y | Esfuerzo de tracción en el punto de fluencia |
| E_b | Alargamiento en el punto de rotura | TS | Resistencia a la tracción |
| E_y | Alargamiento en el punto de fluencia | TS_b | Resistencia a la tracción en el punto de rotura |
| S | Esfuerzo de tracción | Y | Punto de fluencia |

Figura 1 – Ilustración de los términos de tracción

3.10 longitud de ensayo de una probeta con forma de halterio:

Distancia inicial entre los puntos de referencia de la sección estrecha de una probeta con forma de halterio utilizada para medir el alargamiento.

NOTA Véase la figura 2.

4 PRINCIPIO DEL MÉTODO

Las probetas normalizadas, con forma de halterio o anillo, se estiran en una máquina de ensayo de tracción con velocidad de desplazamiento constante de los rodillos extensores o mordazas móviles. Las lecturas de la fuerza y del alargamiento se toman durante la deformación ininterrumpida de la probeta y hasta que ésta se rompe.

5 GENERALIDADES

Las probetas con forma de halterio y anillo no proporcionan necesariamente los mismos resultados de las propiedades de esfuerzo-deformación. Esto es debido, principalmente, a que en los anillos deformados, el esfuerzo no es uniforme en toda su sección transversal. Un segundo factor es la anisotropía producida por el laminado que podría motivar que las probetas con forma de halterio presenten diferentes valores dependiendo de si su eje longitudinal es paralelo o perpendicular a la dirección del laminado.

Los puntos principales a tener en cuenta para la elección entre probetas con forma de halterio o anillo son los siguientes:

a) Resistencia a la tracción

Las probetas con forma de halterio son preferibles para la determinación de la resistencia a la tracción. Las probetas anulares dan valores inferiores, a veces muy inferiores, a los que se obtienen con las probetas con forma de halterio.

b) Alargamiento en la rotura

Las probetas con forma de anillo proporcionan, aproximadamente, los mismos valores que las probetas con forma de halterio, siempre que

- 1) el alargamiento de las probetas anulares se calcule como porcentaje de la circunferencia interna inicial, y
- 2) las probetas con forma de halterio se corten perpendicularmente a la dirección del laminado, si éste afecta al alargamiento significativamente.

Las probetas con forma de halterio deben utilizarse si se requiere estudiar los efectos del laminado, para los que no pueden emplearse las probetas anulares.

c) Alargamiento a un esfuerzo dado y esfuerzo a un alargamiento dado

Se prefieren generalmente las probetas con forma de halterio (tipos 1, 2 y 1A).

Las probetas con forma de anillo y con forma de halterio proporcionan, aproximadamente, los mismos valores siempre que

- 1) el alargamiento de las probetas anulares se calcule como porcentaje de la circunferencia media inicial, y
- 2) el valor promedio se obtenga en probetas con forma de halterio, cortadas en dirección paralela y perpendicular a la del laminado, si éste afecta significativamente.

Las probetas con forma de anillo podrían ser preferibles para la determinación del esfuerzo a una deformación dada y en los ensayos automáticos, debido a la facilidad del manejo.

6 PROBETAS

6.1 Generalidades

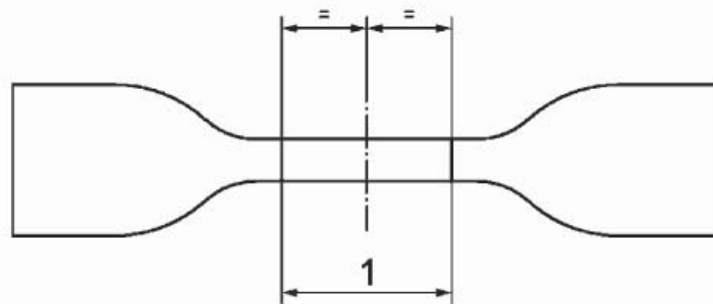
Las probetas en miniatura podrían dar alguna diferencia, normalmente más elevados, en los valores de resistencia a la tracción y alargamiento a la rotura que las probetas más grandes.

Se proporcionan siete tipos de probetas, es decir, tipos 1, 2, 3, 4 y 1A con forma de halterio y tipos A (normal) y B (miniatura) con forma de anillo. Los resultados obtenidos para un material dado son ligeramente diferentes conforme al tipo de probeta utilizada, y los resultados obtenidos para materiales diferentes no se deberían, por lo tanto, considerar comparables a menos que se haya utilizado el mismo tipo de probeta.

Si al preparar las probetas se requiere pulido o ajuste del espesor, los resultados podrían verse afectados.

6.2 Probetas con forma de halterio

Las probetas con forma de halterio deben tener la geometría que se muestra en la figura 2.



Leyenda

1 Longitud de ensayo (véase tabla 1)

Figura 2 – Dimensiones de las probetas con forma de halterio

El espesor normalizado de la sección estrecha 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 el tipo 4.

La longitud de ensayo debe estar de acuerdo con la tabla 1.

Las demás dimensiones de las probetas con forma de halterio deben conseguirse empleando un troquel adecuado (véase la tabla 2).

Para probetas no normalizadas, por ejemplo, aquellas tomadas de productos acabados, el espesor máximo de la sección estrecha debe ser para el tipo 1 y 1A, de 3,0 mm, para los tipos 2 y 3 de 2,5 mm y para el tipo 4 de 2,0 mm.

Tabla 1 – Longitud de ensayo de las probetas con forma de halterio

Tipo de probeta	Tipo 1	Tipo 1A	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4
Longitud de ensayo (mm)	25 ± 0,5	20 ± 0,5 ^a	20 ± 0,5	10 ± 0,5	10 ± 0,5
^a La longitud de ensayo no debe exceder de la longitud de la sección estrecha de la probeta (dimensión C en la tabla 2).					

Las probetas con forma de halterio tipo 3 y 4 se deben emplear únicamente cuando no se dispone de material suficiente para las probetas más grandes. Estas probetas son particularmente apropiadas para los productos de ensayo y se emplean con algunas normas de producto, por ejemplo, el tipo 3 se ha utilizado para el ensayo de juntas elastoméricas de tubos y para cubiertas de cables.

6.3 Probetas con forma de anillo

Las probetas normalizadas con forma de anillo del tipo A, deben tener un diámetro interno de 44,6 mm ± 0,2 mm. Las medianas del espesor y de la anchura radial deben ser de 4 mm ± 0,2 mm. La anchura radial en cualquier probeta anular, no debe desviarse en ningún punto en más de 0,2 mm de la mediana y el espesor de la probeta anular no debe desviarse en ningún punto en más de un 2% de la mediana.

Las probetas con forma de anillo normalizadas del tipo B, deben tener un diámetro interno de 8 mm ± 0,1 mm. Las medianas del espesor y de la anchura radial deben ser de 1 mm ± 0,1 mm. La anchura radial en cualquier probeta con forma de anillo, no debe desviarse en ningún punto en más de 0,1 mm de la mediana. Esta probeta se debe utilizar únicamente cuando no se disponga de material suficiente para la probeta mayor de tipo A.

7 APARATOS

7.1 Troqueles y cuchillas

Todos los troqueles y cuchillas utilizados deben estar de acuerdo con la Norma ISO 23529. Los troqueles para la preparación de las probetas con forma de halterio deben tener las dimensiones dadas en la tabla 2 y la figura 3 excepto para el extremo de corte para el que la figura 3 sólo indica una geometría apropiada. La desviación del paralelismo en cualquier punto a lo largo de la sección estrecha del troquel no debe exceder en ningún punto de 0,05 mm.

Para un método de corte de las probetas tipo B, véase el anexo A.

Tabla 2 – Dimensiones de los troqueles para probetas con forma de halterio

Dimensión	Tipo 1	Tipo 1A	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4
A Longitud total (mínima) ^a (mm)	115	100	75	50	35
B Anchura de los extremos (mm)	25 ± 1	25 ± 1	12,5 ± 1	8,5 ± 0,5	6 ± 0,5
C Longitud de la sección estrecha (mm)	33 ± 2	21 ± 1	25 ± 1	16 ± 1	12 ± 0,5
D Anchura de la sección estrecha (mm)	6,2 ± 0,2	5 ± 0,1	4 ± 0,1	4 ± 0,1	2 ± 0,1
E Radio de transición exterior (mm)	14 ± 1	11 ± 1	8 ± 0,5	7,5 ± 0,5	3 ± 0,1
F Radio de transición interior (mm)	25 ± 2	25 ± 2	12,5 ± 1	10 ± 0,5	3 ± 0,1
^a Podría ser necesaria una longitud total mayor para asegurar que sólo las partes anchas de los extremos de la probeta sean aprisionadas con las mordazas de la máquina, evitando la rotura de la sección estrecha ("roturas por los hombros").					

7.2 Micrómetro

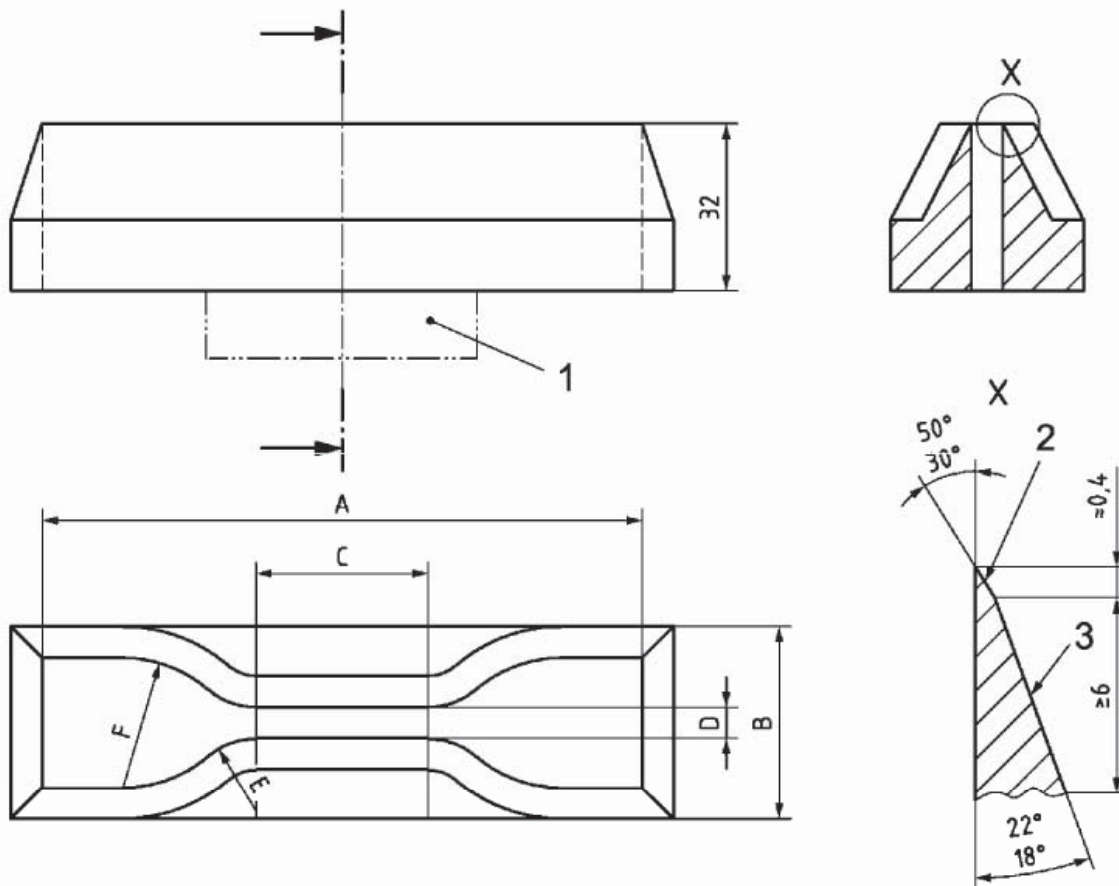
El instrumento para medir los espesores de las probetas con forma de halterio y el espesor de las probetas con forma de anillo, debe ser conforme al utilizado en el método A de la Norma ISO 23529:2010.

El instrumento para medir la anchura radial de las probetas anulares debe ser similar al anterior, pero el contacto y la placa base deben tener una conformación curva para fijar el anillo.

7.3 Galga cónica

Para medir el diámetro interno de las probetas anulares debe utilizarse una galga cónica u otro equipo apropiado. El equipo debe ser capaz de medir el diámetro con un error de no más de 0,01 mm. Los medios de soporte del anillo que va a medirse deben ser tales que eviten cualquier cambio significativo en la dimensión que va a ser medida.

Medidas en milímetros



Leyenda

- 1 Método de fijación adaptado a la máquina
- 2 Afilado liso
- 3 Afilado

NOTA 1 Para las dimensiones de A a F, véase la tabla 2.

NOTA 2 Los diagramas de las secciones de la derecha muestran secciones cuchillas fijas típicas.

Figura 3 – Troquel para probetas con forma de halterio

7.4 Máquina de ensayo de tracción

7.4.1 La máquina de ensayo de tracción debe estar de acuerdo con los requisitos de la Norma ISO 5893, con una exactitud de medición de la fuerza correspondiente a la clase 2. Cuando se utilice, el extensómetro debe tener una exactitud que corresponda a la clase D para probetas con forma de halterio de los tipos 1, 2 y 1A y la clase E para probetas con forma de halterio para los tipos 3 y 4. La máquina debe ser capaz de operar, como mínimo, a velocidades de desplazamiento de 100 mm/min, 200 mm/min y 500 mm/min.

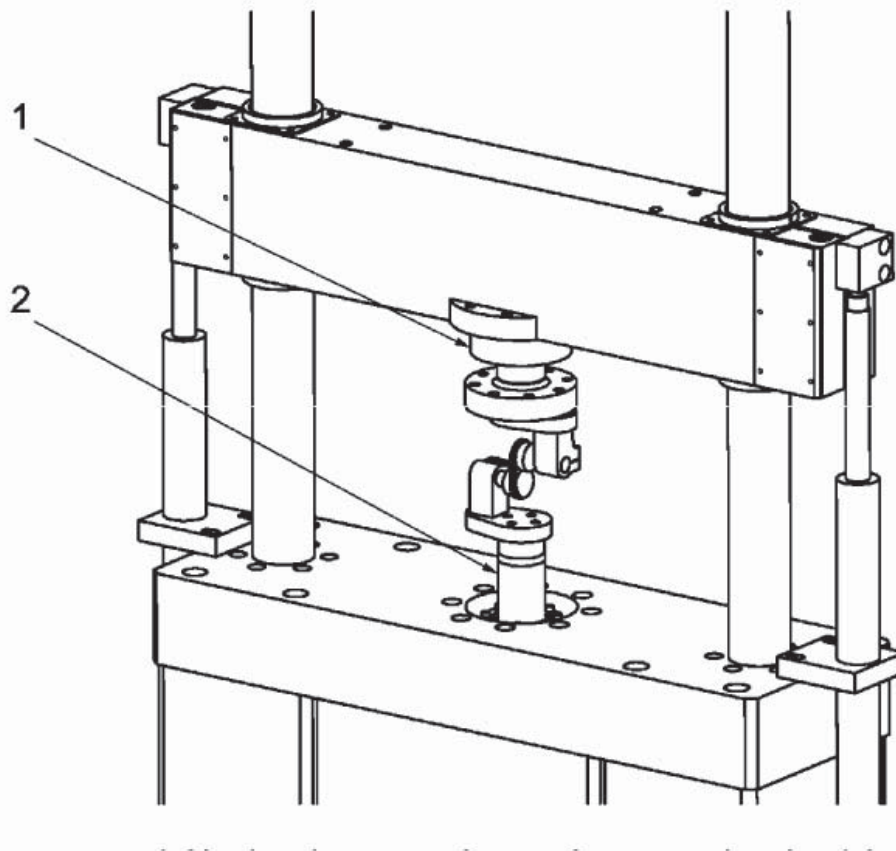
Cuando se ensayan probetas con forma de halterio, el método de medición de la extensión podría requerir que la máquina de ensayo aplique un pequeño pretensado a la probeta para evitar que se doble. En este caso, la máquina debe ser capaz de aplicar el pretensado necesario.

7.4.2 Para los ensayos a otras temperaturas distintas de las normalizadas de laboratorio, debe unirse a la máquina de ensayo de tracción una cámara termostática apropiada. La guía para lograr temperaturas elevadas o por debajo de lo normal se da en la Norma ISO 23529.

7.5 Banco de ensayos para probetas con forma de anillo

En la figura 4 se muestra un ejemplo de un banco de ensayo utilizando poleas para el ensayo de probetas en forma de anillo. Para probetas en forma de anillo de los tipos A y B, las dimensiones del rodillo deben ser según lo especificado en la tabla 3 y en la figura 5.

Uno de los rodillos debe estar libre para girar con muy poca fricción y el otro rodillo debe ser accionado para girar el anillo. Debe funcionar a una velocidad entre 10 rpm y 15 rpm.



Leyenda

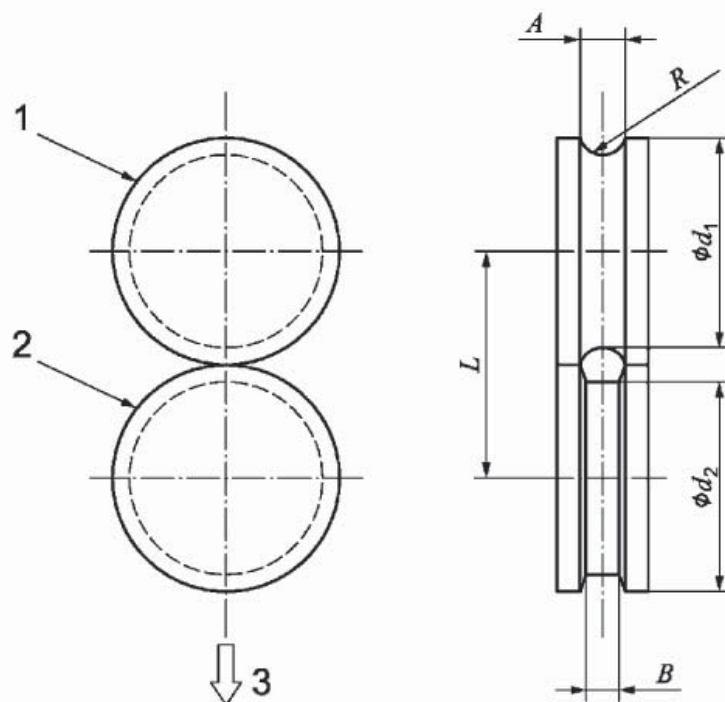
- 1 Célula de carga
- 2 Accionador

Figura 4 – Ejemplo de un banco para ensayos de tracción a probetas con forma de anillo

Tabla 3 – Dimensiones de los rodillos

Medidas en milímetros

Rodillos	L	$\varnothing d_1$	A	R	$\varnothing d_2$	B
Rodillos normalizados para anillos del tipo A	$30^{+0,5}_0$	$25 \pm 0,05$	6,0	3,0	$25 \pm 0,05$	4,3
Rodillos alternativos para anillos del tipo A	$35^{+0,5}_0$	22,3	–	–	22,3	5,0
Rodillos normalizados para anillos del tipo B	$5,3^{+0,2}_0$	$4,50 \pm 0,02$	1,5	0,75	$4,50 \pm 0,02$	1,0



Leyenda

- 1 Rodillo de rotación libre
- 2 Rodillo fijo
- 3 Dirección de la extensión

Figura 5 – Disposición de los rodillos para el ensayo de tracción de probetas anulares tipo A y B

8 NÚMERO DE PROBETAS

Deben ensayarse un mínimo de tres probetas.

El número de probetas se debería decidir, preferiblemente, por adelantado teniendo en cuenta que el empleo de cinco probetas proporcionará menor incertidumbre que un ensayo con tres probetas.

9 PREPARACIÓN DE PROBETAS

9.1 Probetas con forma de halterio

Las probetas deben prepararse mediante los métodos apropiados descritos en la Norma ISO 23529. Las probetas con forma de halterio deben, cuando sea posible, cortarse paralelamente a la dirección del laminado, a no ser que vayan a estudiarse los efectos de éste, en cuyo caso debe cortarse, además, un grupo de probetas con forma de halterio perpendicularmente a la dirección del laminado.

9.2 Probetas anulares

Las probetas anulares deben prepararse cortándose o por troquelado, utilizando los métodos apropiados descritos en la Norma ISO 23529, o por moldeo.

10 ACONDICIONAMIENTO DE MUESTRAS Y PROBETAS

10.1 Tiempo entre la vulcanización y el ensayo

Para todos los fines de ensayo, el tiempo mínimo entre vulcanización y ensayo debe ser de 16 h.

Para ensayos sobre mezclas, el tiempo máximo entre vulcanización y ensayo debe ser de cuatro semanas y, para que los resultados puedan ser comparables, los ensayos deben llevarse a cabo después del mismo intervalo de tiempo, en la medida de lo posible.

Para ensayos de productos acabados, cuando sea posible, el tiempo entre vulcanización y ensayo no debe exceder de tres meses. En otros casos, los ensayos deben realizarse en los dos meses posteriores a la fecha de recepción del producto por el cliente.

10.2 Protección de las muestras y las probetas

Las muestras y las probetas deben protegerse, durante el intervalo de tiempo entre la vulcanización y el ensayo, tanto como sea posible, de toda influencia externa que pueda causar algún daño, por ejemplo, debe protegerse de la luz y el calor.

10.3 Acondicionamiento de las muestras

Todas las muestras, que no sean de látex, se acondicionan de acuerdo con la Norma ISO 23529, a la temperatura normalizada, sin control de humedad, durante un periodo no inferior a 3 h antes de cortar las probetas.

Todas las muestras preparadas con látex se acondicionan de acuerdo con la Norma ISO 23529 a la temperatura normalizada, con control de humedad, durante un periodo no inferior a 96 h antes de cortar las probetas.

10.4 Acondicionamiento de las probetas

Todas las probetas se acondicionan de acuerdo con la Norma ISO 23529. Si la preparación de las probetas comprende el pulido, el intervalo entre el pulido y el ensayo no debe ser inferior a 16 h ni superior a 72 h.

Para los ensayos a la temperatura normalizada, las probetas que no requieran preparación pueden ensayarse inmediatamente si se cortan a partir de muestras de ensayo acondicionadas. Cuando se requiera una preparación adicional, debe permitirse un periodo mínimo de acondicionamiento de 3 h a la temperatura normalizada.

Para ensayos realizados a temperaturas diferentes de la normalizada, se acondicionan las probetas a la temperatura a la cual se va a llevar a cabo el ensayo durante un periodo de tiempo suficiente para permitir que las probetas alcancen el equilibrio de acuerdo con la Norma ISO 23529 (véase también 7.4.2).

11 MARCADO DE LAS PROBETAS CON FORMA DE HALTERIO

Si se utiliza un extensómetro de no contacto, las probetas con forma de halterio se marcan con dos señales de referencia para definir la longitud de ensayo, tal como se especifica en la tabla 1, utilizando un marcador apropiado. La probeta no debe deformarse durante el marcado.

Las líneas deben marcarse en la parte estrecha de la probeta, como se muestra en la figura 2, es decir, equidistantes del centro de la probeta y formando un ángulo recto con respecto a su eje longitudinal.

12 MEDICIÓN DE LAS PROBETAS

12.1 Probetas con forma de halterio

Se mide el espesor en el centro y a cada uno de los extremos de la longitud de ensayo con un micrómetro. Para calcular el área de la sección transversal, se utiliza la mediana de las tres mediciones. En cualquier probeta con forma de halterio, ninguna de las tres mediciones del espesor de la porción estrecha debe diferir en más de un 2% de la mediana del espesor. La anchura de la probeta debe tomarse como la distancia entre los extremos de corte del troquel en la parte estrecha, y esta distancia debe medirse de acuerdo con la Norma ISO 23529 aproximando a los 0,05 mm. Las probetas cortadas de los productos podrían tener una sección no rectangular, en cuyo caso la anchura se debe medir directamente sobre la probeta.

12.2 Probetas con forma de anillo

Se mide la anchura radial y el espesor axial en seis puntos repartidos uniformemente alrededor del anillo. En el cálculo del área de la sección transversal debe utilizarse el valor de la mediana de cada grupo de mediciones. El diámetro interno debe medirse con una aproximación de 0,1 mm, mediante una galga cónica. La circunferencia interna y la circunferencia media se calculan de la siguiente manera:

$$\text{Circunferencia interna} = \pi \times \text{diámetro interno}$$

$$\text{Circunferencia media} = \pi \times (\text{diámetro interno} + \text{anchura radial})$$

12.3 Comparación de grupo de probetas

Si se están comparando dos grupos de probetas (con forma de halterio o de anillo), la mediana del espesor de cada grupo debe estar dentro del 7,5% de la mediana global del espesor de los dos grupos.

13 PROCEDIMIENTO OPERATORIO

13.1 Probetas con forma de halterio

Se inserta la probeta en la máquina de ensayo de tracción, asegurando que las porciones de los extremos están sujetas simétricamente de forma que la tensión se distribuya uniformemente en toda la sección transversal. Se recomienda encarecidamente que la célula de carga se reajuste a cero antes de cada ensayo. Si fuera necesario, se aplica un pretensado de 0,1 MPa así la probeta no se dobla cuando se mida la longitud de ensayo inicial (véase figura 2). Si fuera necesario, se monta el extensómetro. Se pone en marcha la máquina y se anota o registra continuamente el cambio de la longitud de ensayo y de la fuerza a lo largo de todo el ensayo con una exactitud del $\pm 2\%$, tal como se requiere para los fines del capítulo 15.

La velocidad nominal de desplazamiento de las mordazas móviles debe ser de 500 mm/min para las probetas de los tipos 1, 2 y 1A y de 200 mm/min para los tipos 3 y 4.

Cualquier probeta que se rompa fuera de la sección estrecha o punto de fluencia fuera de la longitud de ensayo debe desecharse y debe repetirse el ensayo con una probeta adicional.

NOTA En la medición visual de la separación, debería tenerse cuidado de evitar las inexactitudes debidas al paralaje.

13.2 Probetas con forma de anillo

Se ajusta la distancia inicial correcta entre los rodillos, como se indica a continuación:

- $30^{+0,5}_0$ mm entre los centros de los rodillos normalizados para los anillos tipo A;

- $35^{+0,5}_0$ mm entre los centros de los rodillos alternativos para los anillos tipo A;
- $5,3^{+0,2}_0$ mm entre los centros de los rodillos normalizados para los anillos tipo B.

Se ajusta la carga a cero antes de montar la probeta en los rodillos.

Se coloca la probeta en los rodillos y se enciende la máquina, monitorizada de forma continua la distancia entre los rodillos y el incremento en el esfuerzo a lo largo de todo el ensayo.

La velocidad nominal de desplazamiento de los rodillos, debe ser de 500 mm/min para las probetas del tipo A y de 100 mm/min para las del tipo B. El rodillo accionado debe rotar a la velocidad correcta desde el comienzo hasta el final del ensayo.

14 TEMPERATURA DE ENSAYO

El ensayo debe llevarse a cabo generalmente a una de las temperaturas normalizadas especificadas en la Norma ISO 23529. Cuando se requiera otra temperatura, ésta debe seleccionarse de la relación de temperaturas recomendadas incluidas en la Norma ISO 23529.

Debe utilizarse la misma temperatura a lo largo de cualquier ensayo o serie de ensayos que se pretenda que sean comparables.

15 CÁLCULO DE RESULTADOS

15.1 Probetas con forma de halterio

El esfuerzo en tracción TS, expresada en megapascales, se calcula utilizando la siguiente ecuación

$$TS = \frac{F_m}{W_t}$$

El esfuerzo en tracción en el punto de rotura TS_b, expresado en megapascales, se calcula utilizando la siguiente ecuación

$$TS_b = \frac{F_b}{W_t}$$

El alargamiento a la rotura, E_b, expresado en porcentaje, se calcula utilizando la siguiente ecuación

$$E_b = \frac{100(L_b - L_0)}{L_0}$$

El esfuerzo a un alargamiento dado, S_c, expresado en megapascales, se calcula utilizando la siguiente ecuación

$$S_c = \frac{F_c}{W_t}$$

El alargamiento a un esfuerzo dado, E_s , expresado como porcentaje, se calcula utilizando la siguiente ecuación

$$E_s = \frac{100(L_s - L_0)}{L_0}$$

El valor de la fuerza, F_e , en newtons, que corresponde al esfuerzo se calcula a partir de la ecuación

$$F_e = S_e Wt$$

El esfuerzo de tracción en el punto de fluencia, S_y , expresado en megapascales, se calcula a partir de la fuerza registrada en el punto de fluencia, utilizando la ecuación

$$S_y = \frac{F_y}{Wt}$$

El alargamiento en el punto de fluencia, E_y , expresado en porcentaje, se calcula utilizando la ecuación

$$E_y = \frac{100(L_y - L_0)}{L_0}$$

Los símbolos utilizados en las ecuaciones dadas arriba, tienen el siguiente significado:

F_b es la fuerza en el punto de rotura, en newtons;

F_m es la fuerza máxima, en newtons;

F_y es la fuerza en el punto de fluencia, en newtons;

L_0 es la longitud inicial, entre las marcas de referencia, en milímetros;

L_b es la longitud, entre las marcas de referencia, en el punto de rotura, en milímetros;

L_s es la longitud, entre las marcas de referencia, a un esfuerzo dado, en milímetros;

L_y es la longitud, entre las marcas de referencia, en el punto de fluencia, en milímetros;

t es el espesor de la sección estrecha de la probeta, en milímetros;

W es la anchura de la sección estrecha del troquel, en milímetros.

15.2 Probetas con forma de anillo

La resistencia a la tracción, TS, expresada en megapascales, se calcula utilizando la ecuación

$$TS = \frac{F_m}{2Wt}$$

La resistencia a la tracción a la rotura, TS_b , expresada en megapascales, se calcula utilizando la ecuación

$$TS_b = \frac{F_b}{2Wt}$$

El alargamiento a la rotura, E_b , expresado en porcentaje, se calcula utilizando la ecuación

$$E_b = \frac{100(\pi d + 2L_b - C_i)}{C_i}$$

El esfuerzo a un alargamiento dado, S_e , expresado en megapascales, se calcula utilizando la ecuación

$$S_e = \frac{F_e}{2Wt}$$

La distancia entre los centros de los rodillos extensores, en milímetros, correspondiente al alargamiento dado, L_e , también en milímetros, se calcula utilizando la ecuación

$$L_e = \frac{C_m E_s}{200} + \frac{C_i - \pi d}{2}$$

El alargamiento a un esfuerzo dado, E_s , expresado en porcentaje, se calcula utilizando la ecuación

$$E_s = \frac{100(\pi d + 2L_s - C_i)}{C_m}$$

Las mediciones del alargamiento, se realizan utilizando los valores de la fuerza, F_e , en newtons, calculados a partir de la ecuación

$$F_e = 2S_e Wt$$

El esfuerzo de tracción en el punto de fluencia, S_y , expresado en megapascales, se calcula utilizando la ecuación

$$S_y = \frac{F_y}{2Wt}$$

El alargamiento en el punto de fluencia, E_y , expresado en porcentaje, se calcula utilizando la ecuación

$$E_y = \frac{100(\pi d + 2L_y - C_i)}{C_m}$$

Los símbolos utilizados en las ecuaciones dadas arriba, tienen el siguiente significado:

- C_i es la circunferencia interna inicial del anillo, en milímetros;
- C_m es la circunferencia media inicial del anillo, en milímetros;
- d es el diámetro de los rodillos extensores, en milímetros;
- F_b es la fuerza en el punto de rotura, en newtons;
- F_m es la fuerza máxima, en newtons;
- F_y es la fuerza en el punto de fluencia, en newtons;
- L_b es la distancia entre los centros de los rodillos extensores en la rotura, en milímetros;
- L_s es la distancia entre los centros de los rodillos extensores a un esfuerzo dado, en milímetros;

L_y es la distancia entre los centros de los rodillos extensores en fluencia, en milímetros;

t es el espesor axial del anillo, en milímetros;

W es la anchura radial del anillo, en milímetros.

16 EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

Cuando se está determinando más de una propiedad de esfuerzo-deformación en tracción con la misma probeta, los datos del ensayo deben tratarse como si se hubieran obtenido independientemente para cada propiedad y los resultados deben calcularse como se ha descrito para cada propiedad por separado.

En todos los casos, debe anotarse la mediana de cada propiedad.

17 PRECISIÓN

Véase el anexo B.

NOTA El anexo C analiza, sobre las bases de los datos de precisión, el rendimiento de los diferentes tipos de probetas con forma de halterio.

18 INFORME DEL ENSAYO

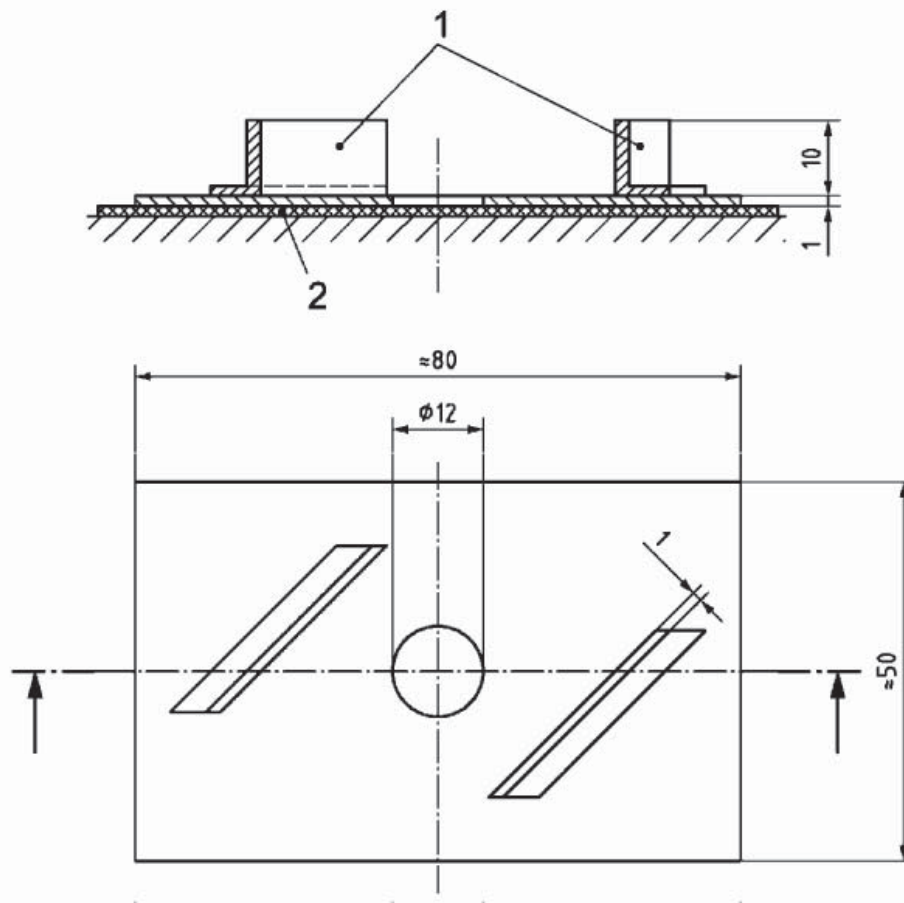
El informe del ensayo debe incluir la siguiente información:

- a) detalles de la muestra y las probetas:
 - 1) una descripción completa de la muestra y su origen,
 - 2) detalles del compuesto y condición de curado, si se conocen,
 - 3) el método de preparación de las probetas (por ejemplo, por pulido),
 - 4) el tipo de probeta empleado,
 - 5) la mediana del espesor de la probeta,
 - 6) la dirección respecto al laminado en la cual se han cortado las probetas con forma de halterio,
- b) una referencia completa al método de ensayo, es decir, el número de esta norma internacional;
- c) detalles del ensayo:
 - 1) la temperatura de ensayo y la humedad relativa, si fuera necesario,
 - 2) el número de probetas ensayadas,
 - 3) cualquier desviación del procedimiento especificado,
- d) los resultados del ensayo:
 - 1) los resultados individuales,
 - 2) la mediana de los valores de las propiedades determinadas, calculadas de acuerdo con el capítulo 15.
- e) fecha del ensayo.

ANEXO A (Informativo)**PREPARACIÓN DE LAS PROBETAS CON FORMA DE ANILLO TIPO B**

Los anillos pueden cortarse utilizando una máquina de cuchillas rotatorias, operando a 400 rpm y provista de un soporte especial para cuchillas (véase la figura A.1). Las cuchillas deberían estar lubricadas con una disolución jabonosa e inspeccionarse frecuentemente en cuanto a mellas,afilamiento, etc. La muestra debería estar firmemente asegurada durante el cortado mediante el dispositivo mostrado en la figura A.2.

Medidas en milímetros



Leyenda

- 1 Protección para los dedos del operario
- 2 Lámina a cortar

Figura A.2 – Sistema de sujeción de la lámina de caucho

ANEXO B (Informativo)

PRECISIÓN

B.1 Generalidades

La repetibilidad y reproducibilidad del método se calcularon según las bases del Informe Técnico ISO/TR 9272:2005. Los datos originales fueron tratados para valores atípicos en un nivel de importancia del 5% y 2% basándose en los procedimientos descritos en el Informe Técnico ISO/TR 9272:2005.

B.2 Detalles de los programas de ensayo

B.2.1 Se organizaron dos programas de ensayo interlaboratorios (ITP).

En 2001 se realizó el primer ITP como se indica a continuación:

Se emplearon para los ensayos de tracción tres compuestos diferentes de NR, SBR y EPDM. Un resultado de ensayo para este método ensayo fue el promedio o media de las cinco mediciones de cada una de las propiedades según se indica más abajo.

Un total de 23 laboratorios de ocho países participaron en el programa.

En 2002 se realizó el segundo ITP como se indica a continuación:

Se empleó para el ensayo de tracción un compuesto NR. La formulación del compuesto fue la misma que el del compuesto empleado para el primer ITP.

Un total de 17 laboratorios de seis países participaron en el programa.

Las probetas preparadas completamente de caucho se enviaron a cada laboratorio para la evaluación en los dos ITP con precisión tipo 1.

B.2.2 Las propiedades de ensayo a medir fueron resistencia a la rotura (TS_b), alargamiento a la rotura (E_b), esfuerzo al 100% de alargamiento (S_{100}) y esfuerzo al 200% de alargamiento (S_{200}).

B.2.3 Se ensayaron tres tipos de probetas con forma de halterio, tipo 1, tipo 2 y tipo 1A.

En el primer ITP, el tipo 1 fue ensayado con dos longitudes diferentes, de 20 mm y 25 mm marcados en las probetas, pero para el segundo ITP únicamente se ensayaron probetas con una longitud de ensayo de 25 mm.

B.3 Resultados de precisión

Los resultados calculados para la precisión se dan en las tablas B.1, B.2, B.3 y B.4. Las tablas B.1, B.2 y B.3 muestran los resultados del primer ITP para los compuestos NR, SBR y EPDM respectivamente. La tabla 4 muestra los resultados del segundo ITP para el NR.

Los símbolos empleados en estas tablas se definen a continuación:

r = repetibilidad, en unidades de medición;

(r) = repetibilidad, en porcentaje (relativa);

R = reproducibilidad, en unidades de medición;

(R) = reproducibilidad, en porcentaje (relativa).

Tabla B.1 – Precisión para compuestos NR (primer ITP)

Propiedad	Probeta tipo halterio/longitud de ensayo	Valor medio $N = 23 \times 2 = 46$	Repetibilidad dentro de un laboratorio		Reproducibilidad entre distintos laboratorios	
			r	(r)	R	(R)
TS_b	Tipo 1/20 mm	34,25	1,10	3,20	3,35	9,79
	Tipo 1/25 mm	34,17	1,53	4,47	2,49	7,29
	Tipo 2/20 mm	31,93	1,25	3,93	2,85	8,94
	Tipo 1A/20 mm	34,88	0,67	1,91	2,63	7,54
E_b	Tipo 1/20 mm	671	42,1	6,28	57,2	8,52
	Tipo 1/25 mm	670	66,3	9,89	63,1	9,41
	Tipo 2/20 mm	651	29,9	4,60	60,5	9,29
	Tipo 1A/20 mm	687	29,9	4,35	57,8	8,41
S_{100}	Tipo 1/20 mm	1,83	0,18	10,00	0,36	19,50
	Tipo 1/25 mm	1,86	0,12	6,73	0,32	17,24
	Tipo 2/20 mm	1,84	0,15	8,33	0,40	21,95
	Tipo 1A/20 mm	1,89	0,07	3,90	0,28	14,81
S_{200}	Tipo 1/20 mm	4,49	0,45	10,08	0,85	18,97
	Tipo 1/25 mm	4,42	0,52	11,82	0,77	17,36
	Tipo 2/20 mm	4,39	0,39	8,79	0,87	19,85
	Tipo 1A/20 mm	4,58	0,38	8,25	0,70	15,26

Tabla B.2 – Precisión para compuestos SBR (primer ITP)

Propiedad	Probeta tipo halterio/longitud de ensayo	Valor medio $N = 23 \times 2 = 46$	Repetibilidad dentro de un laboratorio		Reproducibilidad entre distintos laboratorios	
			r	(r)	R	(R)
TS_b	Tipo 1/20 mm	24,87	1,48	5,94	2,12	8,53
	Tipo 1/25 mm	24,60	1,17	4,74	2,58	10,47
	Tipo 2/20 mm	24,38	1,52	6,22	2,84	11,65
	Tipo 1A/20 mm	24,70	1,01	4,11	2,38	9,65
E_b	Tipo 1/20 mm	457	29,3	6,40	39,0	8,53
	Tipo 1/25 mm	458	31,4	6,85	31,6	6,90
	Tipo 2/20 mm	462	32,9	7,12	48,2	10,43
	Tipo 1A/20 mm	459	13,9	3,04	41,1	8,96
S_{100}	Tipo 1/20 mm	2,64	0,20	7,46	0,51	19,47
	Tipo 1/25 mm	2,61	0,20	7,52	0,41	15,75
	Tipo 2/20 mm	2,66	0,24	9,11	0,57	21,30
	Tipo 1A/20 mm	2,65	0,10	3,87	0,43	16,15
S_{200}	Tipo 1/20 mm	7,76	0,59	7,62	1,28	16,52
	Tipo 1/25 mm	7,74	0,47	6,08	0,94	12,15
	Tipo 2/20 mm	7,68	0,56	7,31	1,48	19,25
	Tipo 1A/20 mm	7,81	0,45	5,74	1,00	12,79

Tabla B.3 – Precisión para compuestos EPDM (primer ITP)

Propiedad	Probeta tipo halterio/longitud de ensayo	Valor medio $N = 23 \times 2 = 46$	Repetibilidad dentro de un laboratorio		Reproducibilidad entre distintos laboratorios	
			r	(r)	R	(R)
TS_b	Tipo 1/20 mm	14,51	1,13	7,78	2,01	13,83
	Tipo 1/25 mm	14,59	1,57	10,76	2,22	15,20
	Tipo 2/20 mm	14,50	1,20	8,26	2,14	14,74
	Tipo 1A/20 mm	14,77	0,65	4,39	1,87	12,65
E_b	Tipo 1/20 mm	470	22,2	4,71	32,4	6,90
	Tipo 1/25 mm	474	33,8	7,13	44,5	9,38
	Tipo 2/20 mm	475	21,9	4,60	42,4	8,93
	Tipo 1A/20 mm	471	20,2	4,28	39,2	8,34
S_{100}	Tipo 1/20 mm	2,33	0,21	8,99	0,36	15,32
	Tipo 1/25 mm	2,30	0,18	7,61	0,32	13,94
	Tipo 2/20 mm	2,39	0,17	7,21	0,32	13,52
	Tipo 1A/20 mm	2,40	0,09	3,87	0,29	12,04
S_{200}	Tipo 1/20 mm	5,11	0,35	6,87	0,65	12,80
	Tipo 1/25 mm	5,05	0,25	4,88	0,62	12,35
	Tipo 2/20 mm	5,08	0,27	5,24	0,71	14,04
	Tipo 1A/20 mm	5,20	0,22	4,22	0,46	8,84

Tabla B.4 – Precisión para compuestos NR (segundo ITP)

Propiedad	Probeta tipo halterio/longitud de ensayo	Valor medio $N = 23 \times 2 = 46$	Repetibilidad dentro de un laboratorio		Reproducibilidad entre distintos laboratorios	
			r	(r)	R	(R)
TS_b	Tipo 1/25 mm	32,26	1,86	5,76	2,21	6,84
	Tipo 2/20 mm	34,75	1,53	4,41	4,04	11,63
	Tipo 1A/20 mm	33,13	1,19	3,60	2,71	8,17
E_b	Tipo 1/25 mm	640	27,26	4,26	54,44	8,50
	Tipo 2/20 mm	683	30,80	4,51	94,49	13,83
	Tipo 1A/20 mm	665	22,94	3,45	83,52	12,56
S_{100}	Tipo 1/25 mm	1,74	0,13	7,29	0,32	18,17
	Tipo 2/20 mm	1,83	0,20	11,08	0,30	16,18
	Tipo 1A/20 mm	1,78	0,13	7,06	0,22	12,19
S_{200}	Tipo 1/25 mm	4,27	0,32	7,42	1,10	25,81
	Tipo 2/20 mm	4,31	0,44	10,31	1,03	23,91
	Tipo 1A/20 mm	4,35	0,21	4,78	0,87	20,11

ANEXO C (Informativo)

ANÁLISIS DE LOS DATOS DEL ITP Y DE LAS PROBETAS CON FORMA DE HALTERIO

C.1 Generalidades

Este anexo considera el rendimiento de las diferentes probetas con forma de halterio, incluyendo el tipo 1A, que fue medido a través de los programas ITP. La probeta con forma del halterio tipo 1A es una probeta relativamente nueva añadida a esta norma internacional, pero ha sido utilizada en Japón y otros países durante muchos años.

Los ensayos interlaboratorio muestran que la probeta con forma de halterio tipo 1A tiene ventajas sobre los tipos 1 y 2 de mejor repetibilidad y, particularmente, menor incidencia de roturas fuera de la longitud de ensayo. El análisis de elementos finitos ha demostrado que la distribución de la tensión en el tipo 1A es más uniforme lo cual puede explicar su mayor rendimiento.

Los valores de las propiedades de tracción determinadas con la probeta con forma de halterio tipo 1A son muy similares a los obtenidos con el tipo 1, pero no se puede esperar que sean idénticos en todos los casos.

La probeta con forma de halterio tipo 1A tiene dimensiones totales similares a los del tipo 1 y se pueden considerar como una alternativa. No se ha sustituido al tipo 1 debido al enorme banco de datos obtenidos y a la larga tradición con esta probeta en forma de halterio.

C.2 Tres varianzas para experimentos de tres factores completamente anidados

En la comparación de la precisión calculada de acuerdo con el Informe Técnico ISO/TR 9272, R es un indicador de la varianza entre laboratorios (σ_L^2), y r es un indicador de la varianza total ($\sigma_D^2 + \sigma_M^2$) para un laboratorio concreto, compuesto por la varianza entre los días (σ_D^2) y la varianza debida a los errores de medición (σ_M^2). Para que el análisis σ_D^2 y separadamente σ_M^2 , sea suficiente hacer una estimación de cada componente de la varianza por medio del así llamado experimento de tres factores completamente anidados descrito en la Norma ISO 5725-3.

Se realizó la estimación para cada componente de la varianza total en las mediciones en el segundo ITP. Los resultados se muestran en las tablas C.1 y C.2.

Tabla C.1 – Estimación de cada componente de la varianza por medio de “experimentos de tres factores completamente anidados” para la resistencia a la tracción en el segundo ITP

	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 1A
σ_L^2	$(0,60)^2$	$(1,80)^2$	$(0,80)^2$
σ_D^2	$(0,67)^2$	$(0,54)^2$	$(0,17)^2$
σ_M^2	$(1,60)^2$	$(1,08)^2$	$(1,04)^2$

Tabla C.2 – Estimación de cada componente de la varianza por medio de “experimentos de tres factores completamente anidados” para el alargamiento en el segundo ITP

	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 1A
σ_L^2	$(20,4)^2$	$(43,7)^2$	$(24,3)^2$
σ_D^2	$(13,6)^2$	$(21,9)^2$	$(28,6)^2$
σ_M^2	$(28,1)^2$	$(19,3)^2$	$(19,3)^2$

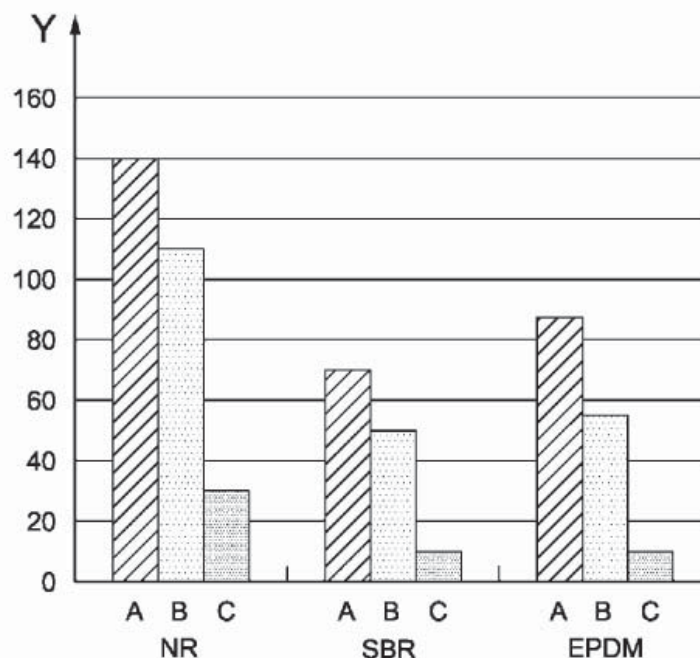
De las tres varianzas, la varianza debido a los errores de medición (σ_M^2) es la más importante para las probetas con forma de halterio. Otras varianzas (σ_L^2 y σ_D^2) están influenciadas por muchos factores diferentes a las probetas con forma de halterio.

Se muestra que σ_M^2 es más pequeña para las probetas con forma de halterio del tipo 1A lo cual significa que la precisión de la medición es mejor con este tipo de probetas.

C.3 Análisis de las probetas que rompen

C.3.1 Número de probetas que rompen fuera de la longitud de ensayo

La figura C.1 muestra el número de probetas que rompieron fuera de la longitud de ensayo (fuera de las marcas de referencia). Para cada tipo de probeta con forma de halterio, se ensayaron 230 probetas, cada laboratorio de 23, ensayó cinco probetas en dos días de ensayo.



Leyenda

Y Número de probetas de ensayo que se rompieron fuera de la longitud de ensayo

A Probeta halterio tipo 1 (con una longitud de ensayo de 25 mm)

B Probeta halterio tipo 2

C Probeta halterio tipo 1A

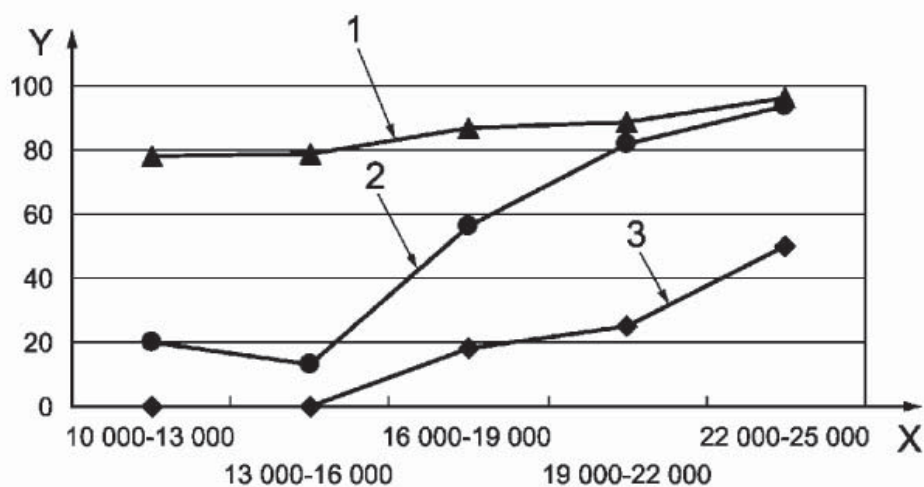
Figura C.1 – Número de probetas de ensayo que se rompieron fuera de la longitud de ensayo
(primer ITP - total de 230 de cada tipo de probetas de ensayo)

En el caso de probetas en forma de halterio del tipo 1 hechos de compuesto NR con una longitud de ensayo de 20 mm, rompieron fuera de la longitud de ensayo 159 probetas, lo cual es alrededor del 70%. En el caso del tipo 1 con una longitud de ensayo de 25 mm, fueron alrededor del 60% de las probetas. En el caso del tipo 2, fueron 47%. Sin embargo, en el caso del tipo 1A, únicamente el 13% de las probetas rompieron fuera de la longitud de ensayo.

Con el SBR y EPDM, la probabilidad de rotura fuera de la longitud de ensayo para el tipo 1A es también considerablemente más pequeña que el de otras probetas con forma de halterio.

C.3.2 Relación entre la proporción de probetas que rompen fuera de la longitud de ensayo frente a la energía de tracción

La relación entre el porcentaje de las probetas que rompieron fuera de la longitud de ensayo y la energía de tracción (resistencia a la tracción multiplicada por el alargamiento a la rotura) también se investigó. Se prepararon compuestos NR con diferentes contenidos de volumen de negro de carbono, y se midió su TS_b y E_b . Se observó el porcentaje de probetas que rompieron fuera de la longitud de ensayo. La figura C.2 muestra el resultado de este experimento.



Leyenda

X $TS_b \times E_b$ (MPa %)
Y Porcentaje de probetas de ensayo que se rompieron fuera de la longitud de ensayo

- 1 Probeta halterio tipo 1
- 2 Probeta halterio tipo 2
- 3 Probeta halterio tipo 1A

Figura C.2 – Porcentaje de probetas de ensayo que se rompieron fuera de la longitud de ensayo frente a $TS_b \times E_b$ (energía de tracción)

Según se aumentaba el valor de la energía de tracción, el porcentaje de probetas que rompían fuera de la longitud de ensayo se incrementaba. En los valores de energía de tracción por debajo de 20 000 MPa, la mayoría de las probetas del tipo 1A rompieron dentro de la longitud de ensayo.

C.4 Análisis de elementos finitos

Se llevó a cabo un análisis de elementos finitos (FEA) sobre parte de las probetas. La figura C.3 muestra la distribución de la deformación, obtenida empleando el software “ABAQUS”.

El análisis de la distribución de la deformación muestra que la superficie de mayor deformación aparece próxima al extremo de las probetas para el tipo 1 y tipo 2. Esta observación coincide con los resultados del ensayo de tracción descritos en el capítulo C.3.

Por otro lado, para el tipo 1A, la deformación próxima al extremo es al mismo nivel que en la superficie central, lo que significa que el tipo 1A tiene una distribución del esfuerzo relativamente uniforme.

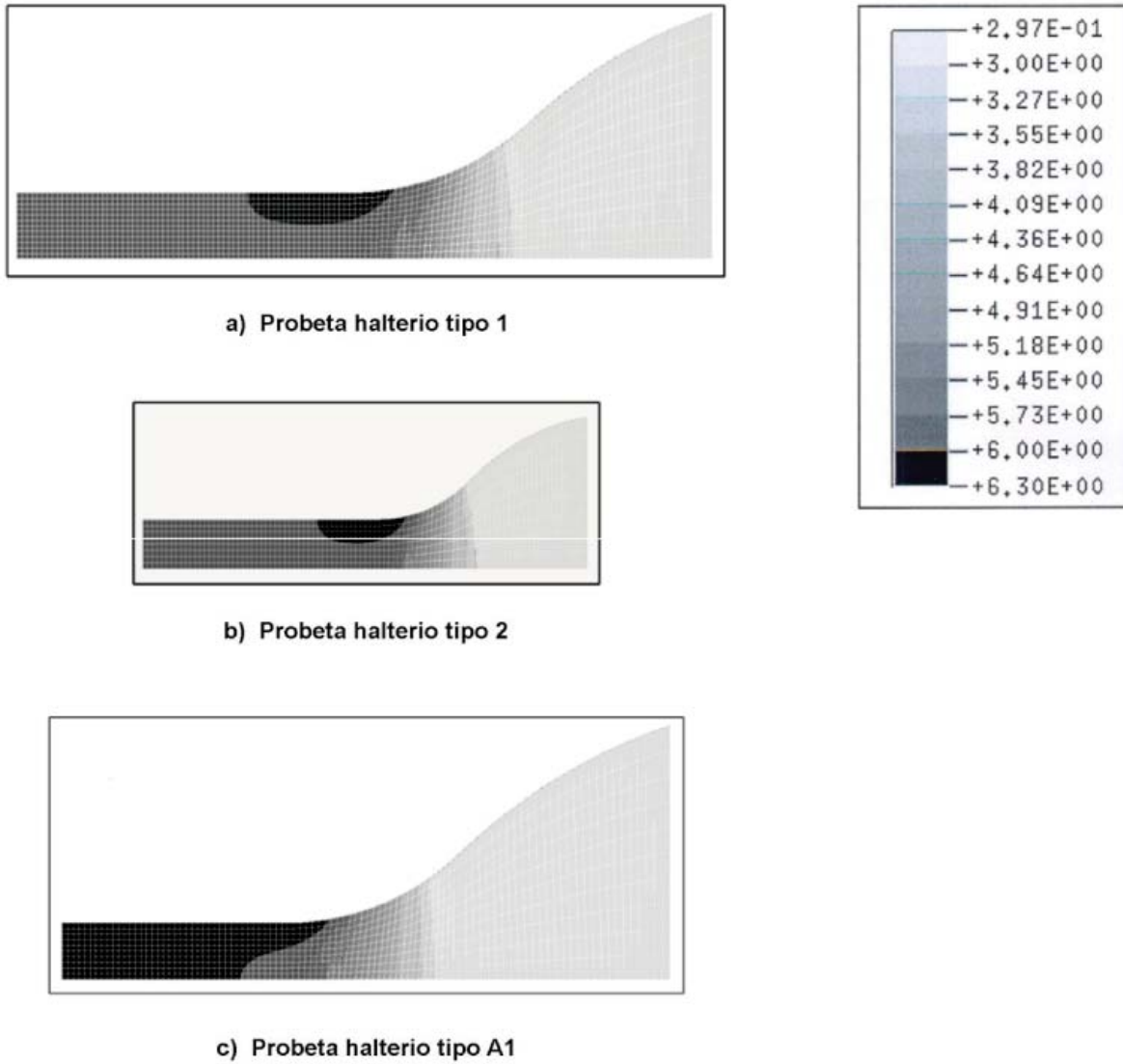


Figura C.3 – Ejemplo de distribución de la deformación obtenida usando “ABAQUS”

BIBLIOGRAFÍA

- [1] ISO/TR 9272:2005, *Rubber and rubber products. Determination of precision for test method standards.*
- [2] ISO 5725 3, *Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. Part 3: Intermediate measures of the precision of a standard measurement method.*

AENOR Asociación Española de
Normalización y Certificación

Génova, 6
28004 MADRID-España

info@aenor.es
www.aenor.es

Tel.: 902 102 201
Fax: 913 104 032

ANEXO 2: Norma para ensayo de compresión
UNE ISO 7743

Enero 2016

TÍTULO

Elastómeros, vulcanizados o termoplásticos

Determinación de las propiedades esfuerzo/deformación en compresión

Rubber, vulcanized or thermoplastic. Determination of compression stress-strain properties.

Caoutchouc vulcanisé ou thermoplastique. Détermination des propriétés de contrainte/déformation en compression.

CORRESPONDENCIA

Esta norma es idéntica a la Norma Internacional ISO 7743:2011.

OBSERVACIONES

Esta norma anula y sustituye a la Norma UNE 53536:2001.

ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 53 *Plásticos y caucho* cuya Secretaría desempeña ANAIP-COFACO.

Índice

Prólogo.....	4
0 Introducción	5
1 Objeto y campo de aplicación	5
2 Normas para consulta	6
3 Términos y definiciones	6
4 Principio del método	6
5 Aparatos y materiales	6
6 Calibración	7
7 Probetas	8
8 Número de probetas	8
9 Tiempo transcurrido entre la vulcanización y el ensayo	8
10 Acondicionamiento	8
11 Temperatura de ensayo	9
12 Procedimiento operatorio	9
12.1 Medición de las probetas	9
12.2 Determinación de las propiedades de esfuerzo/deformación	9
13 Cálculo y expresión de los resultados	10
13.1 Para los métodos A, B y C	10
13.2 Para el método D	11
14 Informe del ensayo	12
15 Precisión para los métodos A y D	12
Anexo A (Informativo) Influencia de la geometría de la probeta	13
Anexo B (Informativo) Extrapolación de resultados a probetas no normalizadas	17
Anexo C (Normativo) Programa de calibración	20
Anexo D (Informativo) Precisión para los métodos A y D	22
Bibliografía.....	25

Prólogo

ISO (Organización Internacional de Normalización) es una federación mundial de organismos nacionales de normalización (organismos miembros de ISO). El trabajo de preparación de las normas internacionales normalmente se realiza a través de los comités técnicos de ISO. Cada organismo miembro interesado en una materia para la cual se haya establecido un comité técnico, tiene el derecho de estar representado en dicho comité. Las organizaciones internacionales, públicas y privadas, en coordinación con ISO, también participan en el trabajo. ISO colabora estrechamente con la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) en todas las materias de normalización electrotécnica.

Las normas internacionales se redactan de acuerdo con las reglas establecidas en la Parte 2 de las Directivas ISO/IEC.

La tarea principal de los comités técnicos es preparar normas internacionales. Los proyectos de normas internacionales adoptados por los comités técnicos se envían a los organismos miembros para votación. La publicación como norma internacional requiere la aprobación por al menos el 75% de los organismos miembros que emiten voto.

Se llama la atención sobre la posibilidad de que algunos de los elementos de este documento puedan estar sujetos a derechos de patente. ISO no asume la responsabilidad por la identificación de cualquiera o todos los derechos de patente.

La Norma ISO 7743 fue preparada por el Comité Técnico ISO/TC 45 *Elastómeros y productos de elastómeros*, Subcomité SC 2, *Ensayos físicos y de degradación*.

Esta cuarta edición anula y sustituye a la tercera edición (Norma ISO 7743:2008) que ha sido revisada técnicamente.

0 Introducción

El conocimiento de las propiedades de esfuerzo/deformación en compresión es importante en el diseño de, por ejemplo, apoyos para puentes, montajes anti vibración o juntas. La medición del comportamiento al esfuerzo/ deformación en compresión también se utiliza para el control de calidad de las juntas pequeñas y otros productos pequeños (es decir, aquellos de 2 mm de espesor) donde la dureza no se puede medir fácilmente. Los ensayos de compresión también se utilizan para detectar la presencia de porosidad en productos como juntas de unión para tubos. La compresión puede ser uniaxial o biaxial dependiendo de la forma de la probeta y de las condiciones experimentales. Si no hay fricción en la interfaz entre la probeta y el dispositivo de compresión, la compresión es uniaxial. Si la fricción es importante, la forma de la probeta afecta a la naturaleza de la compresión. Cuando el espesor de la probeta es pequeño, no se aplica el principio de Saint Venant; la condición límite en la interfaz influye en el campo del esfuerzo y la deformación y la compresión se vuelve biaxial (probeta más delgada, mayor es la biaxialidad). La probeta se comporta como si se le aplicara una compresión radial adicional (la fricción llevada a la expansión radial debido a la compresión axial) y este fenómeno se tiene que tener en cuenta cuando las propiedades del material, tales como el módulo, van a derivar de los resultados de compresión.

ADVERTENCIA – Las personas que utilicen esta norma internacional deberían estar familiarizadas con la práctica normal de laboratorio. Esta norma no pretende señalar todos los problemas de seguridad, si hubiera, asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario establecer prácticas de seguridad y salud y asegurar el cumplimiento con cualquier condición regulatoria nacional.

1 Objeto y campo de aplicación

Esta norma internacional especifica métodos para determinar las propiedades de esfuerzo/deformación en compresión de cauchos vulcanizados o termoplásticos, utilizando probetas de ensayo especificadas, un producto o una parte de un producto.

Se especifican cuatro procedimientos:

- utilizando probetas estándar A con placas metálicas lubricadas (método A);
- utilizando probetas estándar A con placas metálicas unidas a la probeta (método B);
- utilizando probetas estándar B (método C);
- utilizando un producto o una parte de un producto con placas metálicas lubricadas (método D).

Los cuatro procedimientos no proporcionan el mismo resultado. El método A (probetas A, lubricadas), da resultados que dependen solamente del módulo del elastómero y son independientes de la forma de la probeta, siempre que se alcancen condiciones de deslizamiento completo. Una lubricación efectiva a veces es difícil de conseguir, sin embargo es aconsejable comprobar la variación en los resultados a través de los ensayos de distintas probetas, que indiquen condiciones de deslizamiento erráticas. El método B (probetas A, unidas), da resultados que dependen del módulo del elastómero y de la forma de la probeta. La dependencia de la forma de la probeta es muy fuerte, por lo que los resultados son muy diferentes de los obtenidos con probetas entre placas lubricadas. El método C (probeta B) da resultados que son independientes de la forma de la probeta y de las condiciones de lubricación. Esta probeta es más apropiada y conveniente cuando se van a determinar las propiedades intrínsecas del material (véase el anexo A para los detalles). Para productos (método D), el resultado depende de la forma pero estos son aceptables si los ensayos sobre productos son principalmente comparativos.

NOTA Para formas de producto bien especificados, tales como juntas, el resultado se puede correlacionar con el valor de dureza.

Se ha previsto el uso de probetas de tamaños y/o formas diferentes a los especificados; sin embargo, una extrapolación de los resultados obtenidos con estas probetas a otros tamaños y formas puede resultar imposible.

En el anexo A se da una guía sobre el efecto del tamaño y forma de la probeta y de la adhesión o lubricación.

Este método no es adecuado para materiales que tengan alta deformación remanente.

2 Normas para consulta

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

ISO 18899:2004, *Elastómeros. Guía para la calibración del equipo de ensayo.*

ISO 23529, *Elastómeros. Procedimientos generales de preparación y acondicionamiento de probetas para ensayos físicos.*

3 Términos y definiciones

Para los fines de este documento, se aplican los términos y definiciones siguientes:

3.1 esfuerzo de compresión:

Esfuerzo aplicado para causar una deformación de la probeta en la dirección del esfuerzo; expresado como la fuerza dividida por el área de la sección transversal perpendicular a la dirección de la fuerza aplicada.

3.2 deformación por compresión:

Deformación de la probeta, en la dirección del esfuerzo aplicado, dividido por la dimensión original en esa dirección.

NOTA Generalmente, la deformación por compresión se expresa como porcentaje de la dimensión original de la probeta.

3.3 módulo de compresión; módulo secante:

Esfuerzo aplicado calculado sobre el área original de la sección transversal dividido por la deformación resultante en la dirección del esfuerzo aplicado.

3.4 rigidez al 25% de compresión:

Fuerza que se necesita aplicar a un producto o parte de un producto para comprimirlo hasta el 25%, expresado en newtons por metro o en newtons, dependiendo de la forma de la probeta.

4 Principio del método

Una probeta (lubricada o unida) se comprime a velocidad constante entre dos placas de compresión hasta alcanzar una deformación predeterminada.

5 Aparatos y materiales

5.1 Placas metálicas lisas, de espesor uniforme y que tengan dimensiones laterales mayores o iguales que las de las probetas a las que se han de unir, o, al menos, 20 mm mayores que las de las probetas lubricadas.

Para los métodos A y D, la superficie de cada placa debe tener un acabado superficial altamente pulido.

NOTA Se ha encontrado apropiado un acabado superficial no mayor de, R_a , 0,4 μm (véase la Norma ISO 4287^[2]). Esta R_a se puede obtener mediante una operación de lijado o pulido.

Para el método B una cara de cada placa se prepara adecuadamente para el sistema de unión que se utilice.

Para el método C, no se requiere preparación específica de las superficies de contacto.

5.2 Troqueles y cuchillas (si se requieren), para la preparación de probetas que satisfagan los requisitos indicados en la Norma ISO 23529.

5.3 Micrómetro, que cumpla los requisitos indicados en la Norma ISO 23529.

5.4 Máquina de compresión, que cumpla con los requisitos de la Norma ISO 5893^[4], equipada con registro gráfico de la relación fuerza/deformación a una precisión correspondiente al grado I respecto a la fuerza.

Cuando se ensayen las probetas normales en los métodos A, B y C y las probetas más grandes en el método D, debe ser posible determinar el desplazamiento con una aproximación de $\pm 0,02$ mm, incluyendo correcciones para la célula de carga y el dispositivo de rigidez.

Cuando se ensayan productos con una altura menor al de la probeta normalizada, debe ser posible determinar el desplazamiento con una aproximación de $\pm 0,2\%$ de la altura de la probeta, incluyendo las correcciones para la célula de carga y el dispositivo de rigidez.

La máquina se debe montar con platos de compresión paralelos al menos tan grandes como los platos metálicos (5.1) y debe ser capaz de funcionar a una velocidad de (10 ± 2) mm/min.

NOTA 1 Para los métodos A y D, los platos de compresión se pueden utilizar directamente sin los platos metálicos, siempre que tenga la superficie acabada requerida.

NOTA 2 Para el método C, los platos de compresión se pueden utilizar directamente cualquiera que sea la superficie acabada.

Las máquinas con registro tiempo-y pueden dar resultados erróneos a causa de:

- los efectos de inercia;
- la flecha, debida a la deformación inducida en la célula de carga o en el armazón de la máquina.

Por lo tanto se recomienda la utilización de máquinas con registros *x-y*.

Cuando se ensayan probetas lubricadas, debería disponerse de un protector adecuado para evitar daños en el caso de que la probeta salga despedida durante su deformación.

5.5 Lubricante, no debe tener efecto significativo sobre el elastómero a ensayar en el caso de emplear el método A, C y D.

NOTA Para la mayoría de los usos es apropiado un lubricante de silicona o fluorosilicona que tenga una viscosidad cinemática de $0,01$ m²/s.

Para el método C, se recomienda la lubricación aunque no es necesario (véase el anexo A).

6 Calibración

Los aparatos de ensayo se deben calibrar de acuerdo con el anexo C.

7 Probetas

La probeta normalizada A: para ambos métodos A y B es un cilindro de $(29 \pm 0,5)$ mm de diámetro y $(12,5 \pm 0,5)$ mm de altura.

La probeta normalizada B: para el método C es un cilindro de diámetro $(17,8 \pm 0,15)$ mm y $(25 \pm 0,25)$ mm de altura.

Las probetas se pueden cortar o moldear. Las probetas cortadas deben prepararse de acuerdo con la Norma ISO 23529.

Pueden utilizarse otras probetas, pero podría no ser posible la extrapolación de los resultados (véase el anexo B).

Para el método B las probetas pueden moldearse y adherirse directamente a las placas metálicas, utilizando sistemas de moldeo y adhesión adecuados; o adherirse a las placas, empleando sistemas de adhesivos adecuados que no contengan disolventes.

Es esencial disponer de probetas con superficies planas paralelas.

Para el método D, la probeta es un producto, o una parte de un producto, o múltiplos de los mismos. Para perfiles se debe emplear una probeta de 50 mm hasta 100 mm de longitud (o dos de la misma longitud juntas si es necesario para incrementar la lectura de la fuerza). Para productos con forma de anillo con un diámetro interior de 50 mm hasta 100 mm, se debe emplear el producto entero. Para productos pequeños, se pueden ensayar dos o más productos juntos paralelos entre sí, para incrementar la fuerza de lectura.

8 Número de probetas

Deben ensayarse, como mínimo, tres probetas o conjunto de probetas.

9 Tiempo transcurrido entre la vulcanización y el ensayo

A menos que se especifique lo contrario por razones técnicas, deben tenerse en cuenta los siguientes requisitos (ISO 23529).

- Para todos los ensayos, el tiempo mínimo transcurrido entre la vulcanización y el ensayo debe ser de 16 h.
- Para el ensayo de probetas que no proceden de productos acabados, el tiempo máximo transcurrido entre la vulcanización y el ensayo debe ser de cuatro semanas. Asimismo, en el caso de las determinaciones efectuadas con fines comparativos, los ensayos deben realizarse, en la medida de lo posible, después de que haya transcurrido el mismo intervalo de tiempo.
- Para el ensayo de probetas que proceden de productos acabados, el tiempo transcurrido entre la vulcanización y el ensayo no debe exceder de tres meses, siempre que sea posible. En otros casos, los ensayos deben realizarse antes de que hayan transcurrido dos meses desde la fecha de recepción del producto por parte del cliente.

10 Acondicionamiento

Siempre que sea posible, las muestras y probetas deben protegerse de la luz durante el intervalo de tiempo comprendido entre la vulcanización y el ensayo.

Las muestras, después de cualquier preparación necesaria, deben acondicionarse a la temperatura normalizada (véase la Norma ISO 23529), al menos, 3 h antes de cortar las probetas de ensayo. Las probetas pueden marcarse, si fuera necesario, y medirse y ensayarse inmediatamente. Si no se ensayan inmediatamente, deben guardarse a la temperatura normalizada hasta que se ensayen. Si la preparación precisa una rectificación, el intervalo comprendido entre la rectificación y el ensayo no debe exceder de 72 h.

Las probetas moldeadas deben acondicionarse a una temperatura normalizada, al menos, 3 h inmediatamente antes de medirse y ensayarse.

Si el ensayo debe llevarse a cabo a una temperatura distinta de la normalizada, las probetas deben acondicionarse a la temperatura de ensayo, inmediatamente antes, durante un periodo de tiempo suficiente para asegurar que se alcanza la temperatura de ensayo (véase la Norma ISO 23529).

11 Temperatura de ensayo

El ensayo se debe llevar a cabo, normalmente, a una temperatura normalizada (véase la Norma ISO 23529). Si se emplea otra temperatura, se recomienda una de las siguientes:

$(-75 \pm 2) ^\circ\text{C}$, $(-55 \pm 2) ^\circ\text{C}$, $(-40 \pm 2) ^\circ\text{C}$, $(-25 \pm 2) ^\circ\text{C}$, $(-10 \pm 2) ^\circ\text{C}$, $(0 \pm 2) ^\circ\text{C}$,
 $(40 \pm 1) ^\circ\text{C}$, $(55 \pm 1) ^\circ\text{C}$, $(70 \pm 1) ^\circ\text{C}$, $(85 \pm 1) ^\circ\text{C}$, $(100 \pm 1) ^\circ\text{C}$,
 $(125 \pm 2) ^\circ\text{C}$, $(150 \pm 2) ^\circ\text{C}$, $(175 \pm 2) ^\circ\text{C}$, $(200 \pm 2) ^\circ\text{C}$, $(225 \pm 2) ^\circ\text{C}$, $(250 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

12 Procedimiento operatorio

12.1 Medición de las probetas

Se determinan las dimensiones de las probetas de acuerdo con los métodos apropiados de la Norma ISO 23529. En el caso de las probetas adheridas por vulcanización, para calcular el espesor de la parte de goma se mide el espesor del conjunto y se resta la suma de los espesores de las placas metálicas.

12.2 Determinación de las propiedades de esfuerzo/deformación

12.2.1 Método A

Con probetas lubricadas, se cubren ligeramente las superficies pulidas de las placas metálicas con una capa de lubricante.

Se inserta la probeta centrándola entre las placas metálicas y se pone en marcha ésta a una velocidad de 10 mm/min hasta alcanzar una deformación del 25%. Se vuelve a la posición inicial a la misma velocidad de 10 mm/min y se repite el ciclo tres veces más, formando los cuatro ciclos de compresión una secuencia ininterrumpida. Se registra la curva de esfuerzo-deformación.

12.2.2 Método B

Se inserta el conjunto adherido centrándolo en la máquina de compresión y se pone en marcha a una velocidad de 10 mm/min hasta alcanzar una deformación del 25%. Se vuelve a la posición inicial a la misma velocidad de 10 mm/min y se repite el ciclo tres veces más, los cuatro ciclos de compresión forman una secuencia ininterrumpida. Se registra la curva esfuerzo-deformación.

12.2.3 Método C

Se inserta el conjunto (lubricado o no) centrándolo en la máquina de compresión y se pone en marcha a una velocidad de 10 mm/min hasta alcanzar una deformación del 25%. Se vuelve a la posición inicial a la misma velocidad de 10 mm/min y se repite el ciclo tres veces más. Los cuatro ciclos de compresión forman una secuencia ininterrumpida. Se registra la curva esfuerzo-deformación.

12.2.4 Método D

Se coloca la probeta centrándola sobre la platina inferior de compresión lubricada. Se comprime la probeta a una velocidad de 10 mm/min hasta que se alcanza una deformación del 30% y se registra la curva de esfuerzo-deformación.

Este ensayo normalmente se hace sin ningún acondicionamiento mecánico. Se puede emplear el acondicionamiento mecánico de acuerdo con los métodos A, B o C, pero si se utiliza se debe indicar en el informe de ensayo.

Son necesarios agujeros en las platinas de compresión cuando se ensayan productos en forma de anillo, dejándose una salida para el aire durante la compresión.

Si un producto incluye uniones sobre componentes rígidos (por ejemplo, un soporte de motor), se ensaya sin las platinas lubricadas.

13 Cálculo y expresión de los resultados

13.1 Para los métodos A, B y C

Los resultados se obtienen de los diagramas de fuerza/deformación (véase la figura 1) y deben expresarse en megapascales como módulo de compresión al 10% y 20% de deformación. La deformación se mide desde el punto en que la curva en el último ciclo corta el eje de deformación. Las propiedades esfuerzo/deformación se determinan a partir de la gráfica fuerza/deformación obtenida durante la compresión del último ciclo. Se anotan la mediana y los valores individuales al 10% y 20% de deformación por compresión de todas las probetas.

El módulo de compresión viene dado por la siguiente fórmula

$$\frac{F}{A\varepsilon}$$

que es igual a

$$\frac{F_{0,1}}{A\varepsilon_{0,1}}$$

para módulo de compresión al 10% de deformación

$$\frac{F_{0,2}}{A\varepsilon_{0,2}}$$

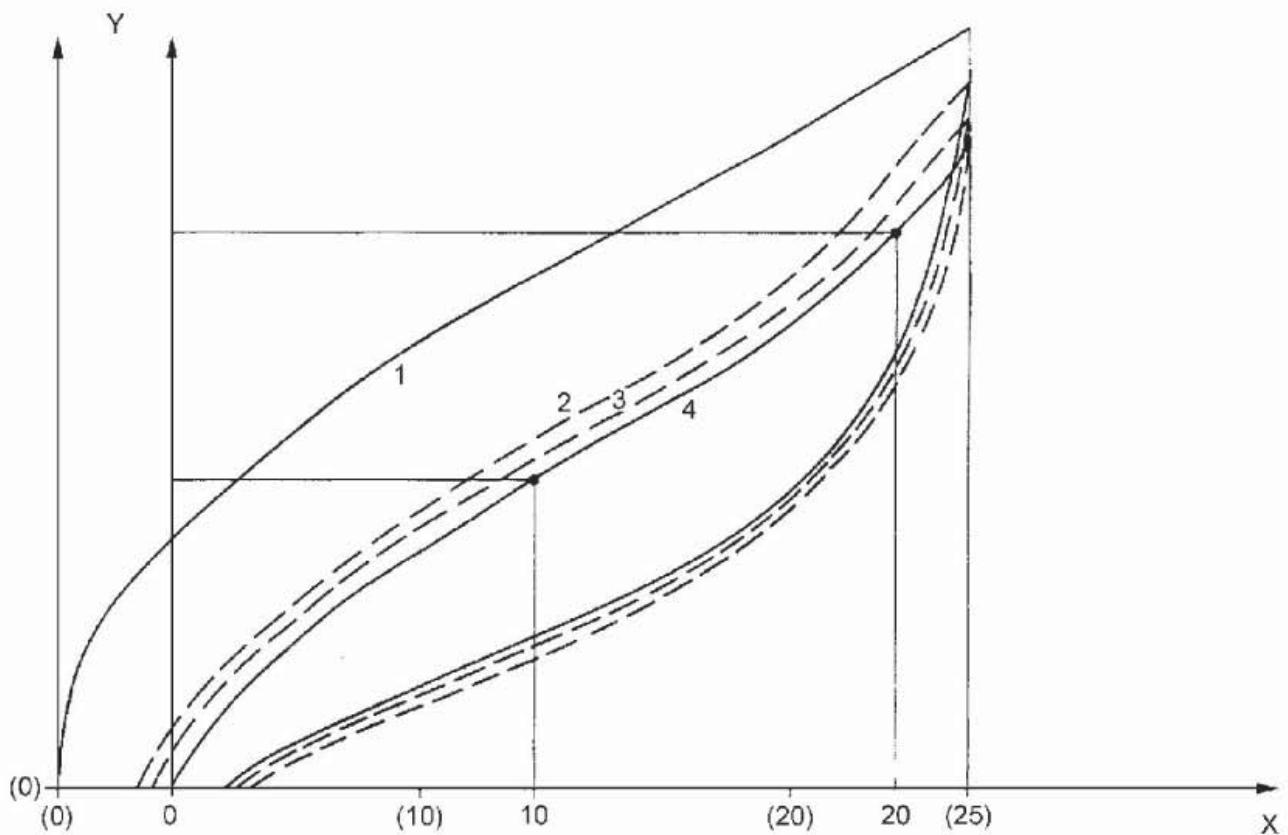
para módulo de compresión al 20% de deformación

donde

F es la fuerza aplicada para causar la deformación por compresión, en newtons;

A es el área de la sección transversal original de la probeta, en milímetros cuadrados;

ε es la deformación por compresión.



Leyenda

X Deformación, en %

Y Fuerza, F

1, 2, 3, 4 Ciclos de compresión 1, 2, 3, 4

Figura 1 – Cálculo del módulo en compresión

13.2 Para el método D

Los resultados deben derivar de los diagramas de esfuerzo-deformación y se deben expresar en newtons por metro o en newtons. Se leen los valores de las curvas de esfuerzo-deformación al 25% de deformación por compresión y se calcula la rigidez al 25% de compresión, S_{25} , de la ecuación:

$$S_{25} = \frac{F_{25}}{L}$$

o de la ecuación

$$S_{25} = F_{25}$$

donde

F_{25} es la fuerza, en newtons, al 25% de deformación por compresión;

L es la longitud, en metros.

En el caso de productos en forma de anillo, la longitud se toma a lo largo de la circunferencia media, es decir, a lo largo de la mitad del círculo entre la superficie interior y exterior del anillo.

Se indica el valor medio de la probeta ensayada, y los valores individuales.

NOTA La especificación de producto puede requerir otro esfuerzo diferente al 25%.

14 Informe del ensayo

El informe del ensayo debe contener la siguiente información:

- a) detalles de la muestra:
 - 1) descripción completa de la muestra y su origen,
 - 2) detalles del compuesto y del curado, si procede,
 - 3) método de preparación de la probeta de la muestra, por ejemplo por moldeo o corte,
- b) método de ensayo:
 - 1) referencia completa del método de ensayo utilizado, es decir, el número de esta Norma (ISO 7743:2011),
 - 2) procedimiento de ensayo empleado (A, B, C o D),
 - 3) tipo de probeta empleada,
- c) detalles del ensayo:
 - 1) temperatura de laboratorio,
 - 2) tiempo y temperatura de acondicionamiento antes del ensayo,
 - 3) temperatura de ensayo, si es diferente a la temperatura de laboratorio y la humedad relativa si es necesario,
 - 4) tipo de lubricación o agente de unión empleado,
 - 5) detalles de cualquier procedimiento no especificado en esa norma,
- d) resultados de ensayo:
 - 1) número de probetas empleadas,
 - 2) resultados de ensayo individuales,
 - 3) resultados medios, expresados en megapascales, del módulo de compresión al 10% y 20% de deformación para los métodos A, B y C expresados en newtons por metro o newtons al 25% de deformación para el método D,
- e) fecha del ensayo.

15 Precisión para los métodos A y D

Véase el anexo D.

Anexo A (Informativo)

Influencia de la geometría de la probeta

La caracterización mecánica estática o dinámica de los materiales elastoméricos implica condiciones de carga bien definidas. Esto requiere una geometría de la probeta que permita un esfuerzo y deformación bien definidos mantenida lo más uniformemente posible a lo largo del ensayo.

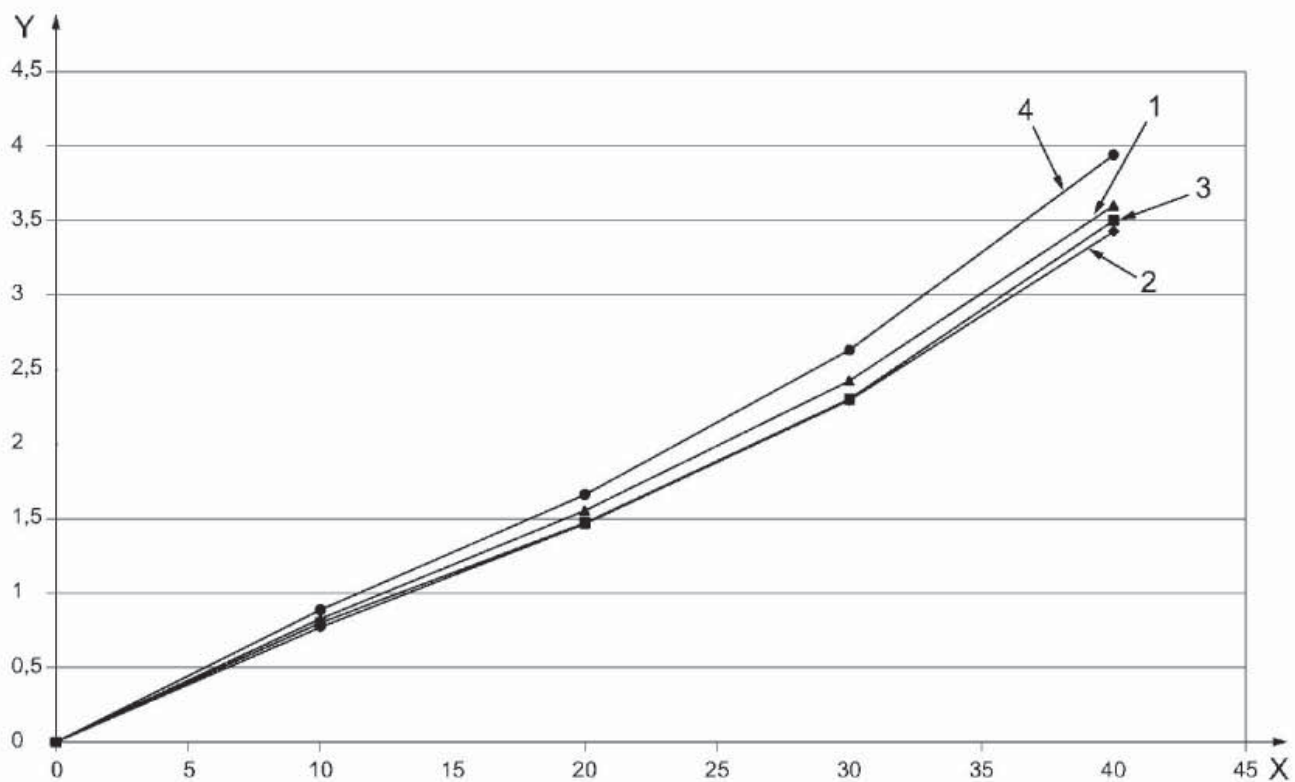
En el caso de una probeta a compresión, es necesario maximizar el componente de esfuerzo uniaxial y evitar la cizalla y/o componentes biaxiales. Idealmente, una probeta de compresión perfecta es un largo cilindro de sección circular pequeña. En la práctica, una probeta deformada debido al pandeo no es apropiada para la compresión. Una serie de ensayos realizados a probetas con diferentes relaciones de delgadez, junto con cálculos de elementos finitos, muestran que, cuando la relación de delgadez (relación longitud-diámetro) es mayor o igual a 1, se puede crear y conservar a lo largo de una amplia gama de deformación un estado de esfuerzo uniaxial. Si la geometría de la probeta es demasiado plana, se requiere un factor de corrección para derivar las propiedades de compresión de los resultados de ensayo.

NOTA La relación de delgadez está inversamente relacionada con el factor de forma (véase el anexo B).

Los ensayos de compresión se realizaron sobre un compuesto SBR cargado con negro de carbono 60 phr de HAF N 330. Se consideraron cuatro probetas de geometría cilíndrica.

- Probeta 1: diámetro: 8 mm – longitud: 14 mm ($l/d = 1,75$)
- Probeta 2: diámetro: 18 mm – longitud: 25 mm ($l/d = 1,56$) – Norma ISO 4666-3^[3]
- Probeta 3: diámetro: 20 mm – longitud: 20 mm ($l/d = 1,00$)
- Probeta 4: diámetro: 29 mm – longitud: 12,5 mm ($l/d = 0,43$) – Norma ISO 815-1^[11]

Los resultados se visualizan en las figuras A.1 y A.2; cada curva representa la media de los resultados obtenidos sobre las tres probetas.



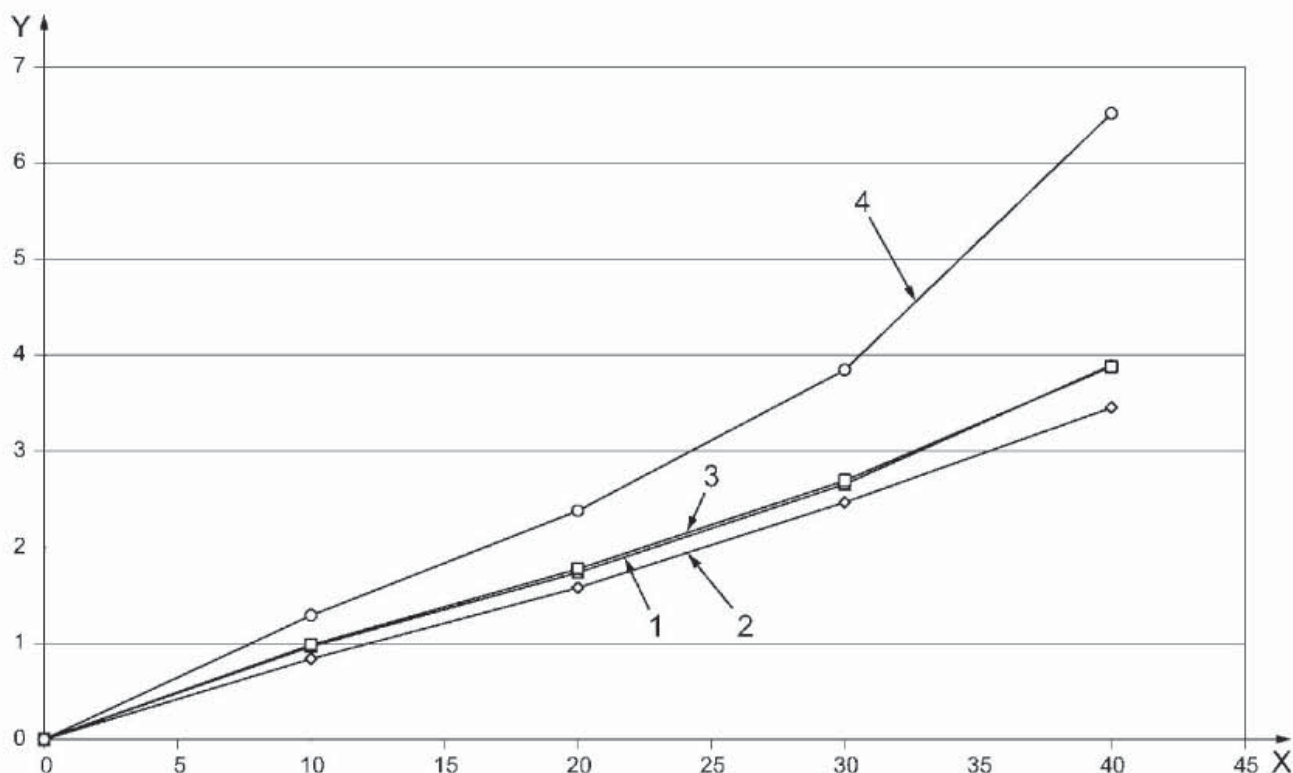
Leyenda

X Deformación, γ en %

Y Fuerza, τ , en MPa

1, 2, 3, 4 Probetas 1, 2, 3, 4

Figura A.1 – Propiedades de esfuerzo deformación estática en compresión. Probetas lubricadas. Esfuerzos presentados sin ninguna corrección



Leyenda

X	Deformación, γ en %
Y	Fuerza, τ , en MPa
1, 2, 3, 4	Probetas 1, 2, 3, 4

Figura A.2 – Propiedades de esfuerzo deformación estática en compresión. Probetas unidas. Esfuerzos presentados sin ninguna corrección

La geometría de la probeta tiene una pequeña influencia en la curva de carga siempre que los platos de compresión estén bien lubricados. Sin embargo, si las probetas están unidas, la rigidez efectiva se incrementa cuando la relación de delgadez decrece. Los resultados obtenidos muestran que la diferencia es particularmente significativa para la probeta de compresión, probeta 4 (la cual fue adoptada como probeta A, según se especifica en el capítulo 7).

Cuando las características intrínsecas de un caucho se determinan por el ensayo de compresión, es mejor elegir una probeta con una relación de delgadez apropiada ($h/d > 1$). La probeta 2 fue finalmente elegida como probeta B porque ya se emplea en los métodos estándar internacionales.

El modelo de comportamiento se determinó de los ensayos mecánicos realizados sobre el compuesto SBR mencionado en el párrafo 3.

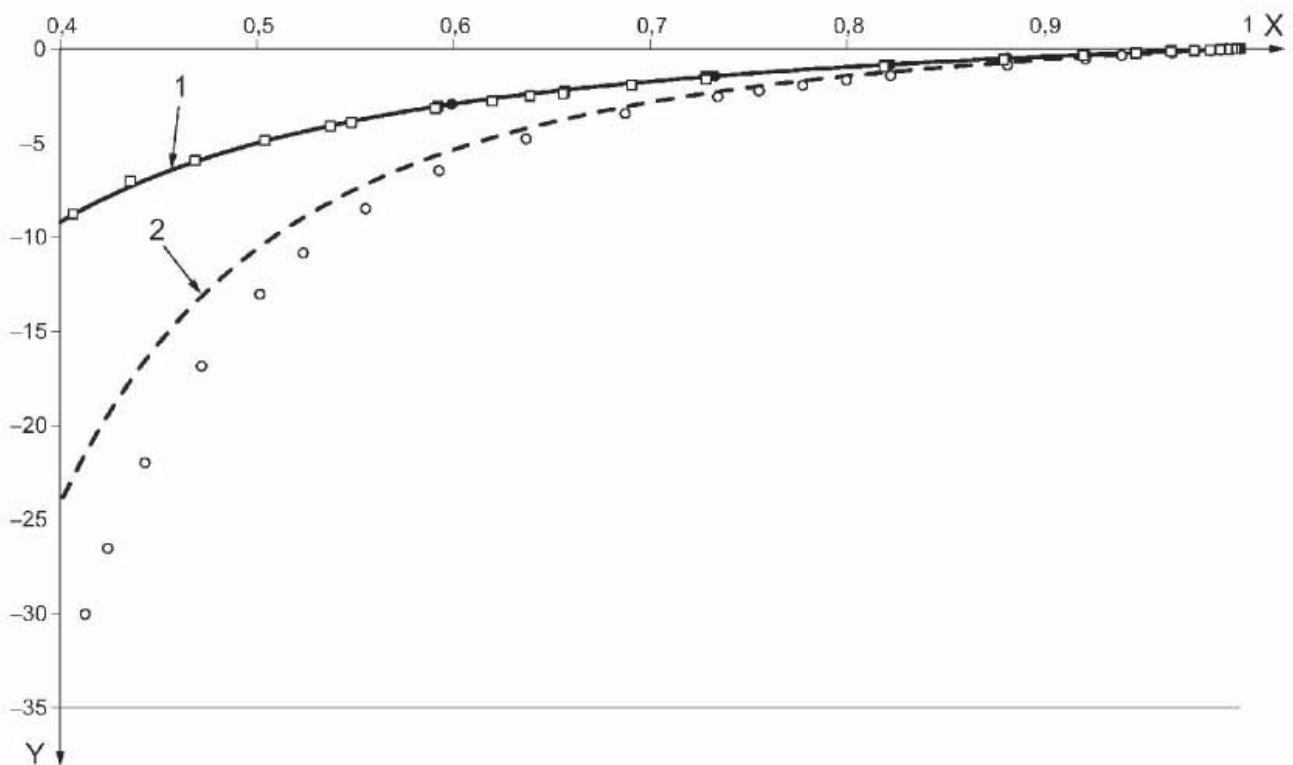
El modelo Rivlin así definido se utilizó para obtener el comportamiento del material en la compresión uniaxial y compresión biaxial (cizalla pura en compresión). Las curvas obtenidas se indican en la figura A.3. Los resultados de los diferentes cálculos de elementos finitos están también dibujados en la figura A.3. Estos cálculos son:

- compresión de la probeta A sin fricción;
- compresión de la probeta A unida;

- compresión de la probeta B sin fricción;
- compresión de la probeta B unida.

La figura A.3 muestra que la probeta B da el resultado de compresión uniaxial, cualquiera que sea el nivel de fricción en la interfaz entre la probeta y los platos de compresión. La respuesta de la probeta A a la compresión es altamente dependiente del nivel de fricción y de los cambios entre la compresión uniaxial y biaxial.

Por otra parte, la probeta B permite conservar la calidad de la medida a una deformación en compresión alta.



Leyenda

- X Relación de estiramiento
- Y Fuerza, τ , en MPa
- 1 Comportamiento de la compresión uniaxial
- 2 Comportamiento de la compresión biaxial (cizalla pura en compresión)
- Probeta A, sin fricción
- Probeta A, unida
- Probeta B, sin fricción
- Probeta B, unida

Figura A.3 – Influencia de la forma de la probeta sobre la reacción mecánica en compresión

Anexo B (Informativo)

Extrapolación de resultados a probetas no normalizadas

Como se muestra en el anexo A, el efecto del factor forma y del grado de deslizamiento de las caras comprimidas sobre las propiedades de esfuerzo/deformación del caucho es muy complejo y normalmente los resultados únicamente deberían aplicarse a la forma específica de la probeta y a las condiciones utilizadas en el ensayo.

Sin embargo, en este anexo se pretende dar algunas indicaciones sobre los factores que deberían tenerse en cuenta en caso de intentar comparar resultados obtenidos con diferentes probetas o de extrapolar resultados de probetas a productos, e indicar las diferencias de comportamiento entre probetas lubricadas. Se hace hincapié en el hecho de que las relaciones que se especifican en este anexo son aproximadas y que cualquier extrapolación de resultados utilizando estas relaciones debería confirmarse experimentalmente.

En este anexo se emplean los siguientes símbolos:

d	diámetro
E	módulo de Young
E_c	módulo en compresión efectivo
e	espesor
G	módulo en cizalla
K	módulo en compresión
k	factor que depende de la dureza ^{[6][7]}
S	factor de forma
ε	Deformación por compresión
λ	relación de compresión ($\lambda = 1 - \varepsilon$)
σ	esfuerzo de compresión promedio basado en la sección transversal original

Los cauchos tienen un módulo en compresión, elevado comparado con su módulo en cizalla y, para la mayor parte de los fines, pueden considerarse incompresibles.

En este caso

$$E = 3 G$$

En condiciones de lubricación (método A), asumiendo un deslizamiento sin restricciones, la compresión es homogénea y puede aplicarse la relación esfuerzo/deformación prevista por la teoría de Gauss:

$$\sigma = G(\lambda^{-2} - \lambda) = \frac{E(\lambda^{-2} - \lambda)}{3} \quad (\text{B.1})$$

Ya que $\lambda = 1 - \varepsilon$, sustituir para λ :

$$\sigma = \frac{E}{3} \left[\frac{1}{(1-\varepsilon)^2} - (1-\varepsilon) \right]$$

$$\sigma = \frac{E}{3} \left[\frac{1 - (1-\varepsilon)^3}{(1-\varepsilon)^2} \right]$$

$$\sigma = \frac{E}{3} \left[\frac{1 - 1 + 3\varepsilon - 3\varepsilon^2 + \varepsilon^3}{(1-\varepsilon)^2} \right]$$

Si se ignora la épsilon al cuadrado, se reduce a:

$$\sigma = \frac{E}{3} \left[\frac{3\varepsilon - 3\varepsilon^2}{(1-\varepsilon)^2} \right] = E\varepsilon \left[\frac{1-\varepsilon}{(1-\varepsilon)^2} \right] = \frac{E\varepsilon}{1-\varepsilon} \quad (\text{B.2})$$

Esta aproximación es satisfactoria para deformaciones superiores al 30%.

Para deformaciones muy pequeñas, $1 - \varepsilon \approx 1$, la ecuación (B.2) se reduce a:

$$\sigma = E\varepsilon \quad (\text{B.3})$$

Esta aproximación es satisfactoria para deformaciones superiores al 5%.

En condiciones de adherencia (probeta A, método B), en las superficies adheridas aparece una deformación por cizalla distribuida de un modo no uniforme y la deformación por compresión depende de la forma y la dureza del material.

Para derivar el módulo de Young del módulo de compresión efectiva, la bibliografía ^{[6][7]} propone la ecuación (B.4):

$$E_c = E(A + BS^n) \quad (\text{B.4})$$

donde

S es el factor de forma, es decir, es la proporción de área a la que se aplica la fuerza con respecto al área libre de fuerza; por ejemplo, para un disco: $S = d/4e$;

$A = 1$ y $B = 2k$ para los discos;

$1,0 \leq A \leq 1,3$ y $1,3 \leq B \leq 2,2$ para rectángulos dependiendo de la dureza.

NOTA 1 En el caso de caucho natural, $n = 2$.

NOTA 2 El valor de E_c derivado de la ecuación (B.4) puede sustituirse por E en las ecuaciones (B.1), (B.2) o (B.3) aplicando la más adecuada, dependiendo del nivel de deformación.

A deformaciones muy altas, o cuando S llega a ser muy grande, puede que sea necesario calcularlo tomando el valor del módulo en compresión K . Una aproximación es:

$$\frac{1}{E_c} = \frac{1}{E(A + BS^n)} + \frac{1}{K} \quad (\text{B.5})$$

Se ha encontrado una expresión particular y simplificada de la ecuación general con $A = 1$, $B = 2$ y $n = 2$ para dar resultados precisos incluso para deformaciones altas. Es conveniente y muy fácil utilizarlo que únicamente depende de las características geométricas. Da

$$E_c = E(1 + 2S^2) \quad (\text{B.6})$$

El hecho de que el caucho que contiene cargas no tiene un comportamiento lineal en cizalla puede tener un efecto significativo sobre el componente del factor de cizalla de E_c . Esto mismo sucede en compresiones homogéneas.

Cuando no se utiliza ni lubricación ni adhesión, normalmente el rozamiento no evita en su totalidad el deslizamiento y la extensión en la que se da el deslizamiento es variable, y depende de las condiciones de las superficies, grado de deformación, etc. Puede depender del tiempo e incrementarse en presencia de vibración.

Si la finalidad es el efecto de diseño, el módulo de Young tiene un valor superior al del módulo secante. Para determinar el módulo de Young a partir de mediciones experimentales al 10% y 20% de deformación, debería utilizarse la ecuación (B.2), modificada por la ecuación (B.4) o (B.6), si procede.

El módulo secante, S_M vendría dado por la siguiente ecuación

$$S_M = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Para probetas lubricadas esto es igual a,

$$\frac{E}{1 - \varepsilon}$$

Para probetas adheridas esto es igual a

$$\frac{E(A + BS^n)}{1 - \varepsilon}$$

A partir de estas ecuaciones, el módulo de Young viene dado por, para probetas lubricadas

$$E = S_M (1 - \varepsilon)$$

Y para probetas adheridas

$$E = \frac{S_M (1 - \varepsilon)}{A + BS^n}$$

El valor a expresar en el informe debería ser la media de E determinada a partir de los módulos de compresión (módulos secantes) para el 10% y el 20% de deformación.

Anexo C (Normativo)

Programa de calibración

C.1 Inspección

Antes de llevar a cabo la calibración, se debe determinar el estado de los elementos a ser calibrados mediante inspección y registro en un informe o certificado de calibración. Se debe informar de si la calibración se hace en las condiciones "de origen" o después de la rectificación de cualquier anomalía o avería.

Se debe comprobar que el aparato está en condiciones generales para la finalidad prevista, incluidos los parámetros especificados como aproximados y para los cuales el aparato no necesita ser calibrado oficialmente. Si estos parámetros se pueden cambiar, entonces se debe registrar la necesidad de controles periódicos, en los procedimientos de calibración detallados.

C.2 Programa

La verificación/calibración de los aparatos de ensayo es una parte normativa de esta norma internacional. La frecuencia de calibración y los procedimientos utilizados son, a menos que se indique lo contrario, a discreción de cada laboratorio, utilizando el método de la Norma ISO 18899 como orientación.

El programa de calibración indicado en la tabla C.1 se ha elaborado haciendo una lista de todos los parámetros especificados en el método de ensayo, junto con el requisito especificado. Un parámetro y el requisito pueden relacionarse con el aparato de ensayos principal, con parte de ese aparato o con un aparato auxiliar necesario para el ensayo.

Para cada parámetro, se indica un procedimiento de calibración en referencia a la Norma ISO 18899, a otra publicación o a un procedimiento particular para el método de ensayo que se detalla (se debe utilizar, preferentemente, un procedimiento de calibración más específico o detallado que en la Norma ISO 18899 cuando esté disponible).

La frecuencia de verificación para cada parámetro está dada por un código de letras. El código de letras utilizado en el programa de calibración es:

- C requisito a confirmar pero no medir;
- S intervalo estándar tal como figura en la Norma ISO 18899;
- U en uso.

Tabla C.1 – Programa de frecuencia de la calibración

Parámetro	Requisito	Apartado en la Norma ISO 18899:2004	Frecuencia de verificación	Notas
Máquina de ensayo de compresión	Según la Norma ISO 5893 ^[4] , con un registro autográfico de la curva de deformación	14.6	S	registros tiempo <i>x-y</i> preferido a registros tiempo- <i>y</i>
Exactitud, fuerza	1% de la lectura	21.2		
Exactitud, deformación	0,02 mm o 0,2% de la altura de la probeta	15.4		
Velocidad	(10 ± 2) mm/min	23.4		
Platos de compresión	Paralelo	C	S	
Tamaño de los platos	Al menos tan largos como los platos de metal entre ellos	C	U	
Platos metálicos:	Planos, de espesor uniforme	C	U	
– para probeta adheridas	dimensiones laterales ≥ dimensiones de la probeta	C	U	
– para probetas lubricadas	Al menos 20 mm más largo que las probetas	C	U	
Superficie acabada	Norma ISO 4287 ^[2]	15.5	S	
– Método A	$Ra \leq 0,4 \mu\text{m}$			
– Método B	Según requerido por el sistema de unión			
Herramientas y cortadoras	Norma ISO 23529	15.2	S	
Medidor de espesor	Según la Norma ISO 23529	15.1	S	
Termómetro para el monitor, el acondicionamiento y las temperaturas de ensayo ^a	Según la Norma ISO 23529	18	S	Véase el capítulo 10
Fluidos lubricantes	Apropiado, que no tenga un efecto importante sobre el caucho a ensayar, por ejemplo, fluido de silicona o de fluorsilicona			

^a Para las tolerancias de la temperatura de ensayo, véase el capítulo 11.

Además de los parámetros incluidos en la tabla C.1, el uso de los siguientes es implícito, todos ellos necesitan ser calibradas de acuerdo con la Norma ISO 18899:

- un cronómetro;
- un termómetro;
- instrumentos para la determinación de las dimensiones de las probetas.

Anexo D (Informativo)

Precisión para los métodos A y D

D.1 Detalles de la precisión

En 2008 se realizó un programa de ensayo interlaboratorio (ITP) para la evaluación de la precisión de los módulos de compresión utilizando los procedimientos y guías de precisión indicadas en el Informe Técnico ISO/TR 9272^[5].

Para más detalles y terminología sobre la evaluación de precisión véase el Informe Técnico ISO/TR 9272^[5].

Se evaluaron los métodos A y D de medición de los módulos de compresión. Se evaluó una precisión de tipo 1 utilizando probetas curadas de nueve combinaciones de probetas de compuestos de caucho diferentes (con un rango de valores) suministrados a cada uno de los 8 laboratorios que participaron en el ITP. Los nueve compuestos se designaron como compuesto A, B, C para el método A (par dos niveles de deformación diferentes); D, E, F para el método D (perfil) y G, H e I para el método D (anillo). Con una semana de diferencia, en cada uno de los dos días de ensayo se realizó la siguiente secuencia de ensayo. Se realizaron tres mediciones a cada probeta y se obtuvo la media de las 3 medidas. El valor medio se define como un resultado de ensayo para ese día de ensayo. Todos los análisis se realizaron en base al dato del resultado de ensayo (es decir, la media de los tres por cada día). Se utilizó la opción 1 del Informe Técnico ISO/TR 9272^[5] de procedimiento de tratamiento de valores atípicos, eliminación de valores atípicos.

Los resultados de precisión según determinados por este ITP no se pueden aplicar para aceptar o rechazar el ensayo para cualquier grupo de materiales o productos sin la documentación de que los resultados de esta evaluación de precisión en realidad se aplican a los productos o materiales ensayados.

D.2 Resultados de precisión

D.2.1 Generalidades

Los resultados de precisión para todos los métodos y compuestos de los módulos de compresión se dan en la tabla D.1. Estos resultados se obtuvieron utilizando la eliminación de datos atípicos según se indica arriba. Los enunciados generales para el uso de los resultados de precisión se citan abajo. Estos se dan en términos de precisión absoluta, r o R , y también de precisión relativa (r) y (R).

D.2.2 Repetibilidad

La repetibilidad o precisión de ámbito local, para cada uno de los métodos de ensayo de los módulos de compresión ha sido establecida para cada compuesto o material y método por los valores dados en la tabla D.1. Dos resultados de ensayo individuales (obtenidos por el uso correcto de esta norma internacional) que difieran en más de los valores tabulados para r , en unidades de medición, o (r) en porcentaje del nivel medio, deberían considerarse como sospechosos, es decir, que han llegado de diferentes poblaciones. Lo cual sugiere que se tome alguna acción de investigación apropiada.

D.2.3 Reproducibilidad

La reproducibilidad o precisión de ámbito global, para cada uno de los métodos de ensayo de los módulos de compresión ha sido establecida para cada compuesto o material y método por los valores dados en la tabla D.1. Dos resultados de ensayo individuales obtenidos en diferentes laboratorios (por el uso correcto de esta norma internacional) que difieran en más de los valores tabulados para R , en unidades de medida, o (R) en porcentaje del nivel medio, deberían considerarse como sospechosos, es decir, que han llegado de diferentes poblaciones. Lo cual sugiere que se tome alguna acción de investigación apropiada.

Tabla D.1 – Precisión para los módulos de compresión. Método A (disco), D (perfil) y D (anillo)

Material	Media	Inter laboratorio			Entre laboratorios			Nº de laboratorios ^b
		s_r	r	(r)	s_R	R	(R)	
Parte 1: Método A (disco) para módulos al 10% de deformación, MPa								
Compuesto A	0,315	0,005 1	0,014 3	4,53	0,031 0	0,086 9	27,58	6
Compuesto B	0,489	0,008 7	0,024 2	4,96	0,500	0,140 0	28,63	6
Compuesto C	0,647	0,020 3	0,056 9	8,80	0,087 4	0,244 7	37,85	7
Valor combinado o media ^a		0,011 4	0,031 8	6,10	0,156 2	0,157 2	31,35	
Parte 2: Método A (disco) para módulos al 20% de deformación, MPa								
Compuesto A	0,641	0,006 6	0,046 4	7,25	0,040 3	0,112 8	17,60	6
Compuesto B	0,952	0,011 8	0,033 1	3,48	0,089 6	0,250 9	26,35	5
Compuesto C	1,348	0,033 3	0,093 2	6,91	0,247 0	0,691 7	51,32	7
Valor combinado o media ^a		0,015 3	0,057 6	5,897	0,125 6	0,351 8	31,76	
Parte 3: Método D (perfil) al 25% de deformación^c, MPa								
Compuesto D	2,76	0,078 0	0,218	7,93	0,415 2	1,163	42,20	3
Compuesto E	9,61	0,128 3	0,359	3,74	0,224 3	0,628	6,54	3
Compuesto F	3,00	0,031 4	0,088	2,93	0,232 2	0,650	21,66	3
Valor combinado o media ^a		0,044 9	0,222	4,864	0,290 6	0,814	23,47	
Parte 4: Método D (anillo) al 25% de deformación^c, MPa								
Compuesto G	2,38	0,070 0	0,196 0	8,25	0,100 8	0,282 2	11,87	3
Compuesto H	3,57	0,091 8	0,257 1	7,21	0,398 1	1,114 6	31,23	3
Compuesto I	5,36	0,295 7	0,827 9	15,46	0,422 2	1,182 3	22,08	3
Valor combinado o media ^a		0,152 5	0,427 0	10,304	0,307 0	0,859 7	21,73	
^a Medias simples calculadas. ^b Número de laboratorios después de eliminar los valores atípicos, análisis final; laboratorios totales = 8 para el método A, 4 para el método C. ^c La precisión para la parte 3 y 4 se obtuvo de un número muy pequeño de laboratorios; por lo que es una estimación muy aproximada de la precisión real para estos métodos. Usar con extrema precaución.								
Notación utilizada:								
s_r es la desviación estándar inter laboratorio, en unidades de medición								
r es la repetibilidad, en unidades de medición								
(r) es la repetibilidad, como porcentaje del nivel medio								
s_R es la desviación estándar entre laboratorios (para una variación total entre laboratorios), en unidades de medición								
R es la reproducibilidad, en unidades de medición								
(R) es la reproducibilidad, como porcentaje del nivel medio								

D.3 Comentarios adicionales de análisis

Los resultados de precisión para el método D, ambos perfil y anillo, son valores muy aproximados ya que todos los ocho laboratorios no participaron en el ensayo. Los resultados se basaron sólo en tres laboratorios. Tal precisión debería utilizarse con extrema precaución.

D.4 Sesgo

Sesgo es la diferencia entre el resultado de ensayo medio medido y una referencia o valor real para la medición en cuestión. Los valores de referencia no existen para este método de ensayo y por tanto el sesgo no puede ser evaluado.

Bibliografía

- [1] ISO 815-1, *Rubber, vulcanized or thermoplastic. Determination of compression set. Part 1: At ambient or elevated temperatures.*
- [2] ISO 4287, *Geometrical Product Specifications (GPS). Surface texture: Profile method. Terms, definitions and surface texture parameters.*
- [3] ISO 4666-3, *Rubber, vulcanized. Determination of temperature rise and resistance to fatigue in flexometer testing. Part 3: Compression flexometer (constant-strain type).*
- [4] ISO 5893, *Rubber and plastics test equipment. Tensile, flexural and compression types (constant rate of traverse). Specification.*
- [5] ISO/TR 9272, *Rubber and rubber products. Determination of precision for test method standards.*
- [6] FREAKLEY, P.K., PAYNE, A.R. *Theory and practice of engineering with rubber*, pp. 113-118. London: Applied Science Publishers, 1978.
- [7] LINDLEY, P.B. Compression characteristics of laterally unrestrained rubber O-rings. *J. Inst. Rubber Ind.* 1967, 1, pp. 209-213.
- [8] DAVEY, A.B., PAYNE, A.R. *Rubber in engineering practice*, p. 116. London: Maclaren and Sons, 1964.

AENOR Asociación Española de
Normalización y Certificación

Génova, 6
28004 MADRID-España

info@aenor.es
www.aenor.es

Tel.: 902 102 201
Fax: 913 104 032

ANEXO 3: Norma para ensayo de dureza UNE
ISO 48

Junio 2008

TÍTULO

Elastómeros, vulcanizados o termoplásticos

Determinación de la dureza (dureza entre 10 IRHD y 100 IRHD)

Rubber, vulcanized or thermoplastic. Determination of hardness (hardness between 10 IRHD and 100 IRHD).

Caoutchouc vulcanisé ou thermoplastique. Détermination de la dureté (dureté comprise entre 10 DIDC et 100 DIDC).

CORRESPONDENCIA

Esta norma es idéntica a la Norma Internacional ISO 48:2007.

OBSERVACIONES

Esta norma anula y sustituye a las Normas UNE 53549:1991 y UNE 53549/1M:2003.

ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 53 *Plásticos y Caucho* cuya Secretaría desempeña ANAIP-COFACO.

ÍNDICE

	Página
PRÓLOGO	4
INTRODUCCIÓN	5
1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	5
1.1 Generalidades	5
1.2 Métodos de dureza estándar.....	5
1.3 Métodos de dureza aparente	6
2 NORMAS PARA CONSULTA	6
3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES	7
4 PRINCIPIO	7
5 APARATOS	7
5.1 Generalidades	7
5.2 Métodos N, H, L y M.....	7
5.3 Métodos CN, CH, CL y CM	9
6 PROBETAS	9
6.1 Generalidades	9
6.2 Métodos N, H, L y M.....	9
6.3 Métodos CN, CH, CL y CM	10
7 INTERVALO DE TIEMPO ENTRE LA VULCANIZACIÓN Y EL ENSAYO	11
8 ACONDICIONAMIENTO DE LAS PROBETAS	11
9 TEMPERATURA DE ENSAYO	11
10 PROCEDIMIENTO	11
11 NÚMERO DE MEDIDAS	12
12 EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS	12
13 PRECISIÓN	12
14 INFORME DE ENSAYO	15
ANEXO A (Normativo) RELACIÓN EMPÍRICA ENTRE PENETRACIÓN Y DUREZA..	16
ANEXO B (Informativo) PRECISIÓN	18
ANEXO C (Informativo) GUÍA PARA LA UTILIZACIÓN DE LOS RESULTADOS DE PRECISIÓN	22
BIBLIOGRAFÍA	23

PRÓLOGO

ISO (la Organización Internacional de Normalización) es una federación mundial de organismos nacionales de normalización (organismos miembros de ISO). El trabajo de preparación de las normas internacionales normalmente se realiza a través de los comités técnicos de ISO. Cada organismo miembro interesado en una materia para la cual se haya establecido un comité técnico, tiene el derecho de estar representado en dicho comité. Las organizaciones internacionales, públicas y privadas, en coordinación con ISO, también participan en el trabajo. ISO colabora estrechamente con la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) en todas las materias de normalización electrotécnica.

Las normas internacionales se redactan de acuerdo con las reglas establecidas en la Parte 2 de las Directivas ISO/IEC.

La tarea principal de los comités técnicos es preparar normas internacionales. Los proyectos de normas internacionales adoptados por los comités técnicos se envían a los organismos miembros para su votación. La publicación como norma internacional requiere la aprobación por al menos el 75% de los organismos miembros con derecho a voto.

Se llama la atención sobre la posibilidad de que algunos de los elementos de esta norma internacional puedan estar sujetos a derechos de patente. ISO no asume la responsabilidad por la identificación de cualquiera o todos los derechos de patente.

La Norma Internacional ISO 48 fue preparada por el Comité Técnico ISO/TC 45, *Elastómeros y productos de elastómeros*, Subcomité SC 2, *Ensayos físicos y de degradación*.

Esta cuarta edición anula y sustituye a la tercera edición (ISO 48:1994), que ha sido revisada técnicamente. También incorpora la Modificación ISO 48:1994/Amd.1:1999.

INTRODUCCIÓN

El ensayo de dureza especificado en esta norma está destinado a proporcionar una evaluación rápida de la rigidez del elastómero a diferencia de los ensayos de dureza con otros materiales, que miden la resistencia de la deformación permanente.

La dureza se mide por la profundidad de la penetración de una esfera rígida, bajo una fuerza específica, en una probeta de elastómero. Se ha utilizado una relación empírica entre la profundidad de la penetración y el módulo de Young, para un material isótropo perfectamente elástico, al objeto de establecer una escala de dureza de uso adecuado para la mayoría de los elastómeros.

Cuando se requiera determinar el valor del módulo de Young, debería utilizarse un método de ensayo apropiado, por ejemplo, el que se describe en la Norma ISO 7743.

La guía para el ensayo de dureza, Norma ISO 18517, puede ser también una referencia útil.

ADVERTENCIA – Los usuarios de esta norma 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 el establecer las prácticas de seguridad y salud adecuadas y el asegurar que se cumple cualquier reglamentación nacional existente.

PRECAUCIÓN – Ciertos productos especificados en esta norma internacional pueden conllevar el uso o la generación de sustancias, o la generación de residuos, 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

1.1 Generalidades

Esta norma internacional especifica cuatro métodos, para la determinación de la dureza de vulcanizados o elastómeros termoplásticos sobre superficies planas (métodos de dureza estándar) y cuatro métodos para la determinación de la dureza aparente de superficies curvadas (métodos de dureza aparente). La dureza se expresa en grados internacionales de dureza de los elastómeros (IRHD). Los métodos cubren un rango de dureza de 10 IRHD a 100 IRHD.

Los métodos difieren principalmente por el diámetro de la esfera del penetrador y por el valor de la fuerza de penetración, que se eligen en función de la aplicación particular. El rango de aplicación de cada método se indica en la figura 1.

La determinación de la dureza por medio de un dispositivo de bolsillo de medición de dureza se describe en la Norma ISO 7619-2.

1.2 Métodos de dureza estándar

Método N: Ensayo normal. Este método es apropiado para elastómeros con un rango de dureza de 35 IRHD a 85 IRHD, pero también puede utilizarse para durezas comprendidas entre 30 IRHD y 95 IRHD.

Método H: Ensayo para durezas elevadas. Este método es apropiado para elastómeros con un rango de dureza de 85 IRHD a 100 IRHD.

Método L: Ensayo para durezas bajas. Este método es apropiado para elastómeros con un rango de dureza de 10 IRHD a 35 IRHD.

Método M: Micro-ensayo. Este método es esencialmente una versión a escala reducida del ensayo normal, método N, permitiendo el ensayo de probetas de menor espesor y menor tamaño. Es apropiado para elastómeros con un rango de dureza de 35 IRHD a 85 IRHD, pero también puede utilizarse para durezas comprendidas entre 30 IRHD y 95 IRHD.

NOTA 1 El valor de la dureza obtenida mediante el método N dentro del rango de 85 IRHD a 95 IRHD y del rango de 30 IRHD a 35 IRHD, puede no coincidir exactamente con los obtenidos utilizando el método H o el método L, respectivamente. Normalmente la diferencia no es significativa para aplicaciones técnicas.

NOTA 2 Por los efectos de las diferentes superficies del elastómero y la profundidad de una ligera rugosidad superficial (producida, por ejemplo, mediante pulido), el micro-ensayo no siempre da resultados concordantes con los obtenidos mediante el ensayo normal.

1.3 Métodos de dureza aparente

También se especifican cuatro métodos, CN, CH, CL y CM, para la determinación de la dureza aparente de superficies curvadas. Estos métodos son variantes de los métodos N, H, L y M, respectivamente, por los casos en los que la superficie de elastómero a ensayar está curvada. Existen dos casos dependiendo si:

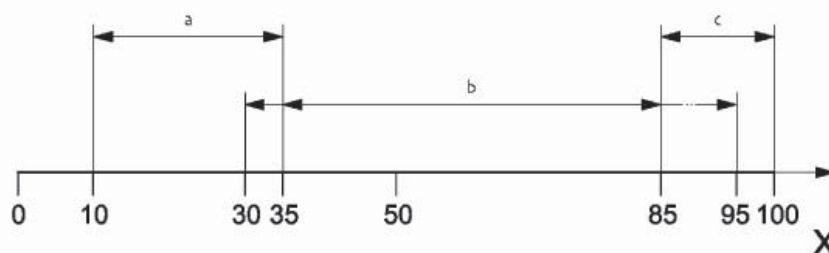
- la probeta o producto a ensayar sea lo suficientemente grande como para colocar el durómetro sobre él;
- sea suficientemente pequeño como para que la probeta y el durómetro se coloque sobre un soporte común.

Una variante de b) sería aquel caso en el que la probeta se coloca sobre la pletina del instrumento.

La dureza aparente puede medirse sobre una probeta plana no estándar utilizando los métodos N, H, L y M.

Los procedimientos descritos no pueden prever todas las formas y dimensiones posibles de la probeta, pero cubre algunos tipos más comunes, tales como las juntas tóricas.

La determinación de la dureza aparente de cilindros recubiertos de goma se tratan por separado en las diferentes partes de la Norma ISO 7267.



Leyenda

X dureza (IRHD)

^a Método L y método CL

^b Método N y M y métodos CN y CM

^c Método H y método CH

Figura 1 – Rango de aplicación

2 NORMAS PARA CONSULTA

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

ISO 18898 *Elastómeros. Calibración y verificación de los medidores de dureza.*

ISO 23529 *Elastómeros. Procedimientos generales de preparación y acondicionamiento de probetas para ensayos físicos.*

3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los fines de esta norma, se aplican los siguientes términos y definiciones.

3.1 grado de dureza del elastómero en escala internacional, escala IRHD:

La escala de dureza elegida de manera que 0 representa la dureza del material que tiene el módulo de Young de cero y 100 representa la dureza de un material con un módulo de Young infinito, con la siguiente aplicación sobre la mayoría del rango normal de dureza:

- a) un grado internacional de dureza del elastómero siempre representa aproximadamente la misma diferencia proporcional en el módulo de Young,
- b) para elastómeros altamente elásticos, las escalas de IRHD y Shore A son comparables.

3.2 dureza normal:

Dureza, redondeada al número entero más próximo, en grados internacionales, de dureza de los elastómeros obtenida utilizando los procedimientos descritos en los métodos N, H, L y M con probetas de espesor normal y de, al menos, de dimensiones laterales mínimas especificadas.

3.3 dureza aparente:

Dureza, redondeada al número entero más próximo, en grados internacionales de dureza de los elastómeros, obtenida utilizando los procedimientos descritos en los métodos N, H, L y M con probetas de dimensiones no normalizadas, así como valores de dureza obtenidos utilizando métodos CN, CH, CL y CM.

NOTA Los valores obtenidos con los métodos CN, CH, CL y CM se dan siempre como dureza aparente, puesto que habitualmente los ensayos se hacen sobre el artículo entero, con un espesor de elastómero que puede variar, y en numerosos casos con dimensiones laterales que no respetan la distancia mínima entre el penetrador y el borde, necesaria para eliminar los efectos de los bordes. Por consiguiente, las lecturas obtenidas generalmente no coinciden con las efectuadas con las probetas normales, tales como las que se definen en los métodos N, H, L y M, o con las efectuadas con una placa de caras planas y paralelas, del mismo espesor que el artículo. Además, las lecturas pueden depender de manera apreciable de la forma en que se dispone el artículo y de la utilización eventual de un pie de presión. Así pues, es preciso reconocer que los resultados del ensayo sobre superficies curvadas son valores arbitrarios, aplicables solamente a probetas o artículos de forma y dimensiones particulares y dispuestos de una manera particular, y estos valores, en casos extremos, pueden diferir de la dureza normal en más de 10 IRHD. Además, las superficies que han sido pulidas o tratadas de cualquier otra forma para eliminar las marcas de tejido, etc., pueden dar valores de dureza ligeramente distintos de aquellas moldeadas con un acabado suave.

4 PRINCIPIO

El ensayo de dureza consiste en medir la diferencia entre las profundidades de penetración de una esfera en el elastómero bajo una fuerza de contacto débil y una fuerza (penetración) total elevada. De esta diferencia, multiplicada por el factor de escala 6 cuando se utiliza el micro-ensayo, se obtiene la dureza en grados internacionales de dureza de los elastómeros (IRHD) utilizando las tablas 3 a 5 o de los gráficos basados en estas tablas, o de una escala con lectura directa en grados internacionales de dureza de los elastómeros, calculada de las tablas y derivada del instrumento medidor de la penetración. Estas tablas y curvas se derivan de la relación empírica entre la profundidad de la penetración y la lectura dada en el anexo A.

5 APARATOS

5.1 Generalidades

La calibración y verificación de los aparatos debe realizarse de acuerdo con la Norma ISO 18898.

5.2 Métodos N, H, L y M

Las partes esenciales de los aparatos son como se especifica en los apartados 5.2.1 a 5.2.6, las dimensiones y fuerzas iniciales correspondientes se muestran en la tabla 1.

5.2.1 Penetrador vertical, consta en el extremo inferior de una bola o superficie esférica rígida, y dispositivos para el soporte del penetrador de forma que, la extremidad esférica quede ligeramente por encima de la superficie del pie anular antes de la aplicación de la fuerza de contacto.

5.2.2 Dispositivos de aplicación de fuerza de contacto y una fuerza de penetración adicional del penetrador, permitiendo a la masa del penetrador, incluyendo cualquier accesorio adjunto al dispositivo, y la fuerza de cualquier resorte, que actúe sobre él, de manera que las fuerzas realmente transmitidas por la extremidad esférica del penetrador sean las especificadas.

5.2.3 Dispositivo para medir el aumento de profundidad de penetración del penetrador causado por la fuerza adicional, graduado en medidas métricas o directamente en IRHD. El indicador empleado puede ser mecánico, óptico o eléctrico.

5.2.4 Pie anular plano, normal al eje del penetrador y provisto en su centro de un orificio para permitir el paso del penetrador. El pie descansa sobre la probeta y ejerce sobre ella una presión de $30 \text{ kPa} \pm 5 \text{ kPa}$ siempre que la fuerza total sobre el pie no difiera de los valores dados en la tabla 1. El pie debe estar conectado rígidamente al dispositivo medidor de la penetración, de manera que la medida realizada sea la del penetrador con respecto al pie (es decir, con respecto a la superficie superior de la probeta), no respecto a la superficie que soporta la probeta.

Tabla 1 – Fuerzas y dimensiones de los aparatos

Método de ensayo	Diámetros mm	Fuerza sobre la esfera			Fuerza sobre el pie N
		Contacto N	Penetración N	Total N	
Método N (ensayo normal)	Esfera $2,50 \pm 0,01$ Pie 20 ± 1 Orificio 6 ± 1	$0,30 \pm 0,02$	$5,40 \pm 0,01$	$5,70 \pm 0,03$	$8,3 \pm 1,5$
Método H (durezas altas)	Esfera $1,00 \pm 0,01$ Pie 20 ± 1 Orificio 6 ± 1	$0,30 \pm 0,02$	$5,40 \pm 0,01$	$5,70 \pm 0,03$	$8,3 \pm 1,5$
Método L (durezas bajas)	Esfera $5,00 \pm 0,01$ Pie 22 ± 1 Orificio 10 ± 1	$0,30 \pm 0,02$	$5,40 \pm 0,01$	$5,70 \pm 0,03$	$8,3 \pm 1,5$
Método M (micro-ensayo)	mm	mN	mN	mN	mN
	Esfera $0,395 \pm 0,005$ Pie $3,35 \pm 0,15$ Orificio $1,00 \pm 0,15$	$8,3 \pm 0,5$	$145 \pm 0,5$	$153,3 \pm 1,0$	235 ± 30
NOTA 1	En el micro-ensayo, cuando se utilizan instrumentos en los cuales el porta-probetas es presionado hacia arriba por un resorte, los valores del pie de presión y la fuerza sobre el pie están actuando durante el periodo de aplicación de la fuerza total. Antes se aplica la fuerza de penetración de 145 mN, la fuerza sobre el pie es mayor de esta cantidad, y por lo tanto, es igual a $380 \text{ mN} \pm 30 \text{ mN}$.				
NOTA 2	No todas las combinaciones posibles de dimensiones y de fuerzas dadas en esta tabla cumplirán los requisitos de presión del apartado 5.2.4.				

5.2.5 Dispositivo para vibrar ligeramente los aparatos, por ejemplo, un vibrador eléctrico, para vencer cualquier ligera fricción. (Esto puede omitirse en instrumentos donde la fricción está completamente eliminada).

5.2.6 Cámara para la probeta, cuando los ensayos se realizan a otras temperaturas diferentes a la temperatura normal de laboratorio. Esta cámara debe estar equipada con un medio que permita mantener la temperatura al valor deseado con una aproximación de $2 \text{ }^\circ\text{C}$. El pie y el penetrador vertical deben atravesar la parte superior de la cámara y la parte que atraviesa la parte superior debe estar hecha de un material de baja conductividad térmica. Debe colocarse un dispositivo de detección en el interior de la cámara próxima, o en la zona de colocación de las probetas, para medir la temperatura (véase la Norma ISO 23529).

5.3 Métodos CN, CH, CL y CM

5.3.1 Generalidades

Los aparatos utilizados deben ser esencialmente los descritos en el apartado 5.2 pero con las siguientes diferencias.

5.3.2 Superficies cilíndricas de radio superior a 50 mm

La base del instrumento debe tener un orificio debajo del penetrador, permitiendo paso libre al pie anular de modo que la medida puede hacerse por encima o por debajo de la base.

La superficie inferior de la base debe tener forma de dos cilindros paralelos entre ellos y al plano de la base. El diámetro de los cilindros y la distancia que los separa debe ser de forma que, el instrumento se coloque y se apoye sobre la superficie curvada a ensayar. Alternativamente, la base modificada puede colocarse con pies móviles con uniones universales de modo que se adapten a la superficie curvada.

5.3.3 Superficies con doble curvatura de gran radio superior a 50 mm

Debe utilizarse el instrumento con pies ajustables descrito en el apartado 5.3.2.

5.3.4 Superficies cilíndricas de radio 4 mm a 50 mm o probetas pequeñas con doble curvatura

En superficies demasiado pequeñas para sostener el instrumento, la probeta o el artículo deben ser mantenidos por fijaciones especiales o de bloques en forma de V de modo que el penetrador está en posición vertical por encima de la superficie de ensayo. Se puede utilizar cera para fijar artículos pequeños en el porta-probetas.

En general, un instrumento de acuerdo con el método M debería utilizarse únicamente cuando el espesor del elastómero a ensayar es menor de 4 mm.

NOTA Los instrumentos de acuerdo con el método M en los que el porta-bridas es presionado hacia arriba por un resorte no son apropiados para probetas grandes o artículos con un radio grande de curvatura.

5.3.5 Juntas tóricas pequeñas y artículos de radio de curvatura menor de 4 mm

Estos deben ser sostenidos en fijaciones, bloques o asegurados con cera a la pletina del instrumento. Las medidas se deben realizar utilizando el instrumento según el método M.

El ensayo no debe realizarse si el radio más pequeño es inferior a 0,8 mm.

6 PROBETAS

6.1 Generalidades

Las probetas deben prepararse según la Norma ISO 23529.

6.2 Métodos N, H, L y M

6.2.1 Generalidades

Las probetas deben tener sus superficies superior e inferior planas, lisas y paralelas entre sí.

Los ensayos destinados a ser comparados deben realizarse con probetas del mismo espesor.

6.2.2 Espesor

6.2.2.1 Métodos N y H

La probeta normalizada debe tener de 8 mm a 10 mm de espesor y debe estar formada por capas de elastómero, de las cuales, la más delgada no debe ser menor de 2 mm de espesor. Todas las superficies deben ser planas y paralelas.

Las probetas no normalizadas pueden ser de mayor o menor espesor, pero nunca inferior a 4 mm.

6.2.2.2 Método L

La probeta normalizada debe ser de 10 mm a 15 mm de espesor y debe estar formada por capas de elastómero, de las cuales, la más delgada no debe ser menor de 2 mm de espesor. Todas las superficies deben ser planas y paralelas.

La probeta no normalizada puede ser de mayor o menor espesor, pero nunca inferior a 6 mm de espesor.

6.2.2.3 Método M

La probeta normalizada debe tener un espesor de $2 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$. Se puede utilizar probetas más gruesas o más delgadas, pero en ningún caso inferiores a 1 mm de espesor. Los valores obtenidos con estas probetas, en general no coinciden con los valores obtenidos con la probeta normalizada.

6.2.3 Dimensiones laterales

6.2.3.1 Métodos N, H y L

Las dimensiones laterales de las probetas normalizadas y no normalizadas deben ser tales que ningún ensayo se realice a una distancia del borde de la probeta, inferior a la distancia apropiada indicada en la tabla 2.

Tabla 2 – Distancia mínima en el punto de contacto y el borde de la probeta

Medidas en milímetros

Espesor total de la probeta	Mínima distancia entre el punto de contacto y el borde de la probeta
4	7,0
6	8,0
8	9,0
10	10,0
15	11,5
25	13,0

6.2.3.2 Método M

Las dimensiones laterales deben ser tales que ningún ensayo se realice a una distancia del borde inferior a 2 mm.

Cuando las probetas con un espesor mayor de 4 mm se ensayan en un instrumento de micro-ensayo, porque las dimensiones laterales o el área plana disponible no permiten que se ensaye sobre un instrumento normal, el ensayo debe hacerse a una distancia del borde tan grande como sea posible.

6.3 Métodos CN, CH, CL y CM

La probeta debe ser, o bien un artículo completo, o una parte cortada del mismo. La cara inferior debe ser tal que pueda apoyarse correctamente durante el ensayo de dureza. Si la superficie sobre la que debe realizarse el ensayo tiene marcas de tejidos, es necesario pulirla antes del ensayo. Para que se recuperen las probetas se deben dejar a temperatura normal de laboratorio (véase la Norma ISO 23529) durante al menos 16 h después del pulido y deben acondicionarse de acuerdo con el capítulo 8. El periodo de acondicionamiento puede formar parte del periodo de recuperación.

7 INTERVALO DE TIEMPO ENTRE LA VULCANIZACIÓN Y EL ENSAYO

Salvo que se especifique lo contrario por razones técnicas, deben ser observadas los siguientes requisitos (véase la Norma ISO 23529):

- Para los fines de todos los ensayos normales, el tiempo mínimo entre vulcanización y ensayo debe ser de 16 h. En los casos de arbitraje, el tiempo mínimo debe ser de 72 h.
- Para ensayos sobre probetas no sobre artículos, el tiempo máximo entre vulcanización y ensayo debe ser de 4 semanas y, para evaluaciones destinadas a ser comparadas, los ensayos deben realizarse, en la medida que sea posible, después del mismo intervalo de tiempo.
- Para ensayos sobre productos, el tiempo entre vulcanización y ensayo, siempre que sea posible, no debe exceder de 3 meses. En otros casos, los ensayos deben realizarse durante los dos meses siguientes a la fecha de recepción del producto por el comprador.

8 ACONDICIONAMIENTO DE LAS PROBETAS

8.1 Cuando un ensayo se realiza a temperatura normal de laboratorio (véase la Norma ISO 23529), las probetas deben mantenerse en las condiciones del ensayo durante al menos 3 h inmediatamente antes del ensayo.

8.2 Cuando los ensayos se realizan a altas o bajas temperaturas, las probetas deben mantenerse en las condiciones de ensayo por un periodo de tiempo suficiente para llegar al equilibrio de temperatura con el medio de ensayo, o bien durante el tiempo requerido por la especificación correspondiente al material o producto a ensayar, e inmediatamente antes del ensayo.

9 TEMPERATURA DE ENSAYO

El ensayo, normalmente, debe realizarse a temperatura normal de laboratorio (véase la Norma ISO 23529). Cuando se utilizan otras temperaturas, estas deben seleccionarse de la lista de temperaturas recomendadas especificadas en la Norma ISO 23529.

10 PROCEDIMIENTO

Se acondiciona la probeta como se especifica en el capítulo 8.

Se espolvorean ligeramente las superficies superior e inferior de la probeta con polvos. Se coloca la probeta sobre una superficie rígida horizontal. Se pone en contacto el pie con la superficie de la probeta. Se presiona el penetrador y la esfera de penetración sobre el elastómero durante 5 s, siendo la fuerza que actúa sobre la esfera igual a la fuerza de contacto.

NOTA Se ha encontrado que el talco es un polvo conveniente para espolvorear.

Si el indicador está graduado en grados internacionales de dureza (IRHD), se ajusta para que la lectura sea 100 al final del periodo de 5 s; a continuación se aplica la fuerza adicional y se mantiene durante 30 s, obteniendo entonces la lectura directa de la dureza en grados internacionales de dureza del elastómero.

Si el indicador está graduado en unidades métricas, se anota el aumento de penetración D (en centésimas de milímetro) del penetrador producido por la fuerza adicional, aplicada durante 30 s. Para convertir este valor (después de multiplicarlo por el factor de escala 6 cuando se utilicen los aparatos para el micro-ensayo) en grados internacionales de dureza del elastómero, se utilizan las tablas 3 a 5 o un gráfico construido a partir de dichas tablas.

Durante la aplicación de las fuerzas debe hacerse vibrar ligeramente el aparato, salvo que esté completamente libre de fricción.

11 NÚMERO DE MEDIDAS

La medición se debe realizar como mínimo en tres puntos diferentes distribuidos en la probeta y una separación como mínimo entre sí de 6 mm, y se toma la mediana de los resultados cuando éstos se disponen en orden creciente.

12 EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

La dureza se expresa, por el número entero más próximo, como la mediana de las medidas individuales en grados internacionales de dureza del elastómero, indicado por el símbolo de grado (°) seguido de:

- a) la letra S indicando que la probeta era de espesor normal o, para ensayos de probetas no normalizadas, el espesor real de la probeta y la dimensión lateral más pequeña (en milímetros) (siendo el resultado el de una dureza aparente),
- b) o bien, de la letra que designa el método, es decir, N para el ensayo normal, H para el ensayo para durezas altas, L para el ensayo para durezas bajas y M para el micro-ensayo
- c) o el prefijo C para ensayos sobre superficies curvadas.

Ejemplo 1 58°, SN

Ejemplo 2 16°, 8 mm × 25 mm, L

Ejemplo 3 90°, CH

13 PRECISIÓN

Véase el anexo B.

Tabla 3 – Conversión de valores de D en grados internacionales de dureza de los elastómeros (IRHD) en el caso del método N

D = diferencia de penetración, en centésimas de milímetro, con un penetrador de 2,5 mm

D	IRHD	D	IRHD	D	IRHD	D	IRHD	D	IRHD	D	IRHD
0	100,0	31	82,9	62	64,5	93	51,2	124	41,7	155	34,6
1	100,0	32	82,2	63	64,0	94	50,9	125	41,4	156	34,4
2	99,9	33	81,5	64	63,5	95	50,5	126	41,1	157	34,2
3	99,8	34	80,9	65	63,0	96	50,2	127	40,9	158	34,0
4	99,6	35	80,2	66	62,5	97	49,8	128	40,6	159	33,8
5	99,3	36	79,5	67	62,0	98	49,5	129	40,4	160	33,6
6	99,0	37	78,9	68	61,5	99	49,1	130	40,1	161	33,4
7	98,6	38	78,2	69	61,1	100	48,8	131	39,9	162	33,2
8	98,1	39	77,6	70	60,6	101	48,5	132	39,6	163	33,0
9	97,7	40	77,0	71	60,1	102	48,1	133	39,4	164	32,8
10	97,1	41	76,4	72	59,7	103	47,8	134	39,1	165	32,6
11	96,5	42	75,8	73	59,2	104	47,5	135	38,9	166	32,4
12	95,9	43	75,2	74	58,8	105	47,1	136	38,7	167	32,3
13	95,3	44	74,5	75	58,3	106	46,8	137	38,4	168	32,1
14	94,7	45	73,9	76	57,9	107	46,5	138	38,2	169	31,9
15	94,0	46	73,3	77	57,5	108	46,2	139	38,0	170	31,7
16	93,4	47	72,7	78	57,0	109	45,9	140	37,8	171	31,6
17	92,7	48	72,2	79	56,6	110	45,6	141	37,5	172	31,4
18	92,0	49	71,6	80	56,2	111	45,3	142	37,3	173	31,2
19	91,3	50	71,0	81	55,8	112	45,0	143	37,1	174	31,1
20	90,6	51	70,4	82	55,4	113	44,7	144	36,9	175	30,9
21	89,8	52	69,8	83	55,0	114	44,4	145	36,7	176	30,7
22	89,2	53	69,3	84	54,6	115	44,1	146	36,5	177	30,5
23	88,5	54	68,7	85	54,2	116	43,8	147	36,2	178	30,4
24	87,8	55	68,2	86	53,8	117	43,5	148	36,0	179	30,2
25	87,1	56	67,6	87	53,4	118	43,3	149	35,8	180	30,0
26	86,4	57	67,1	88	53,0	119	43,0	150	35,6		
27	85,7	58	66,6	89	52,7	120	42,7	151	35,4		
28	85,0	59	66,0	90	52,3	121	42,5	152	35,2		
29	84,3	60	65,5	91	52,0	122	42,2	153	35,0		
30	83,6	61	65,0	92	51,6	123	41,9	154	34,8		

Tabla 4 – Conversión de valores de D en grados internacionales de dureza de los elastómeros (IRHD) en el caso del método H

D = diferencia de penetración, en centésimas de milímetro, con un penetrador de 1 mm

D	IRHD	D	IRHD	D	IRHD	D	IRHD	D	IRHD	D	IRHD
0	100,0	8	99,3	16	97,0	24	93,8	32	90,2	40	86,6
1	100,0	9	99,1	17	96,6	25	93,4	33	89,7	41	86,1
2	100,0	10	98,8	18	96,2	26	92,9	34	89,3	42	85,7
3	99,9	11	98,6	19	95,8	27	92,5	35	88,8	43	85,3
4	99,9	12	98,3	20	95,4	28	92,0	36	88,4	44	84,8
5	99,8	13	98,0	21	95,0	29	91,6	37	87,9		
6	99,6	14	97,6	22	94,6	30	91,1	38	87,5		
7	99,5	15	97,3	23	94,2	31	90,7	39	87,0		

Tabla 5 – Conversión de valores de D en grados internacionales de dureza de los elastómeros (IRHD) en el caso del método L

D = diferencia de penetración, en centésimas de milímetro, con un penetrador de 5 mm

D	IRHD	D	IRHD	D	IRHD	D	IRHD	D	IRHD	D	IRHD
110	34,9	146	26,8	182	21,1	218	17,0	254	13,8	290	11,5
112	34,4	148	26,4	184	20,8	220	16,8	256	13,7	292	11,4
114	33,9	150	26,1	186	20,6	222	16,6	258	13,5	294	11,3
116	33,4	152	25,7	188	20,3	224	16,4	260	13,4	296	11,2
118	32,9	154	25,4	190	20,1	226	16,2	262	13,3	298	11,1
120	32,4	156	25,0	192	19,8	228	16,0	264	13,1	300	11,0
122	31,9	158	24,7	194	19,6	230	15,8	266	13,0	302	10,9
124	31,4	160	24,4	196	19,4	232	15,6	268	12,8	304	10,8
126	30,9	162	24,1	198	19,2	234	15,4	270	12,7	306	10,6
128	30,4	164	23,8	200	18,9	236	15,3	272	12,6	308	10,5
130	30,0	166	23,5	202	18,7	238	15,1	274	12,5	310	10,4
132	29,6	168	23,1	204	18,5	240	14,9	276	12,3	312	10,3
134	29,2	170	22,8	206	18,3	242	14,8	278	12,2	314	10,2
136	28,8	172	22,5	208	18,0	244	14,6	280	12,1	316	10,1
138	28,4	174	22,2	210	17,8	246	14,4	282	12,0	318	9,9
140	28,0	176	21,9	212	17,6	248	14,3	284	11,8		
142	27,6	178	21,6	214	17,4	250	14,1	286	11,7		
144	27,2	180	21,3	216	17,2	252	14,0	288	11,6		

14 INFORME DE ENSAYO

El informe de ensayo debe incluir los siguientes apartados:

- a) una referencia a esta norma internacional;
- b) detalles de la probeta:
 - 1) las dimensiones de la probeta,
 - 2) el número de capas y el espesor de la capa más fina,
 - 3) en el caso de las probetas curvas o de forma irregular, descripción de la probeta,
 - 4) el método de obtención de la probeta desde la muestra, por ejemplo, moldeada, pulida, cortada,
 - 5) detalles de la mezcla y la vulcanización, cuando proceda;
- c) método de ensayo:
 - 1) método empleado,
 - 2) en el caso de probetas curvas, la forma en que se ha montado la probeta y la forma de aplicación de la fuerza;
- d) detalles del ensayo:
 - 1) tiempo y temperatura de acondicionamiento anterior al ensayo,
 - 2) temperatura durante el ensayo, y la humedad relativa, cuando proceda,
 - 3) cualquier desviación respecto al procedimiento operativo especificado;
- e) resultados del ensayo:
 - 1) el número de probetas empleado,
 - 2) los valores individuales para cada probeta,
 - 3) la mediana de los valores individuales, expresados como se indica en el capítulo 12;
- f) la fecha del ensayo.

ANEXO A (Normativo)

RELACIÓN EMPÍRICA ENTRE PENETRACIÓN Y DUREZA

La relación entre la diferencia de penetración y la dureza expresada en grados internacionales de dureza de los elastómeros se basa en:

- a) La relación conocida ^[10] para un material isótropo perfectamente elástico, entre la penetración D , expresada en centésimas de milímetro, y el módulo de Young E , expresado en megapascales, a saber:

$$D = 61,5R^{-0,48} \left[\left(\frac{F}{E} \right)^{0,74} - \left(\frac{f}{E} \right)^{0,74} \right]$$

donde

F es la fuerza total de penetración, expresada en newtons;

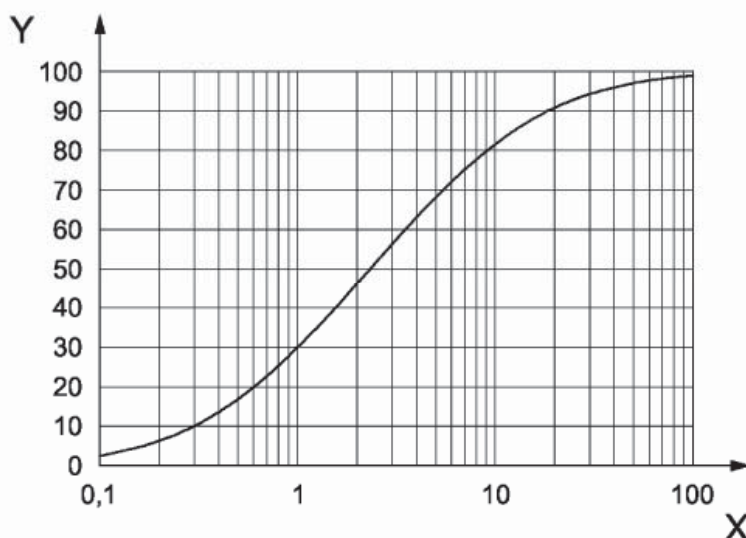
f es la fuerza de contacto, expresada en newtons;

R es el radio de la esfera, expresado en milímetros.

- b) El uso de un ábaco (que integre el error normal) que relaciona $\log_{10}E$ con la dureza en grados internacionales de dureza de los elastómeros. Esta curva se define en términos de:

- 1) el valor de $\log_{10}E$ correspondiente al centro de la curva: 0,364 (E expresado en megapascales);
- 2) la pendiente máxima: 57 IRHD por aumento unitario de $\log_{10}E$.

Las figuras A.1, A.2 y A.3 muestran la relación entre E , en MPa, e IRHD tal y como se define en 1) y 2).

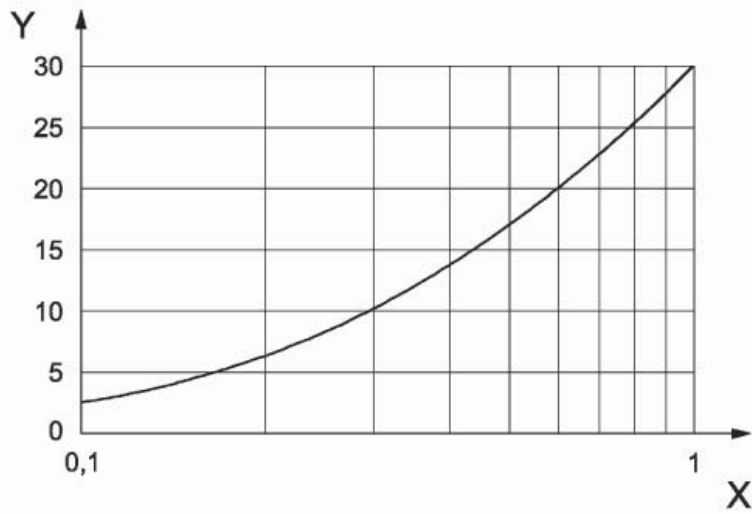


Leyenda

X E , en MPa

Y IRHD

Figura A.1 – Relación entre E y la dureza en IRHD desde 3 hasta 100

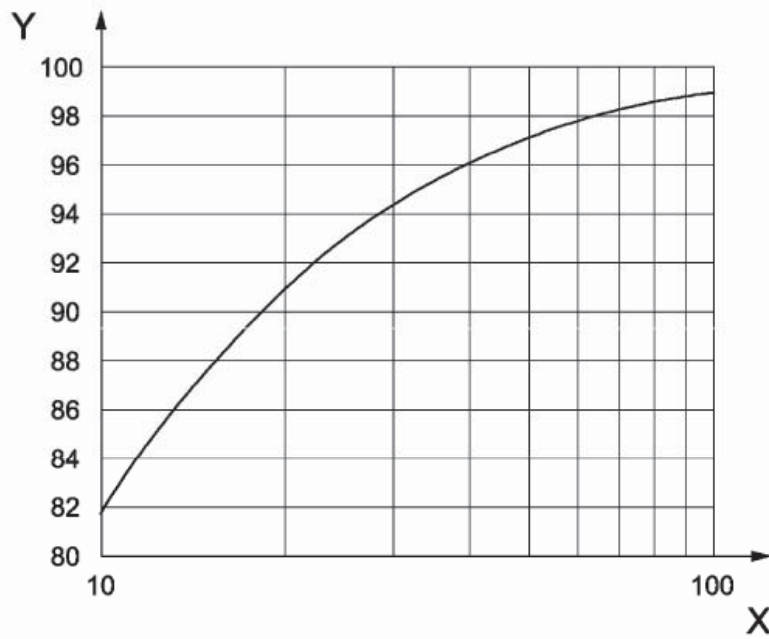


Leyenda

X E, en MPa

Y IRHD

Figura A.2 – Relación entre E y la dureza en IRHD desde 3 hasta 30



Leyenda

X E, en MPa

Y IRHD

Figura A.3 – Relación entre E y la dureza en IRHD desde 80 hasta 100

ANEXO B (Informativo)

PRECISIÓN

B.1 Generalidades

Entre 1985 y 1989 (véase el capítulo B.2) se llevaron a cabo programas de ensayos interlaboratorios (ITP). En 2004 (véase el capítulo B.3) se llevó a cabo un posterior ITP específicamente para el método M (el método del microensayo). Los cálculos de precisión que dan los valores de repetibilidad y reproducibilidad se llevaron a cabo de acuerdo con el Informe ISO/TR 9272. Puede consultarse este informe para obtener información sobre los conceptos y nomenclatura sobre precisión. El anexo C proporciona una guía para el empleo de los valores de repetibilidad y reproducibilidad.

NOTA Para los programas de ensayos interlaboratorios realizados entre 1985 y 1989 se utilizó la edición de 1986 del Informe ISO/TR 9272, pero para el programa de 2004 se utilizó la edición de 2005.

B.2 Resultados de precisión de los ITP realizados entre 1985 y 1989

B.2.1 Detalles del programa

B.2.1.1 Entre 1985 y 1989 se llevaron a cabo cinco programas de ensayos interlaboratorios (ITP) organizados y dirigidos por Statens Provningsanstalt (Suecia). En un laboratorio se prepararon las probetas vulcanizadas y se enviaron a todos los laboratorios participantes. Los detalles de los cinco ITP son los siguientes:

Elastómeros de dureza media, por el método N: Cuatro compuestos de elastómero, con una dureza nominal comprendida entre 30 IRHD y 85 IRHD, 26 laboratorios. Tres determinaciones de dureza por cada compuesto realizadas durante dos días, distanciados entre sí una semana, empleando el método N. La mediana de las tres medidas se usa como “resultado del ensayo” para el análisis de precisión.

Elastómeros de dureza media, por el método M: Cuatro compuestos de elastómero, con una dureza nominal comprendida entre 30 IRHD y 85 IRHD, 26 laboratorios. Tres determinaciones de dureza por cada compuesto realizadas durante dos días, distanciados entre sí una semana, empleando el método M. La mediana de las tres medidas se usa como “resultado del ensayo” para el análisis de precisión.

Elastómeros de dureza elevada, por el método N: Tres compuestos de elastómero, con una dureza nominal comprendida entre 85 IRHD y 100 IRHD, 12 laboratorios. Cinco determinaciones de dureza por cada compuesto realizadas durante dos días, distanciados entre sí una semana, empleando el método N. La mediana de las cinco medidas se usa como “resultado del ensayo” para el análisis de precisión.

Elastómeros de dureza elevada, por el método H: Tres compuestos de elastómero, con una dureza nominal comprendida entre 85 IRHD y 100 IRHD, 12 laboratorios. Tres determinaciones de dureza por cada compuesto realizadas durante dos días, distanciados entre sí una semana, empleando el método H. La mediana de las tres medidas se usa como “resultado del ensayo” para el análisis de precisión.

Elastómeros de dureza baja, por el método L: Un compuesto de elastómero, con una dureza nominal baja, 5 laboratorios. Tres determinaciones de dureza por cada compuesto realizadas durante dos días, distanciados entre sí una semana, empleando el método L. La mediana de las tres medidas se usa como “resultado del ensayo” para el análisis de precisión.

B.2.1.2 Los cálculos de precisión son de tipo 1 (probetas vulcanizadas y acondicionadas) y el tiempo para la repetibilidad y reproducibilidad se da en escala de días. Para los elastómeros de dureza baja, método L, debido al escaso número de laboratorios involucrados en el programa de evaluación de la precisión, los resultados de precisión de las tablas deberían tomarse con cautela.

B.2.2 Resultados de precisión

Los resultados de precisión vienen dados en la tabla B.1 para elastómeros de dureza media empleando el método N, en la tabla B.2 para los elastómeros de dureza media empleando el método M, en la tabla B.3 para los elastómeros de dureza elevada empleando el método N, en la tabla B.4 para los elastómeros de dureza elevada empleando el método H, y en la tabla B.5 para los elastómeros de dureza baja empleando el método L.

Los símbolos r , (r) , R y (R) , utilizados en las tablas B.1 a B.5 se definen de la siguiente manera:

r = repetibilidad absoluta, en unidades de medida;

(r) = repetibilidad relativa en tanto por ciento;

R = reproducibilidad absoluta, en unidades de medida;

(R) = reproducibilidad relativa, en tanto por ciento.

Tabla B.1 – Precisión tipo 1, elastómeros de dureza media, método N

Material	Valor medio	Intralaboratorio		Interlaboratorios	
		r	(r)	R	(R)
A	31,5	1,29	4,08	2,98	9,47
B	47,1	1,23	2,61	2,68	5,68
C	66,6	1,65	2,48	4,47	6,71
D	86,5	2,32	2,68	3,49	4,03
Valores combinados	58,3	1,68	2,89	3,49	5,99

Tabla B.2 – Precisión tipo 1, elastómeros de dureza media, método M

Material	Valor medio	Intralaboratorio		Interlaboratorios	
		r	(r)	R	(R)
A	36,6	1,57	4,29	5,82	15,9
B	50,9	2,31	4,55	5,44	10,7
C	64,9	4,89	7,54	7,47	11,5
D	88,6	4,76	5,38	6,80	7,68
Valores combinados	60,3	3,71	6,16	6,43	10,7

Tabla B.3 – Precisión tipo 1, elastómeros de dureza elevada, método N

Material	Valor medio	Intralaboratorio		Interlaboratorios	
		r	(r)	R	(R)
A	85,8	0,78	0,91	3,53	4,11
B	93,4	1,11	1,19	2,96	3,17
C	98,5	0,33	0,34	1,45	1,47
Valores combinados	92,6	0,81	0,87	2,86	3,09

Tabla B.4 – Precisión tipo 1, elastómeros de dureza elevada, método H

Material	Valor medio	Intralaboratorio		Interlaboratorios	
		<i>r</i>	(<i>r</i>)	<i>R</i>	(<i>R</i>)
A	87,0	0,96	1,03	3,12	3,41
B	94,2	1,00	1,07	2,15	2,31
C	98,7	0,71	0,76	1,03	1,10
Valores combinados	93,3	0,75	0,90	2,29	2,46

Tabla B.5 – Precisión tipo 1, elastómeros de dureza baja, método L

Material	Valor medio	Intralaboratorio		Interlaboratorios	
		<i>r</i>	(<i>r</i>)	<i>R</i>	(<i>R</i>)
A	33,0	0,20	0,61	2,00	6,04

B.3 Resultados de precisión del ITP realizado en 2004

B.3.1 En 2004 se realizó un programa de ensayos interlaboratorios (ITP) para la evaluación de la precisión del ensayo de micro dureza, usando los procedimientos y guías descritos en el Informe ISO/TR 9272:2005.

La precisión para el método del microensayo, se determinó con el propósito de realizar una comparación con la dureza Shore AM determinada según la Norma ISO 7619-1.

Se evaluó la precisión de tipo 1 (por ambos métodos), usando probetas vulcanizadas preparadas de cuatro compuestos de elastómero diferentes, A, B, C y D (con un rango de durezas), que se suministraron a cada uno de los seis laboratorios participantes en el ITP. En cada uno de los dos días de ensayo, separados entre sí dos semanas, se aplicó la siguiente secuencia de ensayos. Para cada compuesto, se acondicionaron tres probetas y dos operarios diferentes hicieron, cada uno, cinco medidas en cada una de las tres probetas. Para cada operario se seleccionó la mediana de cada probeta. Con las dos medianas se calculó el valor medio para obtener un valor único, que se designó como el resultado del ensayo para ese día. Las medidas de dureza Shore AM se realizaron por un lado de la probeta y las medidas de IRHD por el lado opuesto. El análisis de la precisión se basó en los datos de los resultados de los ensayos, es decir, dos valores de resultados de ensayo por laboratorio.

Se empleó la opción 2 del procedimiento de tratamiento de valores aberrantes del Informe ISO/TR 9272:2005, sustitución de los valores aberrantes, ya que el ITP tenía el número de laboratorios participantes mínimo (seis). Esta opción 2 del procedimiento, reemplaza cada valor aberrante declarado como significativo por un valor que es consistente con la distribución de los valores de los datos no aberrantes de ese material. Véase el Informe ISO/TR 9272:2005 para una justificación de este concepto y para otros detalles.

Los resultados de precisión determinados por este ITP, pueden no ser aplicables como ensayos de aceptación o rechazo para cada grupo de materiales o productos, sin documentar que los resultados de esta evaluación de la precisión realmente se aplican a los productos o materiales ensayados.

B.3.2 Los resultados de precisión obtenidos para IRHD por el método de microensayo vienen dados en la tabla B.6, con una lista de los materiales utilizados en orden creciente de dureza. Los resultados vienen expresados tanto en términos de precisión absoluta, *r* o *R*, como de precisión relativa (*r*) y (*R*).

B.3.3 Los resultados del análisis de precisión dados en la tabla B.6 para el método microensayo para IRHD y los indicados en la Norma ISO 7619-1:2004/1ª modificación para el método de dureza Shore AM, indican que no hay una tendencia pronunciada para r o R en función del nivel de dureza en el rango de de 46 IRHD a 74 IRHD. Las repetibilidades encontradas para el método de dureza Shore AM, $r = 0,88$ y $(r) = 1,47$ y para el método microensayo de IRHD, $r = 1,14$ y $(r) = 2,04$, son razonablemente similares. Sin embargo, la reproducibilidad entre los dos métodos de medida de dureza es sustancialmente diferente. Para la dureza Shore AM, $R = 5,08$ y $(R) = 8,98$, mientras que para el método microensayo de IRHD $R = 2,20$ y $(R) = 3,85$.

Los parámetros de reproducibilidad R y (R) para IRHD mejoran en un 43% los valores para dureza Shore AM, lo que indica una mejor concordancia en las mediciones de IRHD entre laboratorios.

B.3.4 El sesgo es la diferencia entre el valor medio de los resultados del ensayo y un valor de referencia o valor verdadero para la medida en cuestión. Para este método de ensayo no existen valores de referencia por lo que no es posible evaluar el sesgo.

Tabla B.6 – Datos de precisión para el método microensayo de IRHD

Material	Nivel medio	Intralaboratorio			Interlaboratorios			Nº de laboratorios ^a
		s_r	r	(r)	s_R	R	(R)	
B	45,6	0,404	1,13	2,48	0,954	2,67	5,85	6 (1)
C	53,9	0,469	1,31	2,43	0,583	1,63	3,03	6 (1)
A	63,7	0,605	1,7	2,66	0,728	2,04	3,2	6
D	74	0,149	0,416	0,57	0,875	2,45	3,31	6
Media			1,139	2,035		2,197 5	3,847 5	
Anotación empleada: s_r = desviación estándar intralaboratorio, en unidades de medida; r = repetibilidad, en unidades de medida; (r) = repetibilidad, en porcentaje del valor medio; s_R = desviación estándar interlaboratorios, en unidades de medida, para la variación total interlaboratorios; R = reproducibilidad, en unidades de medida; (R) = reproducibilidad, en porcentaje del valor medio.								
^a Entre paréntesis el número de valores aberrantes de laboratorios reemplazados, según la opción 2.								

ANEXO C (Informativo)

GUÍA PARA LA UTILIZACIÓN DE LOS RESULTADOS DE PRECISIÓN

C.1 El procedimiento general para la utilización de los resultados de precisión es el que se describe a continuación, donde la expresión $|x_1 - x_2|$ designa una diferencia positiva entre los valores de dos medidas cualquiera (en valor absoluto).

C.2 De la tabla de precisión apropiada (cualquiera que sea el resultado del ensayo), se elige el valor medio (del parámetro medido) más próximo posible al resultado (media) del ensayo en cuestión. La fila correspondiente de la tabla, muestra los valores aplicables de r , (r), R y (R) a utilizar en los procesos de decisión.

C.3 Los valores de r y (r) pueden utilizarse para toma de decisiones con los siguientes enunciados:

- a) Caso de diferencia absoluta: La diferencia $|x_1 - x_2|$ entre dos medias (resultado de dos ensayos), obtenidas de muestras de material teóricamente idéntico, en las condiciones del procedimiento operativo normales y correctas, no excederá del valor de la repetibilidad r de la medida dada en la tabla en más de una vez de cada veinte ocasiones (un 5% de las veces).
- b) Caso de diferencia de porcentaje entre dos medias: La diferencia porcentual

$$\frac{|x_1 - x_2|}{\frac{1}{2}(x_1 + x_2)} \times 100$$

entre dos valores (resultado de dos ensayos), obtenidas de muestras de material teóricamente idéntico, en las condiciones del procedimiento operativo normales y correctas, no excederá del valor de repetibilidad (r) de la media dada en la tabla, en más de una vez de cada veinte ocasiones (un 5% de las veces).

C.4 Los valores de R y (R), pueden utilizarse para toma de decisiones con los siguientes enunciados:

- a) Caso de diferencia absoluta: la diferencia $|x_1 - x_2|$ entre dos medias (resultado de dos ensayos independientes), obtenidas en dos laboratorios, de muestras de material teóricamente idéntico, en las condiciones de procedimiento operativo normales y correctas, no excederá del valor de la reproducibilidad R dada en la tabla, en más de una vez de cada veinte ocasiones (un 5% de las veces).
- b) Caso de diferencia de porcentaje entre dos medias: La diferencia porcentual

$$\frac{|x_1 - x_2|}{\frac{1}{2}(x_1 + x_2)} \times 100$$

entre dos medias de valores, obtenidas en dos laboratorios, de muestras de material teóricamente idéntico, en las condiciones del procedimiento operativo normales y correctas, no excederá del valor de reproducibilidad (R) dada en la tabla, en más de una vez de cada veinte ocasiones (un 5% de las veces).

BIBLIOGRAFÍA

- [1] ISO 7267-1 *Rubber-covered rollers — Determination of apparent hardness — Part 1: IRHD method*
- [2] ISO 7267-2 *Rubber-covered rollers — Determination of apparent hardness — Part 2: Shore-type durometer method*
- [3] ISO 7267-3 *Rubber-covered rollers — Determination of apparent hardness — Part 3: Pusey and Jones method*
- [4] ISO 7619-1 *Rubber, vulcanized or thermoplastic — Determination of indentation hardness — Part 1: Durometer method (Shore hardness)*
- [5] ISO 7619-1:2004/Amd.1 *Rubber, vulcanized or thermoplastic — Determination of indentation hardness — Part 1: Durometer method (Shore hardness) — Amendment 1*
- [6] ISO 7619-2 *Rubber, vulcanized or thermoplastic — Determination of indentation hardness — Part 2: IRHD pocket meter method*
- [7] ISO 7743 *Elastómeros. Caucho vulcanizado o termoplástico. Determinación de las propiedades esfuerzo/deformación en compresión.*
- [8] ISO/TR 9272:2005 *Rubber and rubber products — Determination of precision for test method standards*
- [9] ISO 18517 *Rubber, vulcanized or thermoplastic — Hardness testing — Introduction and guide*
- [10] SCOTT, J.R., *Physical Testing of Rubbers*, Maclaren and Sons, London, 1965

AENOR Asociación Española de
Normalización y Certificación

Dirección C Génova, 6
28004 MADRID-España

Teléfono 91 432 60 00

Fax 91 310 40 32

ANEXO 4: Informe técnico de ensayo a tracción

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES
ENSAYO DE TRACCIÓN DE MATERIALES POLIMÉRICOS
INFORME DE RESULTADOS N°: AL-180519771020190409-ETP

DATOS GENERALES

DATOS INFORMATIVOS

N° de proforma: RM_2019_028

Empresa / Cliente: Álvaro Fernando Machado Machado.

RUC/C.I.: 1805197710

Ciudad: Pelileo.

Dirección: El Tambo Central. Vía Olmedo.

Teléfono: 0986312765

Correo: alvaromachado913@hotmail.com

DATOS DEL ENSAYO:

Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Resistencia de Materiales.

Dirección: Ambato/Catiglata. Toronto y Rio de Janeiro.

Método de ensayo: UNE-ISO 37: Elastómeros. Caucho, vulcanizados o termoplásticos.
Determinación de las propiedades de esfuerzo deformación en tracción.

Tipo de ensayo: Cuantitativo.

Equipo utilizado: Máquina de ensayos universal Polímeros Metrotest 50 KN.

Modelo: MTE 50.

Serie: 8210M002

Velocidad de ensayo: 500 mm/min.

Precarga: 0,1 N

Fecha de Inicio de Ensayo: 15/04/2019 Fecha de Finalización de Ensayo: 15/04/2019

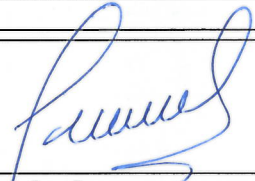
Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en probetas *de material compuesto*. Las probetas fueron recibidas en el Laboratorio de Resistencia de Materiales del CFPMC del H.G.P. Tungurahua.

OBJETOS DE ENSAYO

Número de Probetas cuantificadas

N°	Identificación del grupo	Longitud refuerzo (cm)	Materiales		Sub. Proceso 1	Sub. Proceso 2	Sub. Proceso 3	Probetas a Ensayar
			Cabuya (%)	Látex (%)				
1	180519771020190409-ETP 01	1	80	20	Compactación	Compresión	Vulcanizado 400 cc (tiempo 17 min)	4
2	180519771020190409-ETP 02	1	70	30	Compactación	Compresión	Vulcanizado 400 cc (tiempo 17 min)	4
3	180519771020190409-ETP 03	1	55	45	Compactación	Compresión	Vulcanizado 400 cc (tiempo 17 min)	4
4	180519771020190409-ETP 04	2	80	20	Compactación	Compresión	Vulcanizado 400 cc (tiempo 17 min)	4
5	180519771020190409-ETP 05	2	70	30	Compactación	Compresión	Vulcanizado 400 cc (tiempo 17 min)	4
6	180519771020190409-ETP 06	2	55	45	Compactación	Compresión	Vulcanizado 400 cc (tiempo 17 min)	4
Total								24

Observaciones: No se aplica ningún acondicionamiento a las probetas.

		
Elaborado por:	Aprobado por:	
Ing. Fernando Galarza Mg.	Ing. Fernando Tibán R.	Ing. Esteban López E. MEng.
Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC

Fecha de emisión de Informe: Ambato, 06 de mayo de 2019.

N°. Factura:001-002-000006834

Resultados:

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones (mm)		Tracción Máxima			Fluencia			Rotura		
				Ancho	Espeor	Fuerza (N)	Esfuerzo (MPa)	% de alargamiento	Fuerza (N)	Esfuerzo (MPa)	% de alargamiento	Fuerza (N)	Esfuerzo (MPa)	% de alargamiento
1	180449425820190109-ETP 01-1	23,2	54,5	5,99	2,28	132,53	9,70	11,584	93,09	6,82	7,332	25,24	1,85	20,092
2	180449425820190109-ETP 01-2	23,2	54,5	6,04	2,40	151,47	10,45	14,436	127,80	8,82	10,224	28,40	1,96	24,376
3	180449425820190109-ETP 01-3	23,2	54,5	5,94	2,60	186,18	12,06	11,508	127,80	8,28	7,244	36,29	2,35	18,556
4	180449425820190109-ETP 01-4	23,2	54,5	6,06	2,62	173,56	10,93	8,632	121,49	7,65	7,204	28,40	1,79	17,160
				Promedio \bar{x}		160,935	10,785	11,540	117,545	7,890	8,001	29,583	1,986	20,046
				Desviación estándar S_{n-1}		23,757	0,986	2,370	16,572	0,859	1,483	4,713	0,252	3,125
				Coeficiente de variación CV		14,762	9,142	20,537	14,098	10,887	18,535	15,932	12,686	15,589



Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones (mm)		Tracción Máxima				Fluencia				Rotura			
				Ancho	Espesor	Fuerza (N)	Esfuerzo (MPa)	% de alargamiento	Fuerza (N)	Esfuerzo (MPa)	% de alargamiento	Fuerza (N)	Esfuerzo (MPa)	% de alargamiento	Fuerza (N)	Esfuerzo (MPa)	% de alargamiento
5	180449425820190109-ETP 02-1	23,1	53,1	6,02	2,07	145,16	11,65	12,964	113,60	9,12	7,276	28,40	2,28	20,032			
6	180449425820190109-ETP 02-2	23,1	53,1	6,04	1,96	135,69	11,46	11,684	124,65	10,53	10,264	20,51	1,73	24,444			
7	180449425820190109-ETP 02-3	23,1	53,1	6,05	2,03	119,91	9,76	13,044	97,82	7,96	8,724	20,51	1,67	38,116			
8	180449425820190109-ETP 02-4	23,1	53,1	6,04	2,15	127,80	9,84	10,136	115,18	8,87	10,136	14,20	1,09	35,048			
				Promedio \bar{x}		132,140	10,679	11,957	112,813	9,120	9,100	20,905	1,694	29,410			
				Desviación estándar S_{n-1}		10,809	1,015	1,365	11,122	1,062	1,402	5,815	0,485	8,567			
				Coeficiente de variación CV		8,180	9,505	11,416	9,859	11,645	15,407	27,816	28,635	29,130			

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones (mm)		Tracción Máxima				Fluencia				Rotura			
				Ancho	Espesor	Fuerza (N)	Esfuerzo (MPa)	% de alargamiento	Fuerza (N)	Esfuerzo (MPa)	% de alargamiento	Fuerza (N)	Esfuerzo (MPa)	% de alargamiento	Fuerza (N)	Esfuerzo (MPa)	% de alargamiento
9	180449425820190109-ETP 03-1	23,2	52,8	6,07	2,15	83,62	6,41	10,080	67,84	5,20	7,264	7,89	0,60	37,864			
10	180449425820190109-ETP 03-2	23,2	52,8	5,93	2,23	82,04	6,20	11,492	66,27	5,01	8,692	14,20	1,07	22,896			
11	180449425820190109-ETP 03-3	23,2	52,8	6,10	2,12	71,00	5,49	12,928	66,27	5,12	11,504	9,47	0,73	39,292			
12	180449425820190109-ETP 03-4	23,2	52,8	6,02	2,31	59,96	4,31	10,096	59,96	4,31	10,096	11,04	0,79	25,776			
				Promedio \bar{x}		74,155	5,603	11,149	65,085	4,911	9,389	10,650	0,801	31,457			
				Desviación estándar S_{n-1}		11,003	0,947	1,358	3,496	0,407	1,823	2,693	0,198	8,327			
				Coeficiente de variación CV		14,838	16,901	12,180	5,371	8,287	19,416	25,286	24,715	26,471			

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones (mm)		Tracción Máxima				Fluencia				Rotura			
				Ancho	Espesor	Fuerza (N)	Esfuerzo (MPa)	% de alargamiento	Fuerza (N)	Esfuerzo (MPa)	% de alargamiento	Fuerza (N)	Esfuerzo (MPa)	% de alargamiento	Fuerza (N)	Esfuerzo (MPa)	% de alargamiento
13	180449425820190109-ETP 04-1	23,2	52,3	6,08	2,62	45,76	2,87	7,380	44,18	2,77	5,916	7,89	0,50	38,252			
14	180449425820190109-ETP 04-2	23,2	52,3	6,06	2,61	64,69	4,09	10,084	64,69	4,09	10,084	11,04	0,70	25,772			
15	180449425820190109-ETP 04-3	23,2	52,3	5,93	2,43	69,42	4,82	11,548	37,87	2,63	8,700	12,62	0,88	21,532			
16	180449425820190109-ETP 04-4	23,2	52,3	5,87	2,66	63,11	4,04	12,940	41,02	2,63	8,672	12,62	0,81	21,500			
				Promedio \bar{x}		60,745	3,956	10,488	46,940	3,030	8,343	11,043	0,719	26,764			
				Desviación estándar S_{n-1}		10,343	0,804	2,378	12,110	0,710	1,747	2,230	0,166	7,917			
				Coeficiente de variación CV		17,027	20,326	22,674	25,799	23,435	20,940	20,195	23,077	29,581			

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones (mm)		Tracción Máxima				Fluencia				Rotura			
				Ancho	Espesor	Fuerza (N)	Esfuerzo (MPa)	% de alargamiento	Fuerza (N)	Esfuerzo (MPa)	% de alargamiento	Fuerza (N)	Esfuerzo (MPa)	% de alargamiento	Fuerza (N)	Esfuerzo (MPa)	% de alargamiento
17	180449425820190109-ETP 05-1	23,2	52,3	6,06	2,10	56,80	4,46	13,072	47,33	3,72	10,220	25,24	1,98	24,484			
18	180449425820190109-ETP 05-2	23,2	52,3	6,06	2,24	47,33	3,49	10,152	41,02	3,02	10,152	18,93	1,39	20,188			
19	180449425820190109-ETP 05-3	23,2	52,3	6,08	2,31	36,29	2,58	7,328	36,29	2,58	7,328	15,78	1,12	13,052			
20	180449425820190109-ETP 05-4	23,2	52,3	5,85	2,21	47,33	3,66	8,784	33,13	2,56	7,404	3,15	0,24	17,360			
				Promedio \bar{x}		46,938	3,549	9,834	39,443	2,972	8,776	15,775	1,186	18,771			
				Desviación estándar S_{n-1}		8,385	0,771	2,447	6,178	0,541	1,629	9,290	0,724	4,808			
				Coeficiente de variación CV		17,864	21,726	24,883	15,663	18,204	18,562	58,891	61,032	25,614			

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones (mm)		Tracción Máxima			Fluencia			Rotura			
				Ancho	Espesor	Fuerza (N)	Esfuerzo (MPa)	% de alargamiento	Fuerza (N)	Esfuerzo (MPa)	% de alargamiento	Fuerza (N)	Esfuerzo (MPa)	% de alargamiento	
21	180449425820190109-ETP 06-1	23,4	52,5	5,99	1,96	89,93	7,66	10,196	50,49	4,30	5,916	14,20	1,21	38,048	
22	180449425820190109-ETP 06-2	23,4	52,5	6,03	2,02	75,73	6,22	10,164	42,60	3,50	5,840	4,73	0,39	37,964	
23	180449425820190109-ETP 06-3	23,4	52,5	6,06	2,01	94,67	7,77	13,000	48,91	4,02	5,816	4,73	0,39	37,952	
24	180449425820190109-ETP 06-4	23,4	52,5	6,00	1,97	36,29	3,07	7,380	20,51	1,74	4,484	9,47	0,80	15,908	
				Promedio \bar{x}		74,155	6,180	10,185	40,628	3,387	5,514	8,283	0,697	32,468	
				Desviación estándar S_{n-1}		26,495	2,191	2,294	13,838	1,150	0,688	4,534	0,393	11,040	
				Coeficiente de variación CV		35,729	35,454	22,523	34,061	33,952	12,477	54,742	56,398	34,003	

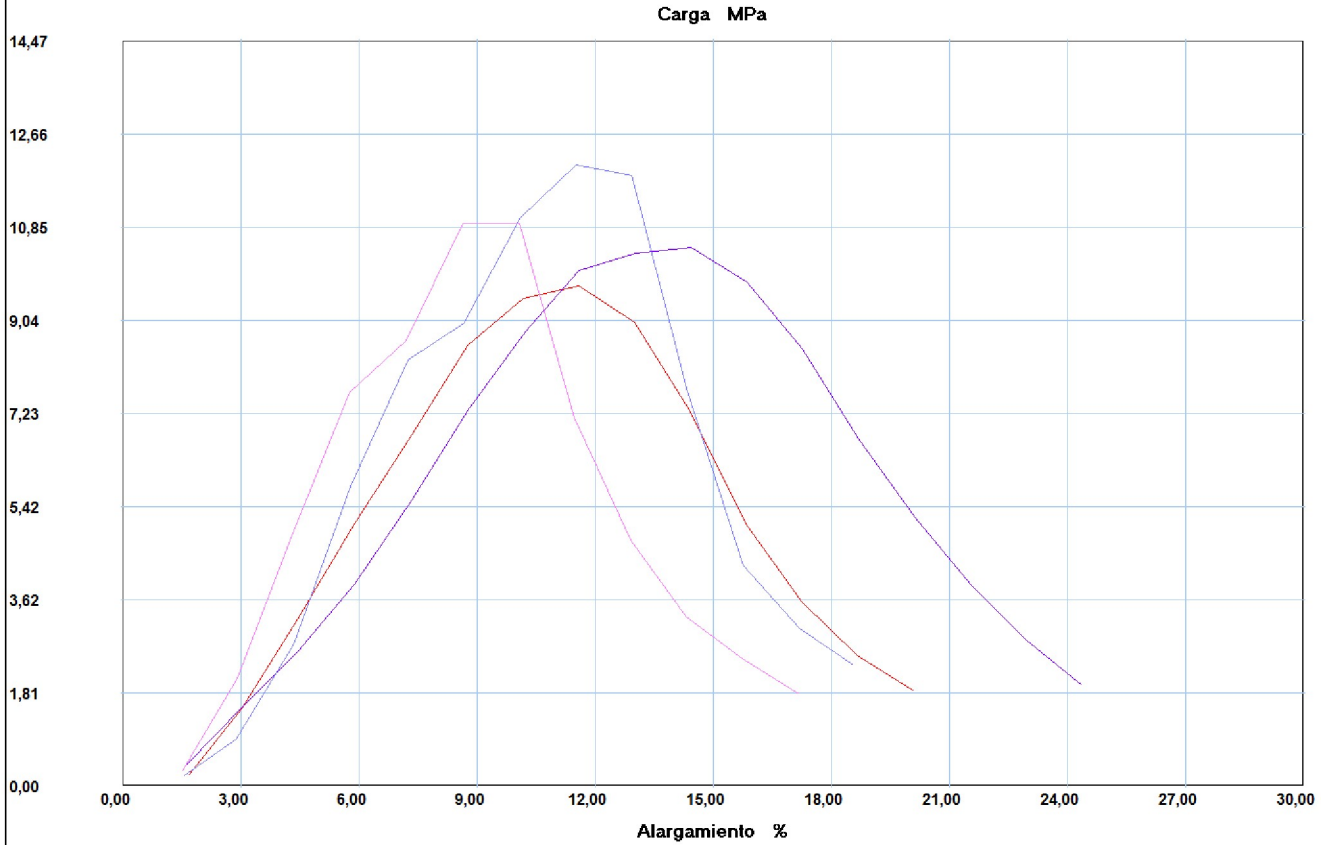
Comentario: Se realiza un alcance al informe N° 180519771020190409-ETP debido a que el método de ensayo UNE-ISO 37 requiere cálculos adicionales.

INFORME :
ENSAYO :

ETC 01
TRACCION



Referencia : MATERIALES COMPUEST
 Cliente :
 Calidad : RM_2019_028
 Operario : A. Técnico
 Norma : ISO 37
 Fecha : 15/04/2019
 Hora : 11:32:06
 Temperatura : 23,2
 H.R.% : 54,5
 Pedido : 180519771020190409



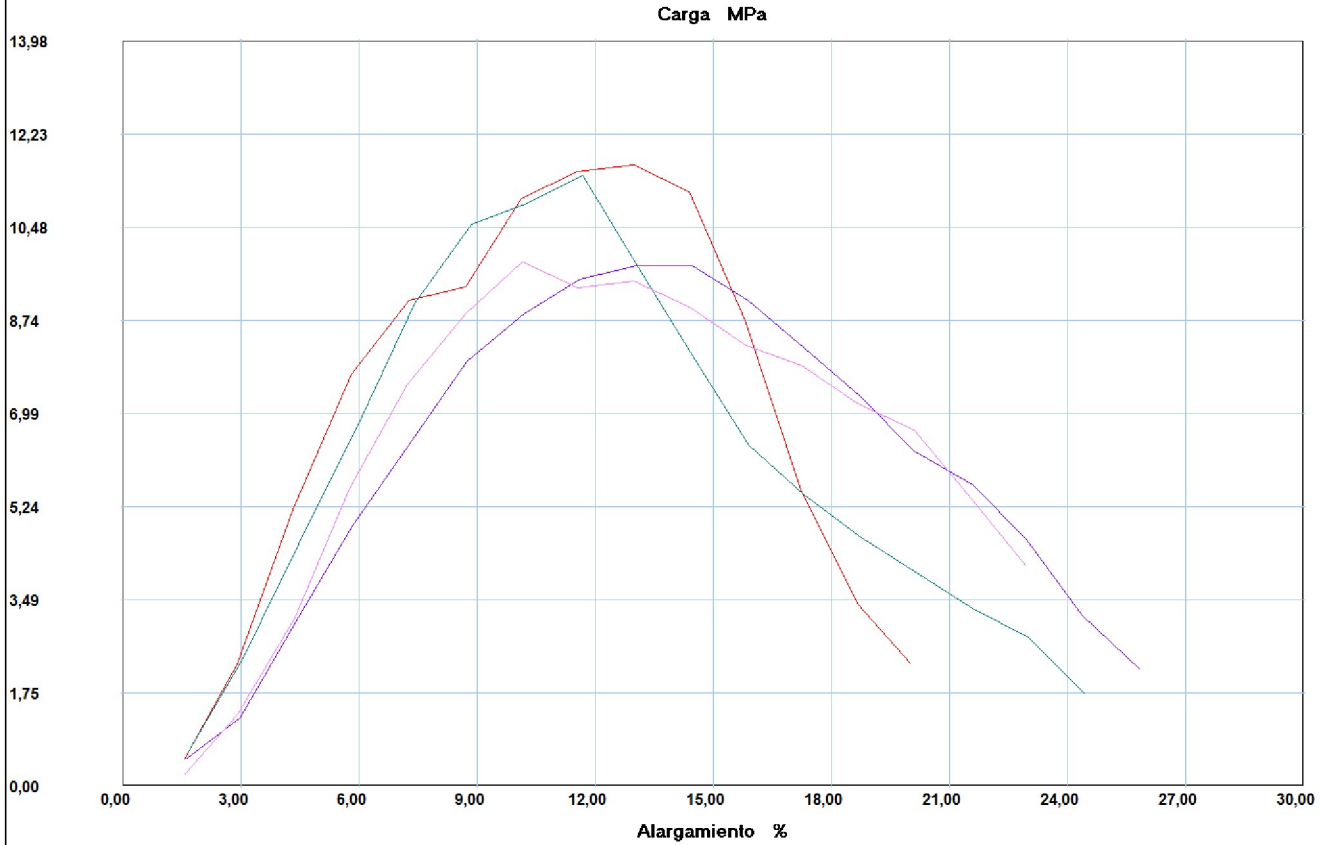
Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	CRot MPa	C.Yield MPa
■ 1	132,53	25,24	93,09	9,70	1,85	6,82
■ 2	151,47	28,40	127,80	10,45	1,96	8,82
■ 3	186,18	36,29	127,80	12,06	2,35	8,28
■ 4	173,56	28,40	121,49	10,93	1,79	7,65
Media	160,935	29,583	117,545	10,785	1,986	7,890
Desv. Std	23,757	4,713	16,572	0,986	0,252	0,859
Coef. V.	0,148	0,159	0,141	0,091	0,127	0,109
+3 Sigma	232,205	43,722	167,262	13,743	2,743	10,468

INFORME :
ENSAYO :

ETC 02
TRACCION



Referencia : MATERIALES COMPUEST
 Cliente :
 Calidad : RM_2019_028
 Operario : A. Técnico
 Norma : ISO 37
 Fecha : 15/04/2019
 Hora : 11:34:28
 Temperatura : 23,1
 H.R.% : 53,1
 Pedido : 180519771020190409



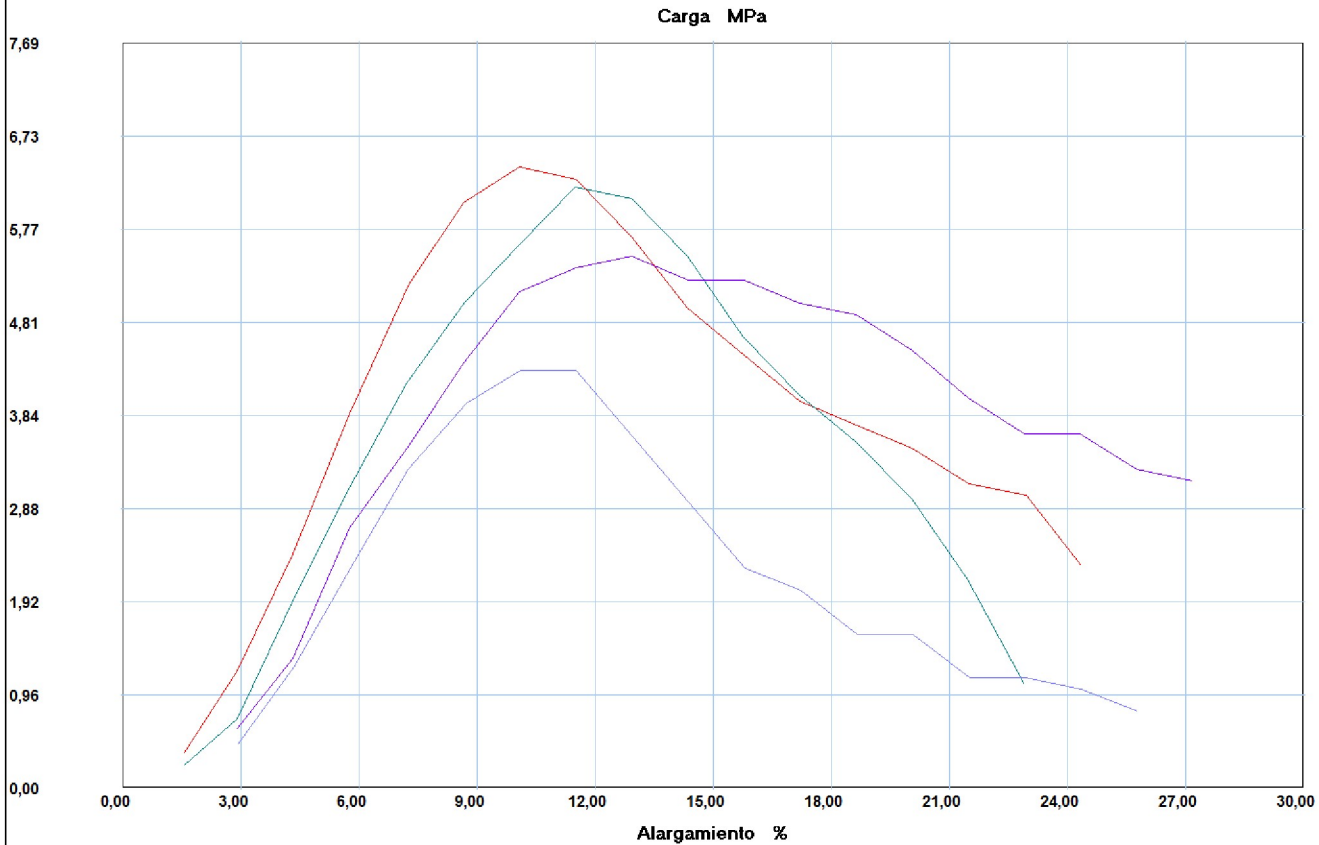
Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	CRot MPa	C.Yield MPa
1	145,16	28,40	113,60	11,65	2,28	9,12
2	135,69	20,51	124,65	11,46	1,73	10,53
3	119,91	20,51	97,82	9,76	1,67	7,96
4	127,80	14,20	115,18	9,84	1,09	8,87
Media	132,140	20,905	112,813	10,679	1,694	9,120
Desv. Std	10,809	5,815	11,122	1,015	0,485	1,062
Coef. V.	0,082	0,278	0,099	0,095	0,286	0,116
+3 Sigma	164,568	38,350	146,180	13,725	3,148	12,306

INFORME :
ENSAYO :

ETC 03
TRACCION



Referencia : MATERIALES COMPUEST
 Cliente :
 Calidad : RM_2019_028
 Operario : A. Técnico
 Norma : ISO 37
 Fecha : 15/04/2019
 Hora : 11:40:38
 Temperatura : 23,2
 H.R.% : 52,8
 Pedido : 180519771020190409



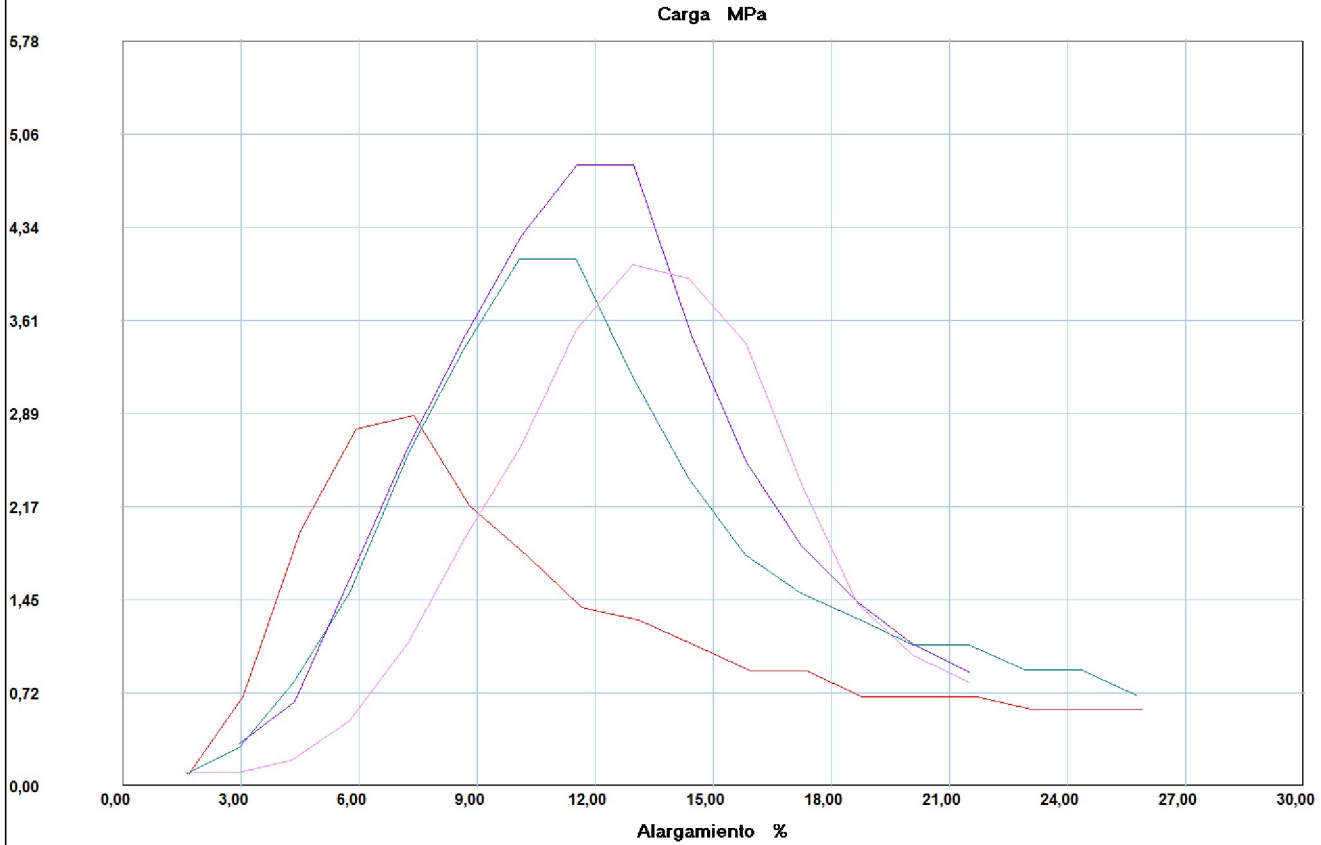
Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	CRot MPa	C.Yield MPa
1	83,62	7,89	67,84	6,41	0,60	5,20
2	82,04	14,20	66,27	6,20	1,07	5,01
3	71,00	9,47	66,27	5,49	0,73	5,12
4	59,96	11,04	59,96	4,31	0,79	4,31
Media	74,155	10,650	65,085	5,603	0,801	4,911
Desv. Std	11,003	2,693	3,496	0,947	0,198	0,407
Coef. V.	0,148	0,253	0,054	0,169	0,247	0,083
+3 Sigma	107,165	18,730	75,573	8,443	1,396	6,133

INFORME :
ENSAYO :

ETC 04
TRACCION



Referencia : MATERIALES COMPUEST
 Cliente :
 Calidad : RM_2019_028
 Operario : A. Técnico
 Norma : ISO 37
 Fecha : 15/04/2019
 Hora : 16:18:40
 Temperatura : 23,2
 H.R.% : 52,3
 Pedido : 180519771020190409



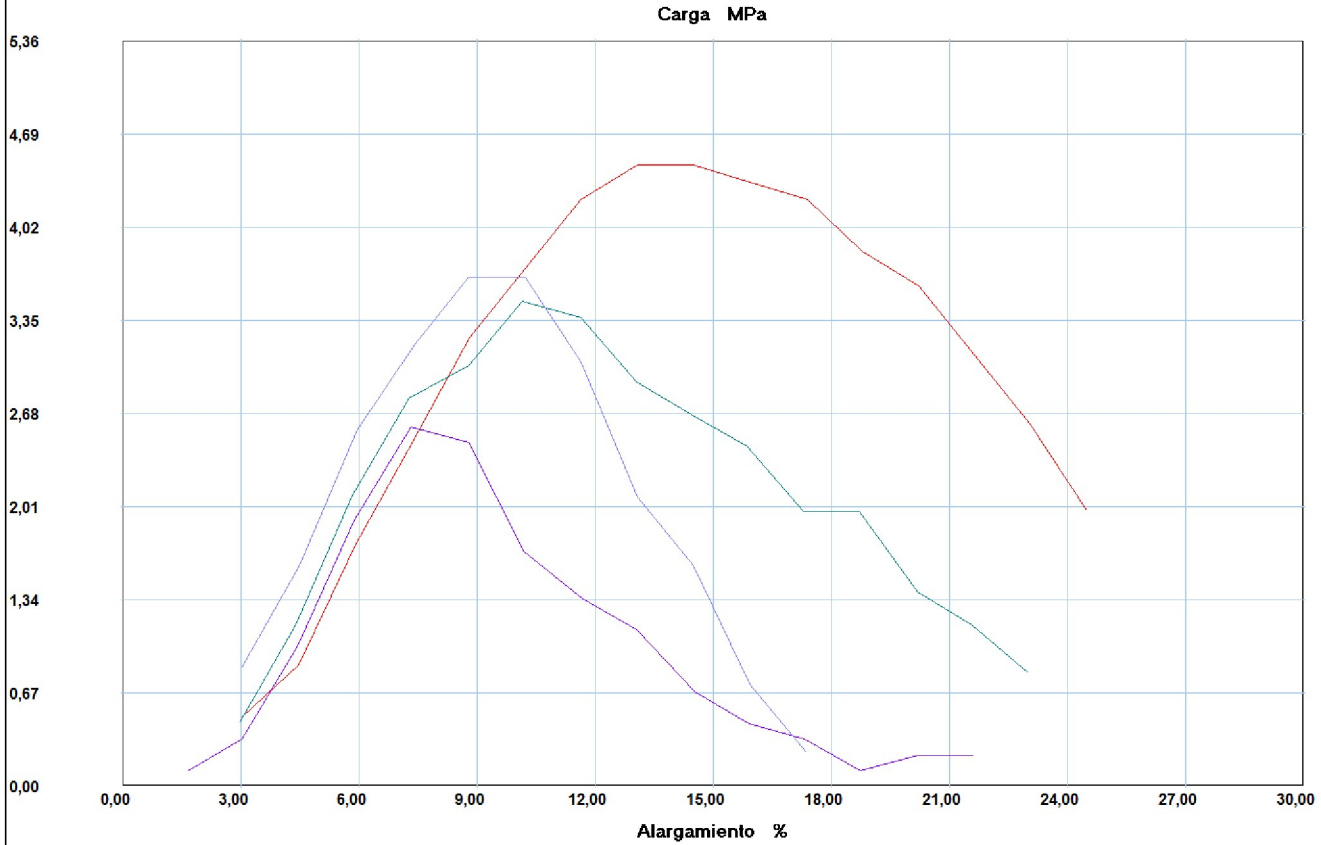
Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	CRot MPa	C.Yield MPa
■ 1	45,76	7,89	44,18	2,87	0,50	2,77
■ 2	64,69	11,04	64,69	4,09	0,70	4,09
■ 3	69,42	12,62	37,87	4,82	0,88	2,63
■ 4	63,11	12,62	41,02	4,04	0,81	2,63
Media	60,745	11,042	46,940	3,956	0,719	3,030
Desv. Std	10,343	2,230	12,110	0,804	0,166	0,710
Coef. V.	0,170	0,202	0,258	0,203	0,231	0,234
+3 Sigma	91,775	17,732	83,271	6,369	1,218	5,160

INFORME :
ENSAYO :

ETC 05
TRACCION



Referencia : MATERIALES COMPUEST
 Cliente :
 Calidad : RM_2019_028
 Operario : A. Técnico
 Norma : ISO 37
 Fecha : 15/04/2019
 Hora : 16:26:00
 Temperatura : 23,2
 H.R.% : 52,3
 Pedido : 180519771020190409



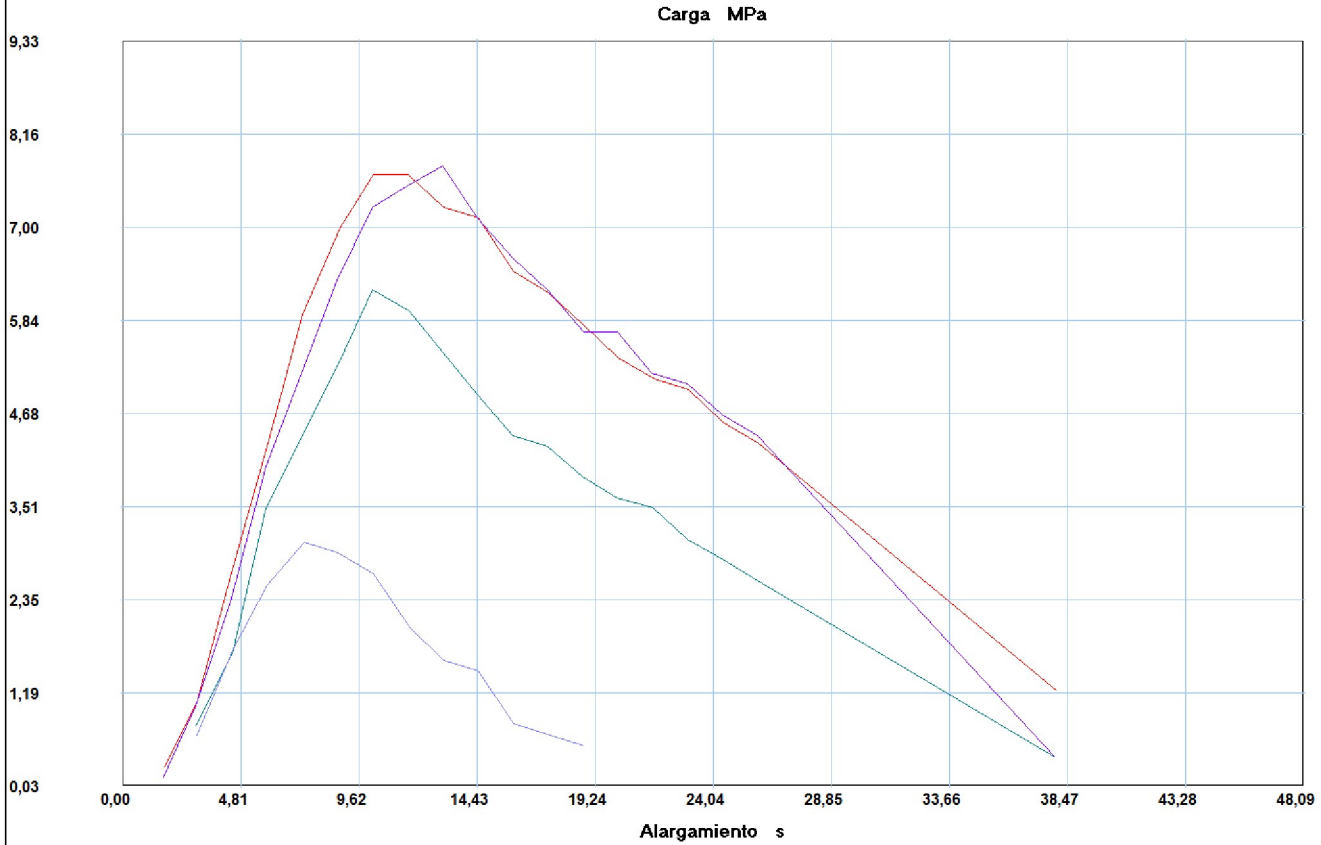
Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	CRot MPa	C.Yield MPa
1	56,80	25,24	47,33	4,46	1,98	3,72
2	47,33	18,93	41,02	3,49	1,39	3,02
3	36,29	15,78	36,29	2,58	1,12	2,58
4	47,33	3,15	33,13	3,66	0,24	2,56
Media	46,938	15,775	39,442	3,549	1,186	2,972
Desv. Std	8,385	9,290	6,178	0,771	0,724	0,541
Coef. V.	0,179	0,589	0,157	0,217	0,610	0,182
+3 Sigma	72,094	43,646	57,975	5,862	3,357	4,596

INFORME :
ENSAYO :

ETC 06
TRACCION



Referencia : MATERIALES COMPUEST
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : A Tecnico 1
 Norma : ISO 37
 Fecha : 15/04/2019
 Hora : 16:34:07
 Temperatura : 23,9
 H.R.% : 52,9
 Pedido : 180519771020190409



Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	CRot MPa	C.Yield MPa
1	89,93	14,20	50,49	7,66	1,21	4,30
2	75,73	4,73	42,60	6,22	0,39	3,50
3	94,67	4,73	48,91	7,77	0,39	4,02
4	36,29	9,47	20,51	3,07	0,80	1,74
Media	74,155	8,283	40,627	6,180	0,697	3,387
Desv. Std	26,495	4,534	13,838	2,191	0,393	1,150
Coef. V.	0,357	0,547	0,341	0,354	0,564	0,340
+3 Sigma	153,640	21,884	82,142	12,752	1,877	6,838

**ANEXO 5: Informe técnico de ensayo a
compresión**

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES
ENSAYO DE COMPRESIÓN DE MATERIALES POLIMÉRICOS
INFORME DE RESULTADOS N°: AL-180519771020190409-ECP

DATOS GENERALES

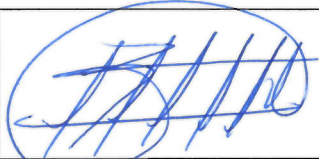
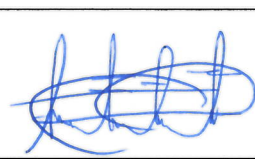
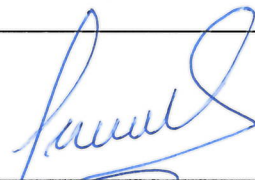
Datos informativos: N° de proforma: RM_2019_028
Empresa / Cliente: Sr. Álvaro Fernando Machado Machado.
RUC/C.I.: 1805197710 **Ciudad:** Pelileo.
Dirección: El Tambo Central. Vía Olmedo.
Teléfono: 0986312765 **Correo:** alvaromachado913@hotmail.com
Datos del ensayo:
Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Resistencia de Materiales.
Dirección: Ambato/Catiglata, Toronto y Río de Janeiro,
Método de ensayo:
 UNE-ISO 7743: Elastómeros, vulcanizados o termoplásticos. Determinación de las propiedades esfuerzo/deformación en compresión.
Tipo de ensayo: Cuantitativo **Tipo de probeta:** Cilíndrica
Equipo utilizado:
 Máquina de ensayos universal Polímeros Metrotest **Modelo:** 50 KN, **Serial Number** 8210M002
Velocidad de ensayo: 10 mm/min **Precarga:** 50 N
Fecha de Inicio de Ensayo: 15/04/2019 **Fecha de Finalización de Ensayo:** 17/04/2019
 Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en probetas de materiales compuestos, Las probetas fueron recibidas en el Laboratorio de Resistencia de Materiales del CFPMC del H. G. P. Tungurahua.

OBJETOS DE ENSAYO

Número de Probetas cuantificadas

N°	Identificación del grupo	Longitud del refuerzo (cm)	Materiales		Sub. Proceso 1	Sub. Proceso 2	Sub. Proceso 3	Probetas a Ensayar
			Cabuya (%)	Látex (%)				
1	180519771020190409-ECP 01	1	80	20	Compactación	Compresión	Vulcanizado 400 cc (tiempo 27 min)	4
2	180519771020190409-ECP 02	1	70	30	Compactación	Compresión	Vulcanizado 400 cc (tiempo 27 min)	4

Observaciones: Ninguna.

		
Elaborado por:	Aprobado por:	
Ing. Fernando Galarza Mg. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Ing. Esteban López E. MEng. Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC

Fecha de entrega de Informe: 06 de mayo de 2019
N°, Factura: 001-002-000006834



N°	Identificación del grupo	Longitud del refuerzo (cm)	Materiales		Sub. Proceso 1	Sub. Proceso 2	Sub. Proceso 3	Probetas a Ensayar
			Cabuya (%)	Látex (%)				
3	180519771020190409-ECP 03	1	55	45	Compactación	Compresión	Vulcanizado 400 cc (tiempo 27 min)	4
4	180519771020190409-ECP 04	2	80	20	Compactación	Compresión	Vulcanizado 400 cc (tiempo 27 min)	4
5	180519771020190409-ECP 05	2	70	30	Compactación	Compresión	Vulcanizado 400 cc (tiempo 27 min)	4
6	180519771020190409-ECP 06	2	55	45	Compactación	Compresión	Vulcanizado 400 cc (tiempo 27 min)	4
							Total	24



Resultados:

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza 10% (N)	Fuerza 20% (N)	Módulo de compresión al 10% (MPa)	Módulo de compresión al 20% (MPa)
				Diámetro	Longitud				
1	180519771020190409-ECP 01-1	26,1	44,8	28,93	12,71	156,2	1050,59	2,38	7,99
2	180519771020190409-ECP 01-2	26,1	44,8	29,42	13,38	367,3	1950,58	5,40	14,35
3	180519771020190409-ECP 01-3	26,1	44,8	28,79	13,47	52,07	601,62	0,80	4,62
4	180519771020190409-ECP 01-4	26,1	44,8	28,43	13,31	156,2	1167,97	2,46	9,20
				Promedio \bar{X}		182,94	1192,69	2,76	9,04
				Desviación estándar S_{n-1}		132,35	561,12	1,92	4,03
				Coeficiente de variación CV		72,34	47,05	69,59	44,63

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza 10% (N)	Fuerza 20% (N)	Módulo de compresión al 10% (MPa)	Módulo de compresión al 20% (MPa)
				Diámetro	Longitud				
5	180519771020190409-ECP 02-1	26,2	44,5	28,67	12,75	160,94	1473,32	2,49	11,41
6	180519771020190409-ECP 02-2	26,2	44,5	27,82	13,07	45,76	605,78	0,75	4,98
7	180519771020190409-ECP 02-3	26,2	44,5	29,15	12,55	285,88	2191,36	4,28	16,42
8	180519771020190409-ECP 02-4	26,2	44,5	28,91	12,84	45,76	866,75	0,70	6,60
				Promedio \bar{X}		134,59	1284,30	2,06	9,85
				Desviación estándar S_{n-1}		114,55	705,51	1,70	5,16
				Coeficiente de variación CV		85,11	54,93	82,79	52,35

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza 10% (N)	Fuerza 20% (N)	Módulo de compresión al 10% (MPa)	Módulo de compresión al 20% (MPa)
				Diámetro	Longitud				
9	180519771020190409-ECP 03-1	27,3	48,3	28,90	12,25	227,20	2225,81	3,46	16,97
10	180519771020190409-ECP 03-2	27,3	48,3	28,94	12,70	227,69	2025,56	3,46	15,40
11	180519771020190409-ECP 03-3	27,3	48,3	28,80	12,68	213,00	1658,78	3,27	12,73
12	180519771020190409-ECP 03-4	27,3	48,3	29,11	12,34	99,40	1745,25	1,49	13,11
				Promedio \bar{X}		191,82	1913,85	2,92	14,55
				Desviación estándar S_{n-1}		61,99	260,31	0,96	1,99
				Coeficiente de variación CV		32,32	13,60	32,74	13,70

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza 10% (N)	Fuerza 20% (N)	Módulo de compresión al 10% (MPa)	Módulo de compresión al 20% (MPa)
				Diámetro	Longitud				
13	180519771020190409-ECP 04-1	26,5	49,5	29,07	13,13	48,91	1247,58	0,74	9,40
14	180519771020190409-ECP 04-2	26,5	49,5	28,87	13,17	121,49	1574,04	1,86	12,02
15	180519771020190409-ECP 04-3	26,5	49,5	28,78	12,90	353,43	2957,01	5,43	22,73
16	180519771020190409-ECP 04-4	26,5	49,5	29,06	13,26	243,45	2010,45	3,67	15,16
				Promedio \bar{X}		191,82	1947,27	2,92	14,83
				Desviación estándar S_{n-1}		134,35	742,17	2,06	5,77
				Coeficiente de variación CV		70,04	38,11	70,57	38,91



Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza 10% (N)	Fuerza 20% (N)	Módulo de compresión al 10% (MPa)	Módulo de compresión al 20% (MPa)
				Diámetro	Longitud				
17	180519771020190409-ECP 05-1	26,3	44,8	29,40	12,52	178,29	1198,58	2,63	8,83
18	180519771020190409-ECP 05-2	26,3	44,8	27,60	12,89	181,45	1348,78	3,03	11,27
19	180519771020190409-ECP 05-3	26,3	44,8	29,18	12,43	140,42	1295,45	2,10	9,69
20	180519771020190409-ECP 05-4	26,3	44,8	29,12	12,81	96,25	1522,45	1,45	11,43
				Promedio \bar{X}		149,10	1341,32	2,30	10,30
				Desviación estándar S_{n-1}		39,86	135,82	0,69	1,26
				Coeficiente de variación CV		26,73	10,13	29,84	12,23

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza 10% (N)	Fuerza 20% (N)	Módulo de compresión al 10% (MPa)	Módulo de compresión al 20% (MPa)
				Diámetro	Longitud				
21	180519771020190409-ECP 06-1	26,2	44,9	28,45	12,72	205,11	1854,45	3,23	14,59
22	180519771020190409-ECP 06-2	26,2	44,9	26,86	12,61	104,13	1548,78	1,84	13,67
23	180519771020190409-ECP 06-3	26,2	44,9	28,56	13,13	230,36	1495,45	3,60	11,67
24	180519771020190409-ECP 06-4	26,2	44,9	29,10	13,66	183,02	1869,78	2,75	14,06
				Promedio \bar{X}		180,66	1692,12	2,85	13,50
				Desviación estándar S_{n-1}		54,56	197,60	0,76	1,27
				Coeficiente de variación CV		30,20	11,68	26,64	9,43

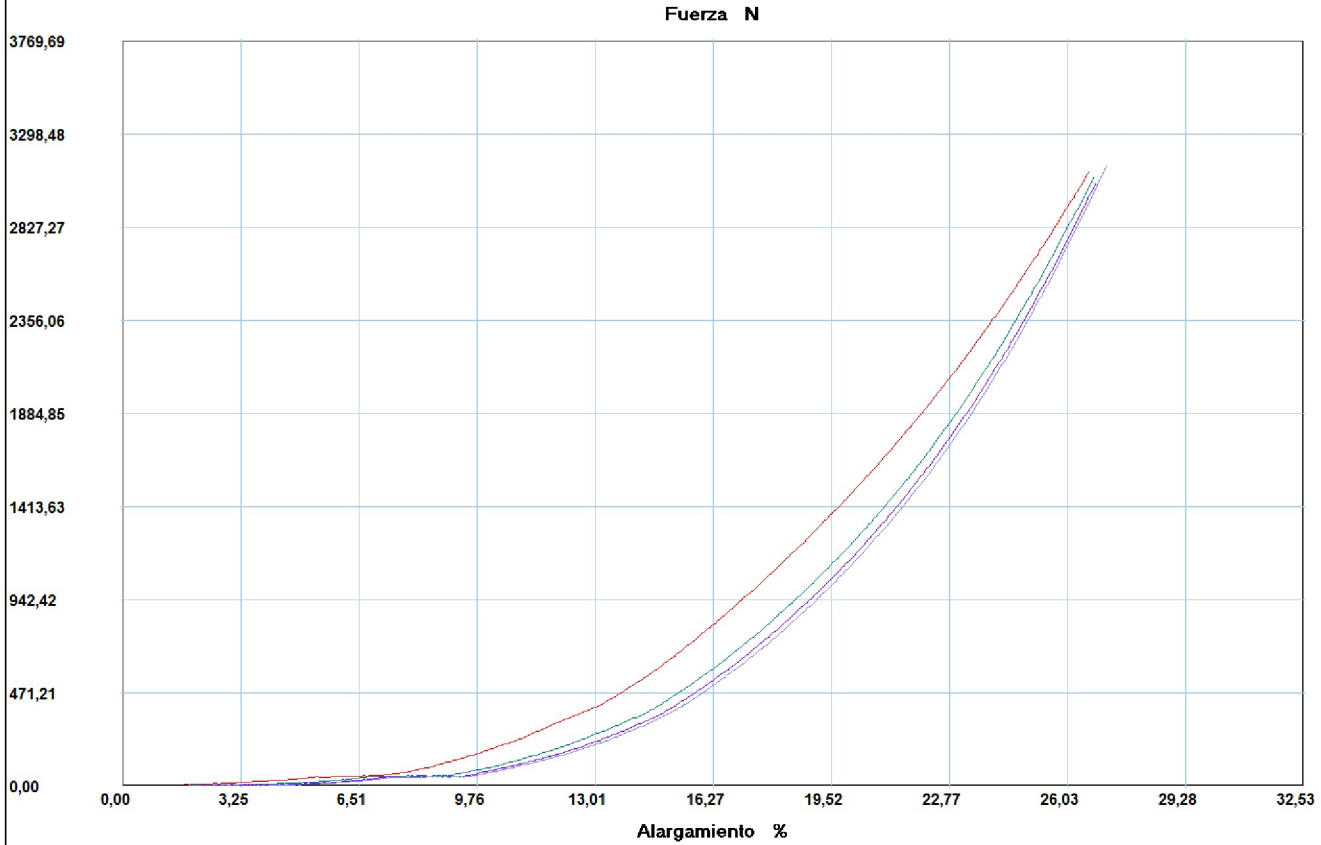
Comentario: Se realiza un alcance al informe N° 180519771020190409-ECP debido a que el método de ensayo UNE-ISO 7743 requiere cálculos adicionales.

INFORME :
ENSAYO :

ECP 01
COMPRESION



Referencia : MATERIALES COMPUEST
Cliente :
Calidad :
Operario : A Tecnico 1
Norma : ISO 7743:2016
Fecha : 15/04/2019
Hora : 11:41:32
Temperatura : 26,1
H.R.% : 44,8
Pedido : 180519771020190409



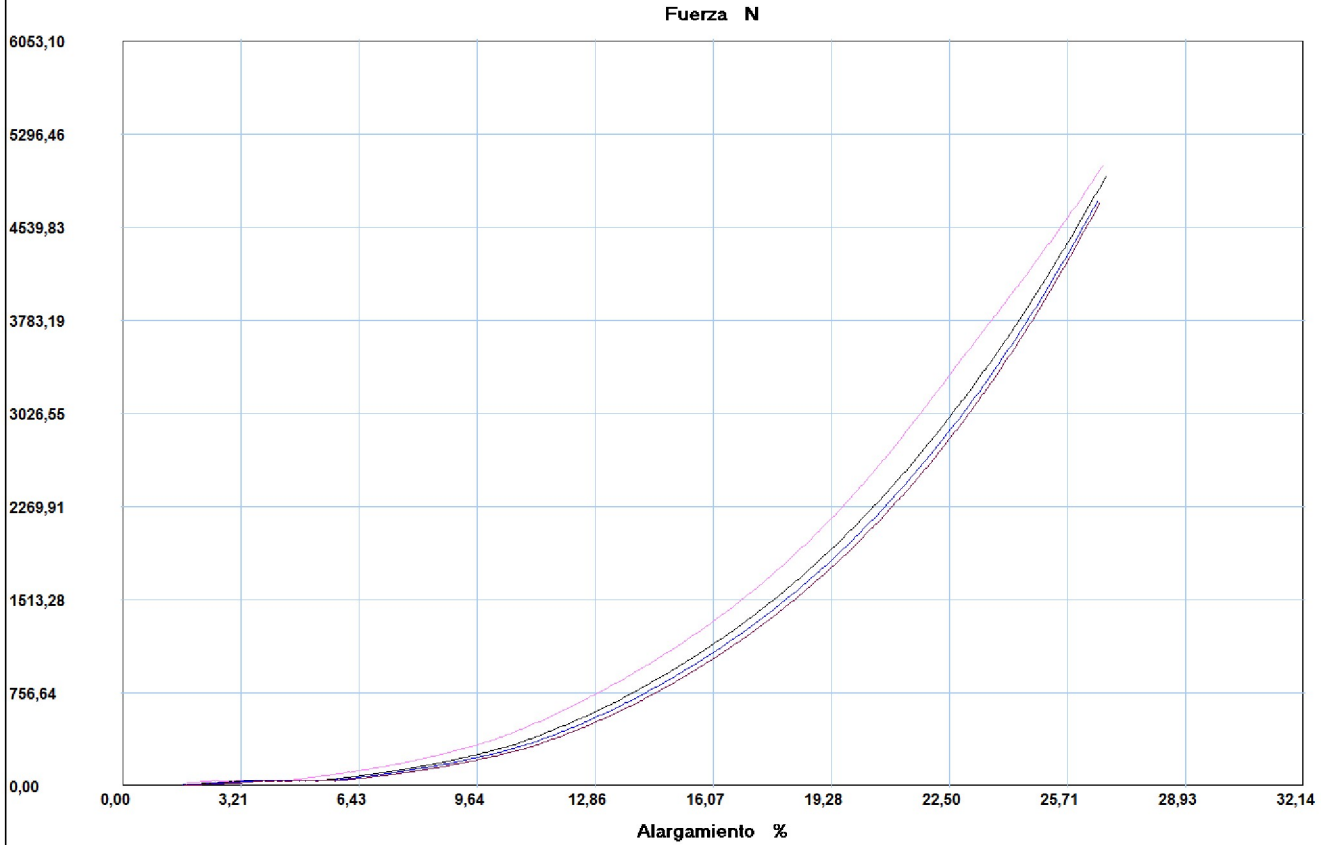
Probeta	FMax N	CMax MPa
1	3113,01	4,74
2	3084,61	4,69
3	3053,06	4,64
4	3141,41	4,78
Media	3098,023	4,713
Desv. Std	37,897	0,058
Coef. V.	0,012	0,012
+3 Sigma	3211,714	4,886

INFORME :
ENSAYO :

ECP 01
COMPRESION



Referencia : MATERIALES COMPUEST
Cliente :
Calidad :
Operario : A Tecnico 1
Norma : ISO 7743:2016
Fecha : 15/04/2019
Hora : 11:41:32
Temperatura : 26,1
H.R.% : 44,8
Pedido : 180519771020190409



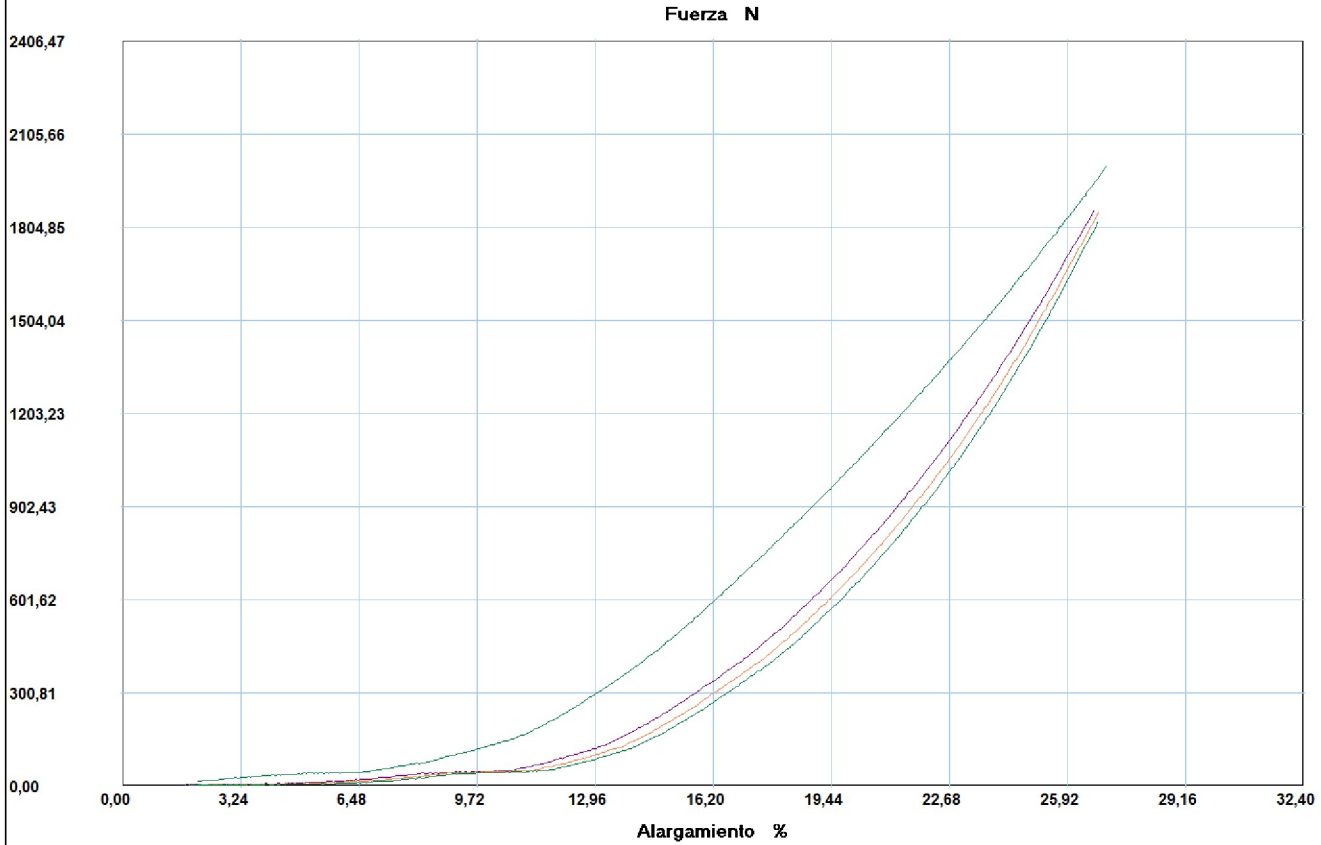
Probeta	FMax N	CMax MPa
5	5044,25	7,42
6	4962,20	7,30
7	4758,67	7,00
8	4741,31	6,97
Media	4876,608	7,174
Desv. Std	150,161	0,221
Coef. V.	0,031	0,031
+3 Sigma	5327,090	7,836

INFORME :
ENSAYO :

ECP 01
COMPRESION



Referencia : MATERIALES COMPUEST
Cliente :
Calidad :
Operario : A Tecnico 1
Norma : ISO 7743:2016
Fecha : 15/04/2019
Hora : 11:41:32
Temperatura : 26,1
H.R.% : 44,8
Pedido : 180519771020190409



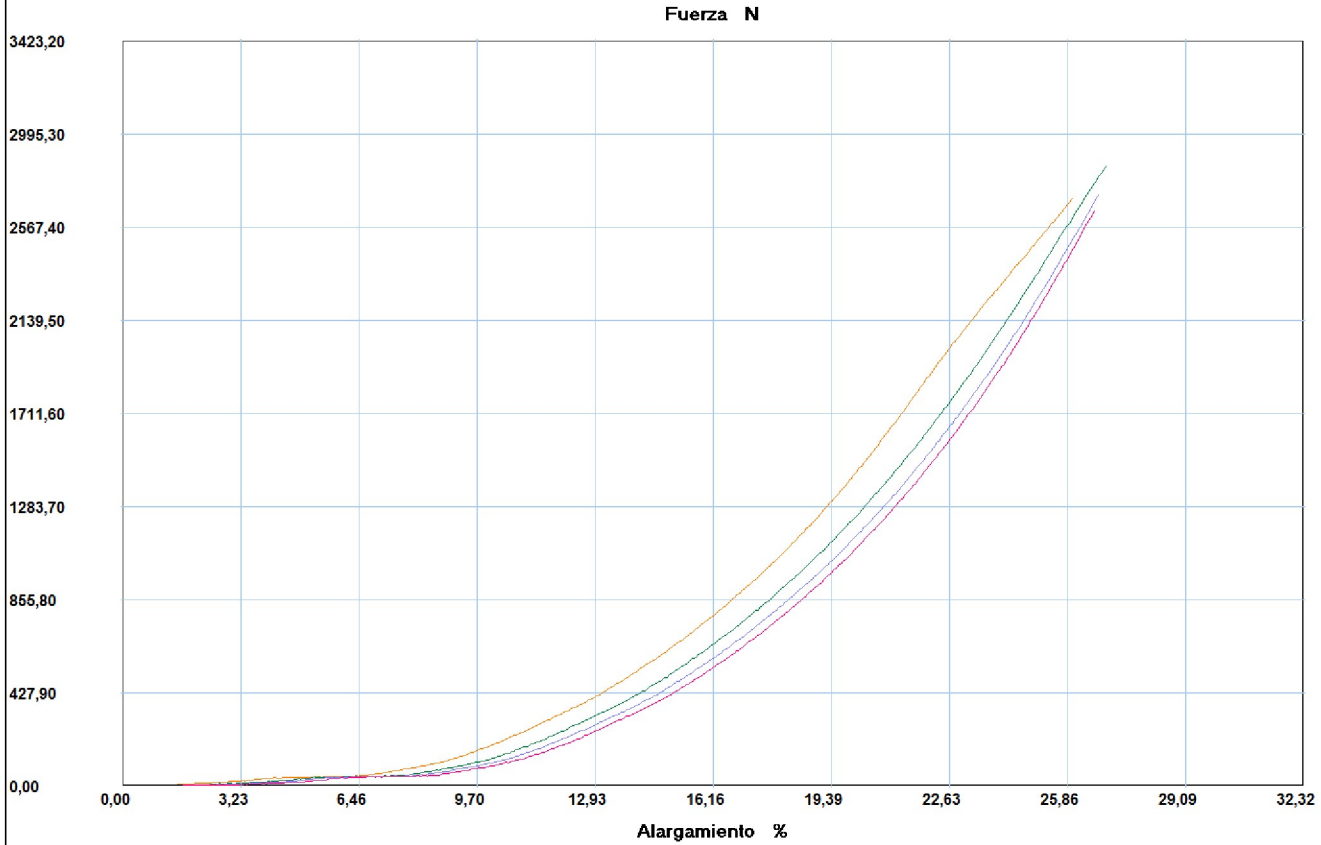
Probeta	FMax N	CMax MPa
■ 9	2005,39	3,08
■ 10	1860,23	2,86
■ 11	1857,08	2,85
■ 12	1822,37	2,80
Media	1886,267	2,898
Desv. Std	81,246	0,125
Coef. V.	0,043	0,043
+3 Sigma	2130,007	3,272

INFORME :
ENSAYO :

ECP 01
COMPRESION



Referencia : MATERIALES COMPUEST
Cliente :
Calidad :
Operario : A Tecnico 1
Norma : ISO 7743:2016
Fecha : 15/04/2019
Hora : 11:41:32
Temperatura : 26,1
H.R.% : 44,8
Pedido : 180519771020190409



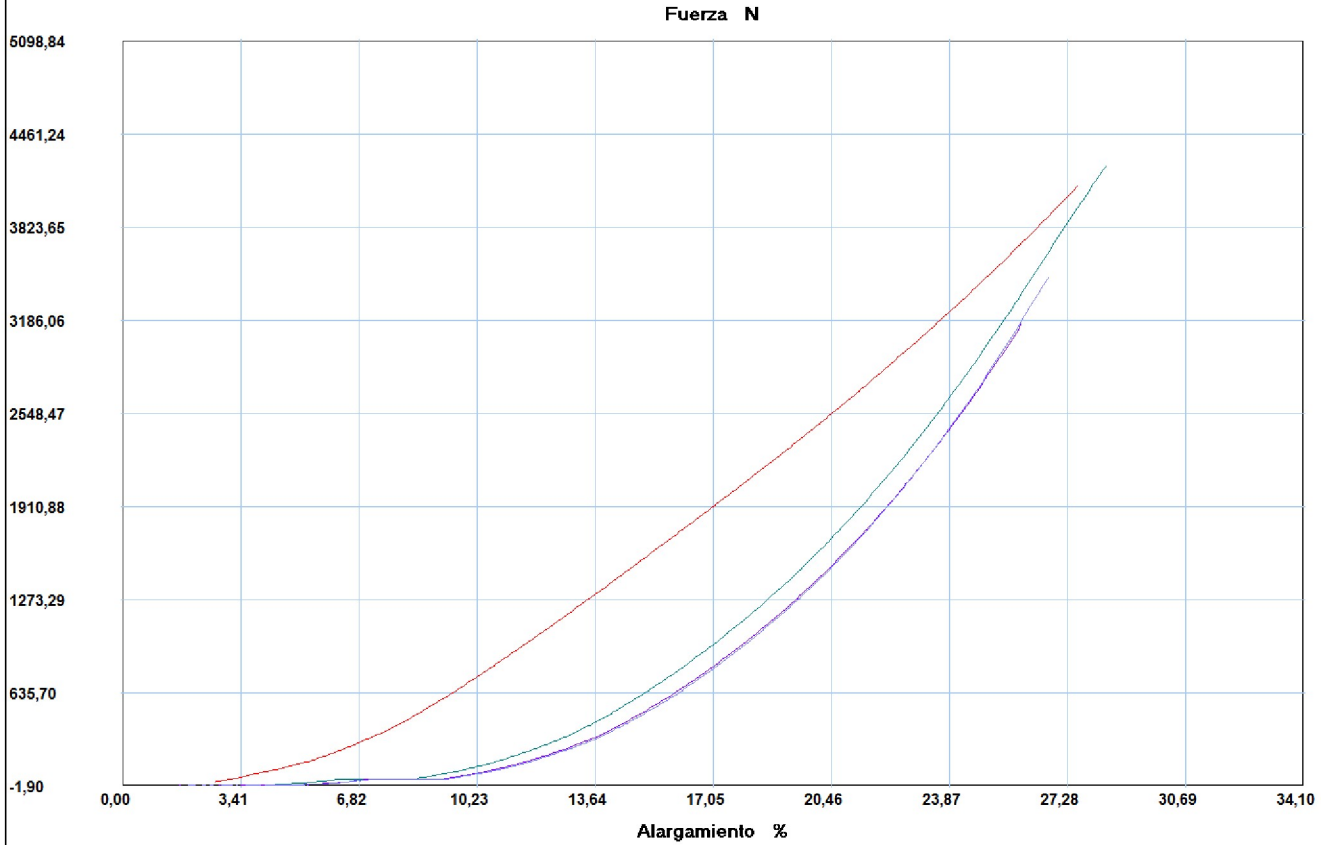
Probeta	FMax N	CMax MPa
13	2704,36	4,26
14	2852,67	4,49
15	2720,14	4,28
16	2647,56	4,17
Media	2731,182	4,302
Desv. Std	86,782	0,137
Coef. V.	0,032	0,032
+3 Sigma	2991,528	4,712

INFORME :
ENSAYO :

ECP 02
COMPRESION



Referencia : MATERIALES COMPUEST
Cliente :
Calidad :
Operario : A Tecnico 1
Norma : ISO 7743:2016
Fecha : 16/04/2019
Hora : 11:55:14
Temperatura : 26,2
H.R.% : 44,5
Pedido : 180519771020190409



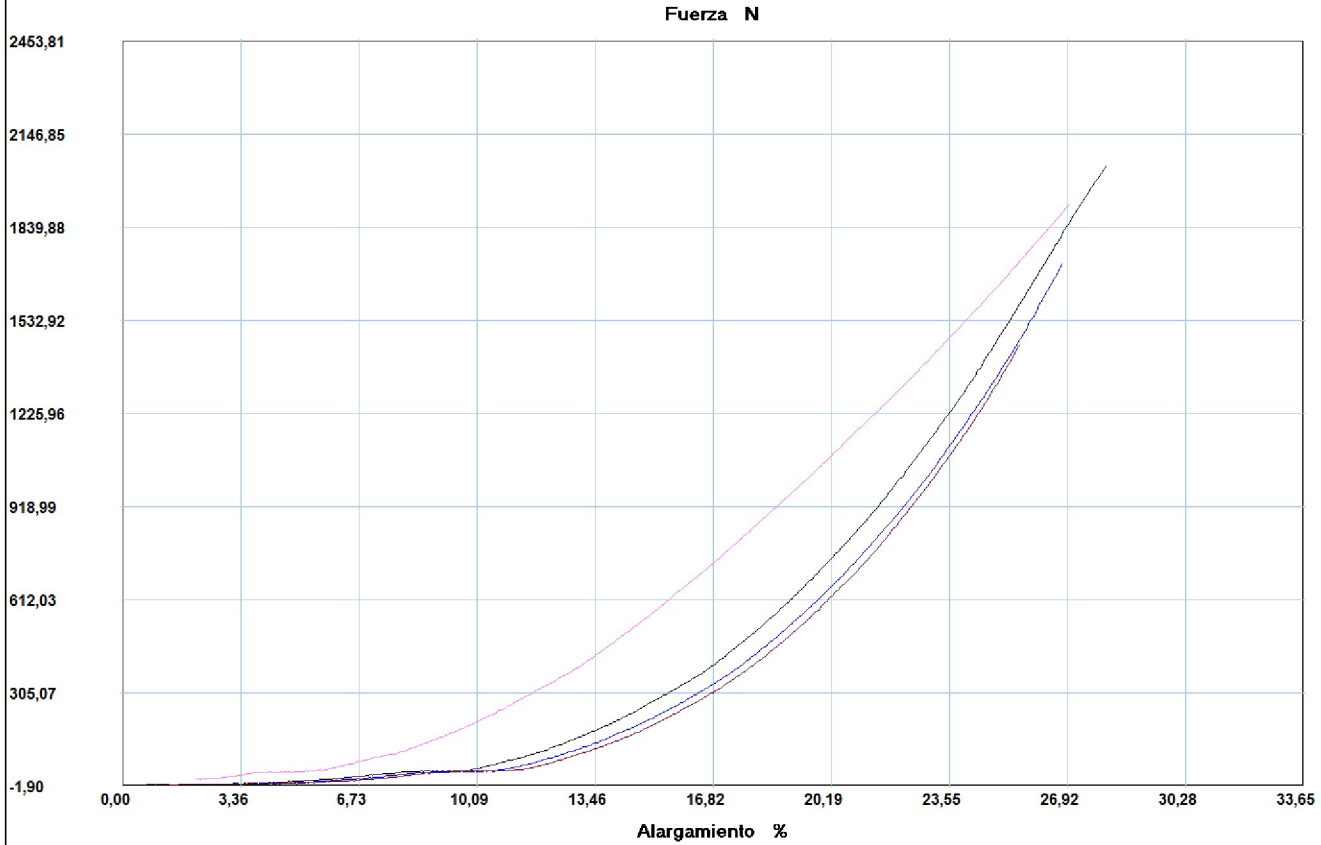
Probeta	FMax N	CMax MPa
■ 1	4110,19	6,37
■ 2	4249,03	6,58
■ 3	3165,08	4,90
■ 4	3491,69	5,41
Media	3753,997	5,815
Desv. Std	512,367	0,794
Coef. V.	0,136	0,136
+3 Sigma	5291,098	8,196

INFORME :
ENSAYO :

ECP 02
COMPRESION



Referencia : MATERIALES COMPUEST
Cliente :
Calidad :
Operario : A Tecnico 1
Norma : ISO 7743:2016
Fecha : 16/04/2019
Hora : 11:55:14
Temperatura : 26,2
H.R.% : 44,5
Pedido : 180519771020190409



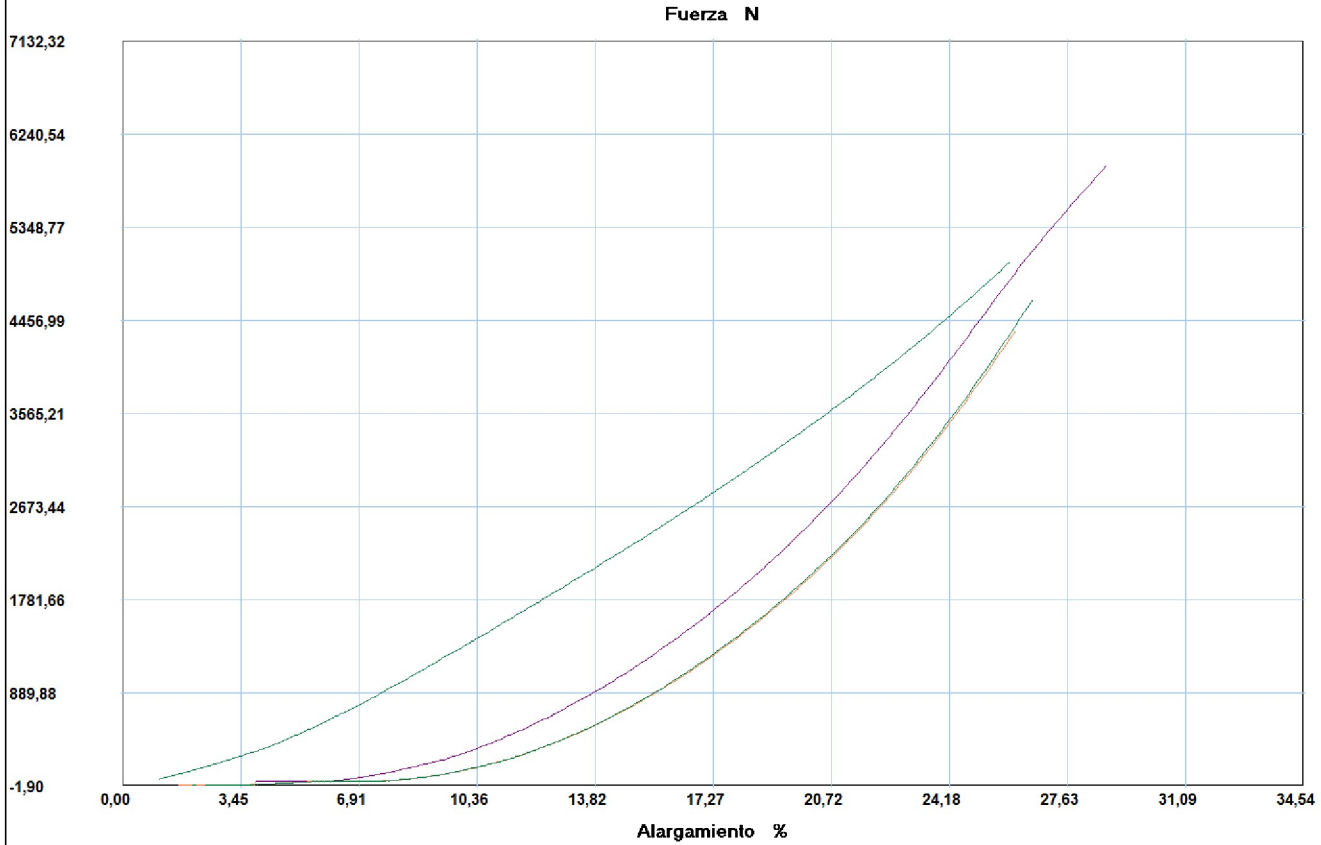
Probeta	FMax N	CMax MPa
5	1917,03	3,15
6	2044,84	3,36
7	1721,39	2,83
8	1454,74	2,39
Media	1784,500	2,936
Desv. Std	256,947	0,423
Coef. V.	0,144	0,144
+3 Sigma	2555,342	4,204

INFORME :
ENSAYO :

ECP 02
COMPRESION



Referencia : MATERIALES COMPUEST
Cliente :
Calidad :
Operario : A Tecnico 1
Norma : ISO 7743:2016
Fecha : 16/04/2019
Hora : 11:55:14
Temperatura : 26,2
H.R.% : 44,5
Pedido : 180519771020190409



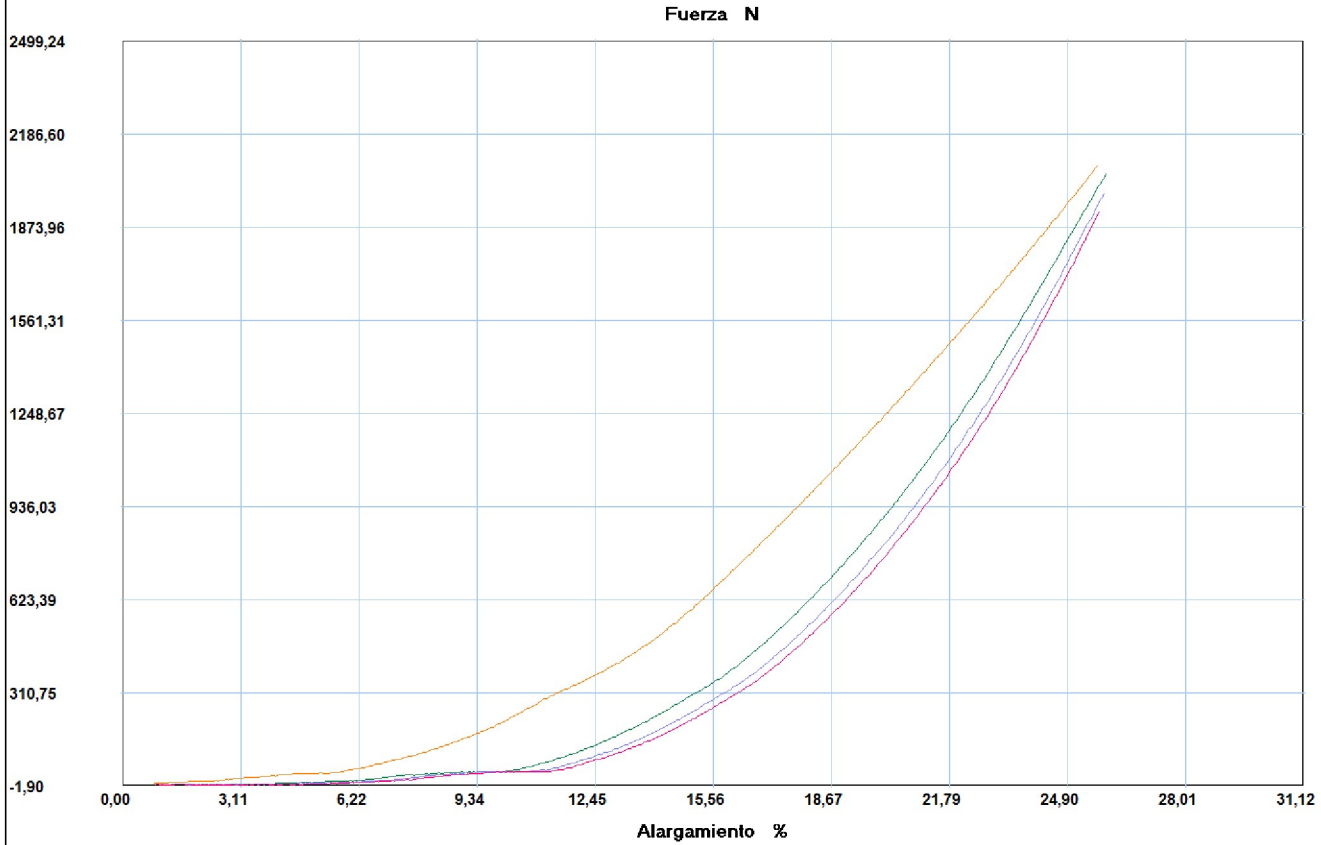
Probeta	FMax N	CMax MPa
■ 9	5020,58	7,52
■ 10	5943,60	8,91
■ 11	4359,48	6,53
■ 12	4660,84	6,98
Media	4996,125	7,486
Desv. Std	687,032	1,029
Coef. V.	0,138	0,138
+3 Sigma	7057,222	10,575

INFORME :
ENSAYO :

ECP 02
COMPRESION



Referencia : MATERIALES COMPUEST
Cliente :
Calidad :
Operario : A Tecnico 1
Norma : ISO 7743:2016
Fecha : 16/04/2019
Hora : 11:55:14
Temperatura : 26,2
H.R.% : 44,5
Pedido : 180519771020190409



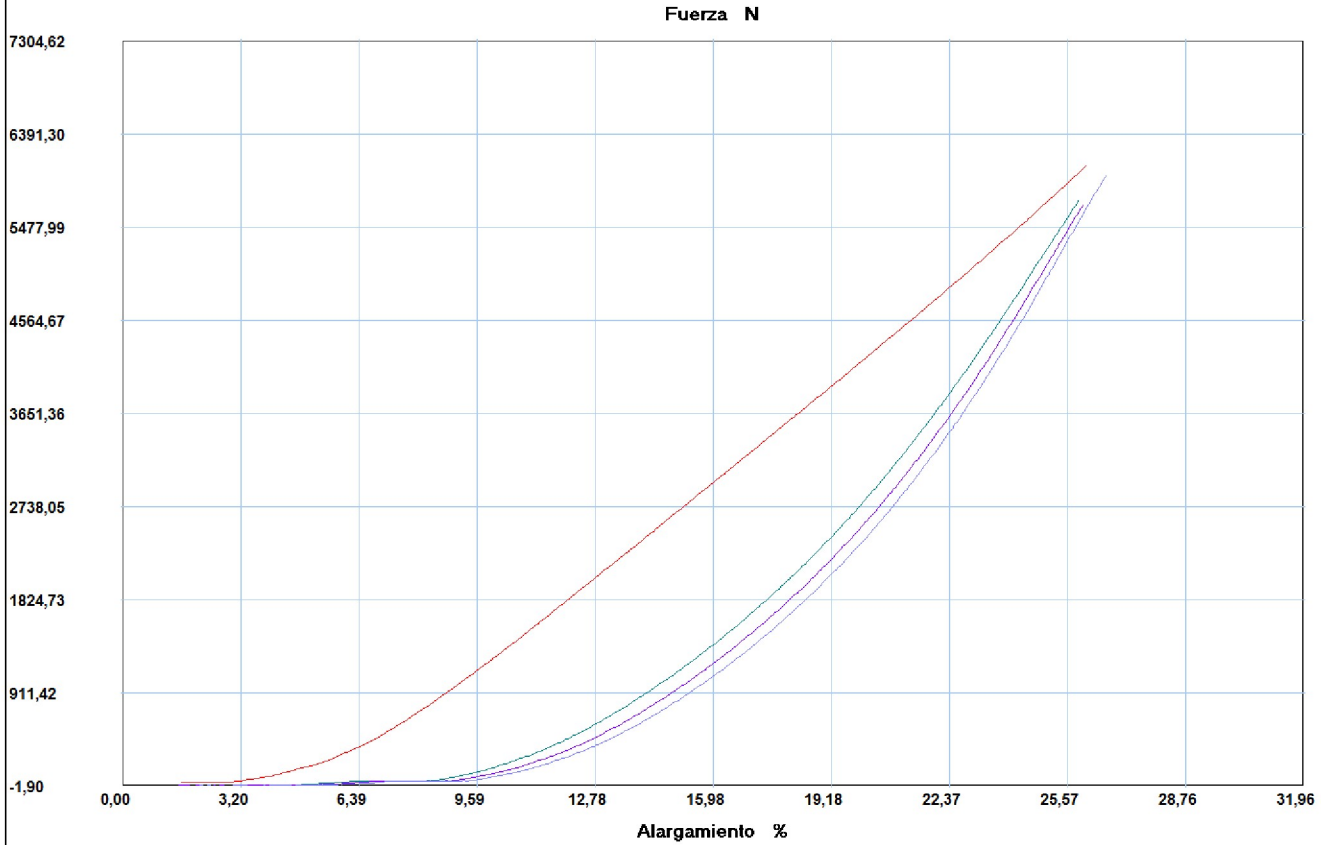
Probeta	FMax N	CMax MPa
13	2082,70	3,17
14	2057,46	3,13
15	1991,19	3,03
16	1928,08	2,94
Media	2014,858	3,069
Desv. Std	69,542	0,106
Coef. V.	0,035	0,035
+3 Sigma	2223,482	3,387

INFORME :
ENSAYO :

ECP 03
COMPRESION



Referencia : MATERIALES COMPUEST
Cliente :
Calidad :
Operario : A Tecnico 1
Norma : ISO 7743:2016
Fecha : 16/04/2019
Hora : 12:39:52
Temperatura : 26,2
H.R.% : 44,5
Pedido : 180519771020190409



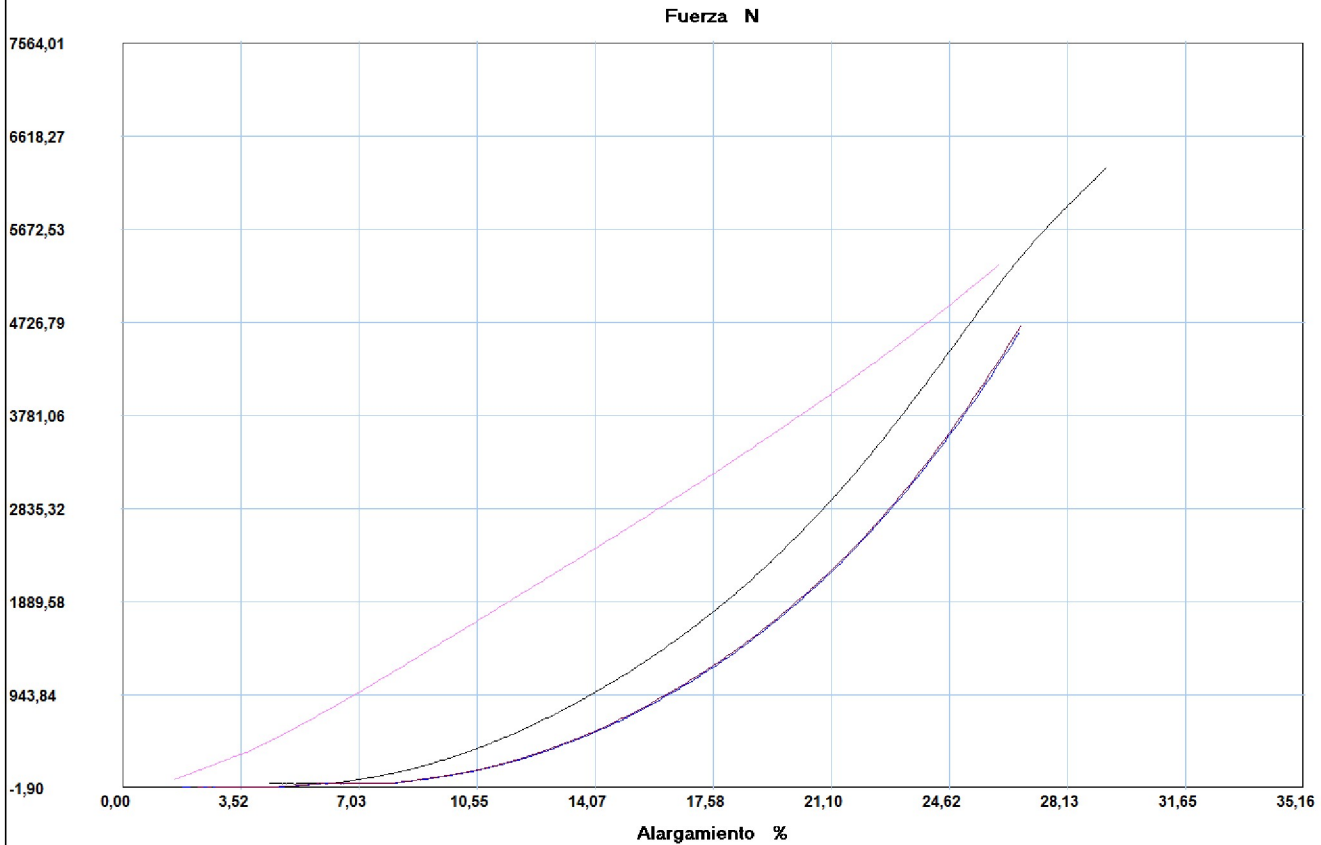
Probeta	FMax N	CMax MPa
■ 1	6087,18	9,28
■ 2	5746,37	8,76
■ 3	5705,35	8,70
■ 4	6000,40	9,15
Media	5884,825	8,971
Desv. Std	187,693	0,286
Coef. V.	0,032	0,032
+3 Sigma	6447,905	9,830

INFORME :
ENSAYO :

ECP 03
COMPRESION



Referencia : MATERIALES COMPUEST
Cliente :
Calidad :
Operario : A Tecnico 1
Norma : ISO 7743:2016
Fecha : 16/04/2019
Hora : 12:39:52
Temperatura : 26,2
H.R.% : 44,5
Pedido : 180519771020190409



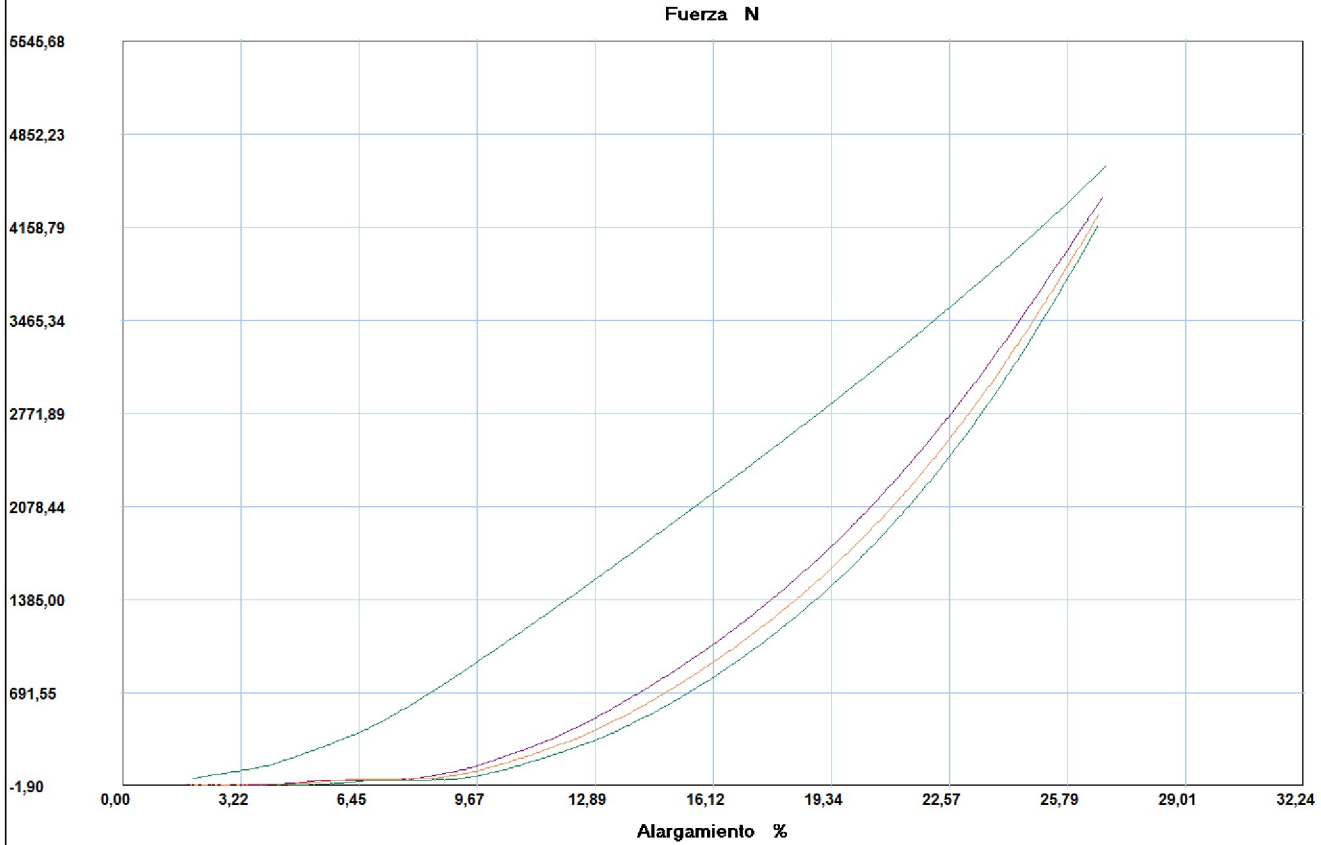
Probeta	FMax N	CMax MPa
5	5314,05	8,08
6	6303,34	9,58
7	4629,28	7,04
8	4700,29	7,15
Media	5236,740	7,961
Desv. Std	774,682	1,178
Coef. V.	0,148	0,148
+3 Sigma	7560,787	11,494

INFORME :
ENSAYO :

ECP 03
COMPRESION



Referencia : MATERIALES COMPUEST
Cliente :
Calidad :
Operario : A Tecnico 1
Norma : ISO 7743:2016
Fecha : 16/04/2019
Hora : 12:39:52
Temperatura : 26,2
H.R.% : 44,5
Pedido : 180519771020190409



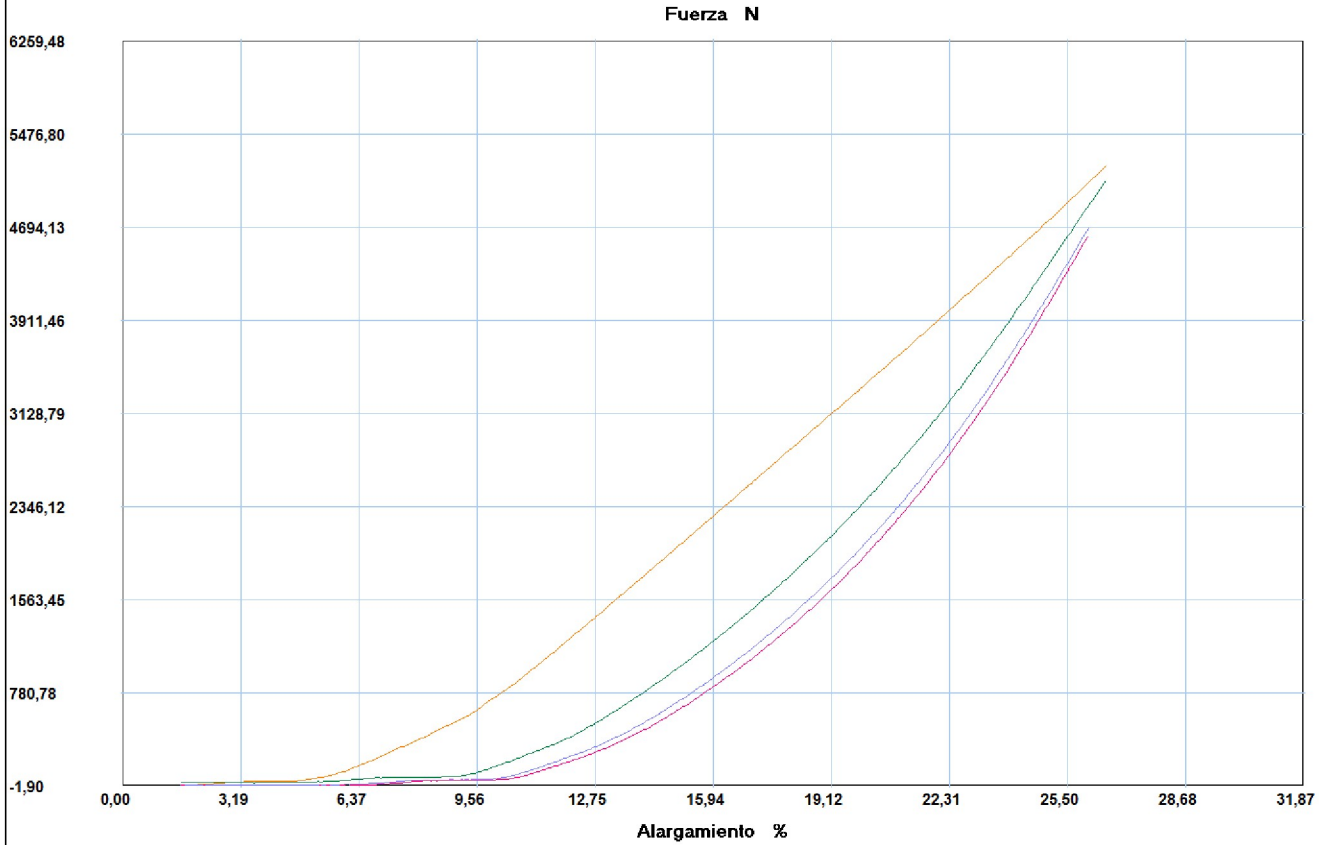
Probeta	FMax N	CMax MPa
■ 9	4621,40	7,09
■ 10	4387,88	6,74
■ 11	4260,08	6,54
■ 12	4176,45	6,41
Media	4361,452	6,695
Desv. Std	193,884	0,298
Coef. V.	0,044	0,044
+3 Sigma	4943,106	7,588

INFORME :
ENSAYO :

ECP 03
COMPRESION



Referencia : MATERIALES COMPUEST
Cliente :
Calidad :
Operario : A Tecnico 1
Norma : ISO 7743:2016
Fecha : 16/04/2019
Hora : 12:39:52
Temperatura : 26,2
H.R.% : 44,5
Pedido : 180519771020190409



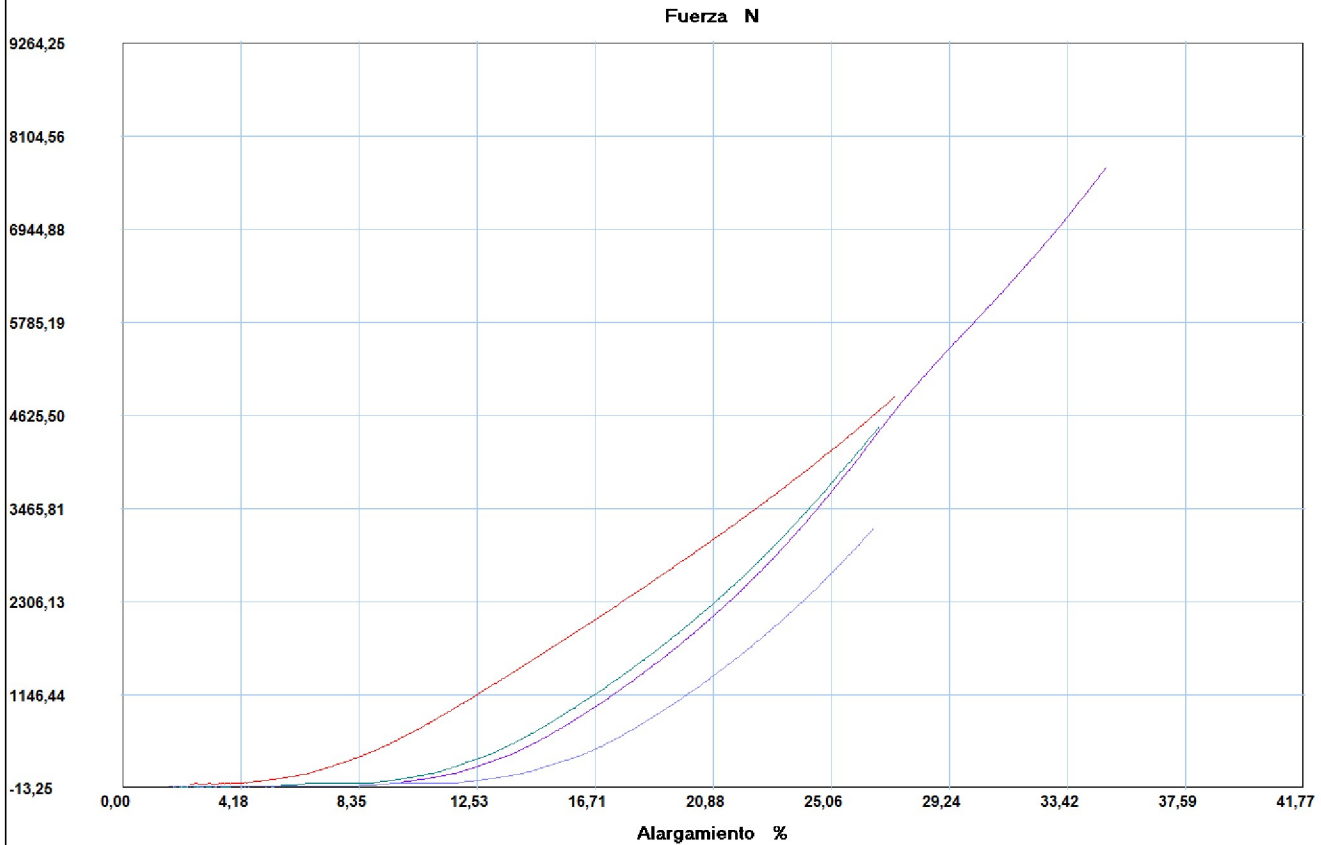
Probeta	FMax N	CMax MPa
13	5216,23	7,84
14	5090,00	7,65
15	4697,13	7,06
16	4622,97	6,95
Media	4906,583	7,372
Desv. Std	290,878	0,437
Coef. V.	0,059	0,059
+3 Sigma	5779,216	8,683

INFORME :
ENSAYO :

ECP 04
COMPRESION



Referencia : MATERIALES COMPUEST
Cliente :
Calidad :
Operario : A Tecnico 1
Norma : ISO 7743.2016
Fecha : 16/04/2019
Hora : 13:48:22
Temperatura : 26,5
H.R.% : 44,9
Pedido : 180519771020190409



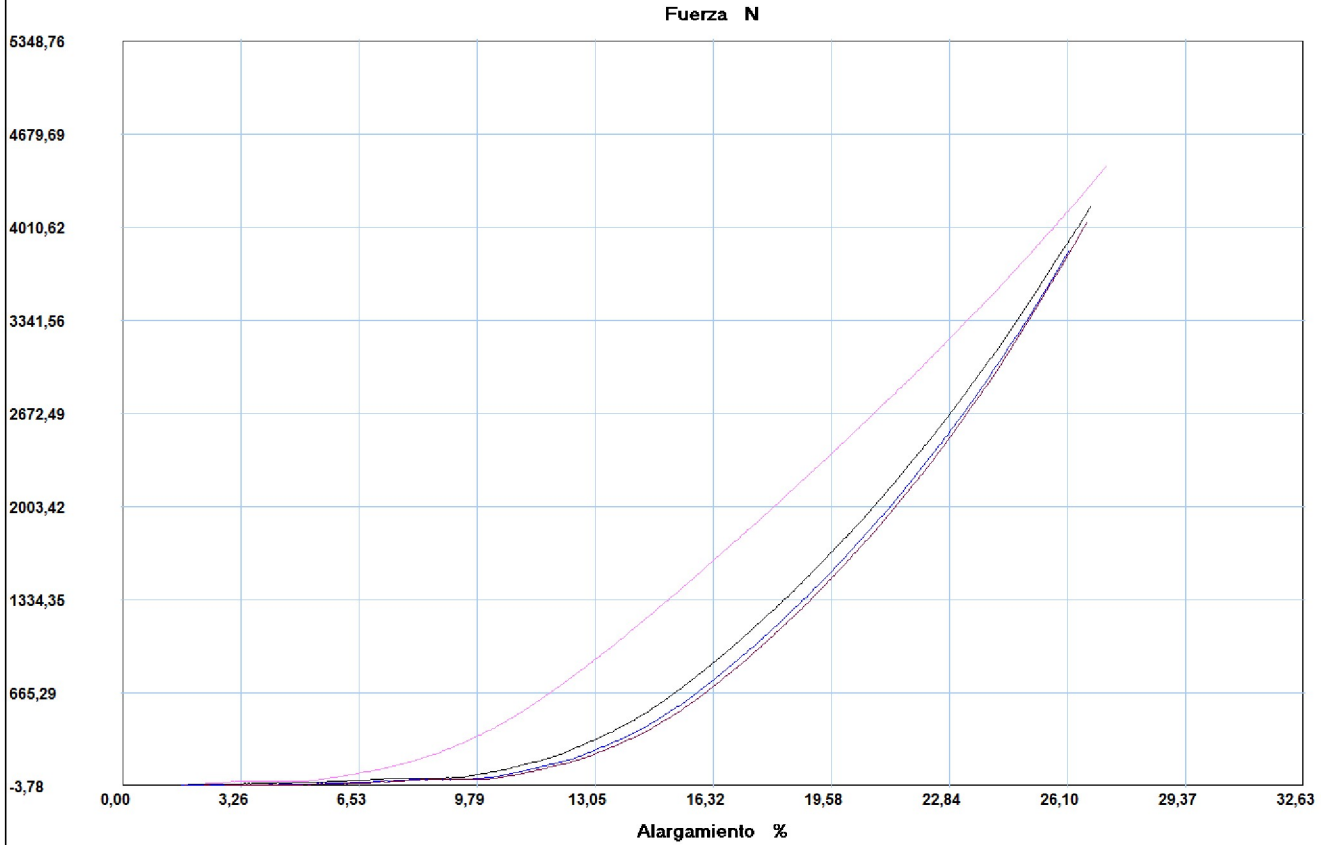
Probeta	FMax N	CMax MPa
■ 1	4865,96	7,33
■ 2	4493,59	6,77
■ 3	7720,21	11,63
■ 4	3226,61	4,86
Media	5076,592	7,649
Desv. Std	1896,963	2,858
Coef. V.	0,374	0,374
+3 Sigma	10767,482	16,223

INFORME :
ENSAYO :

ECP 04
COMPRESION



Referencia : MATERIALES COMPUEST
Cliente :
Calidad :
Operario : A Tecnico 1
Norma : ISO 7743.2016
Fecha : 16/04/2019
Hora : 13:48:22
Temperatura : 26,5
H.R.% : 44,9
Pedido : 180519771020190409



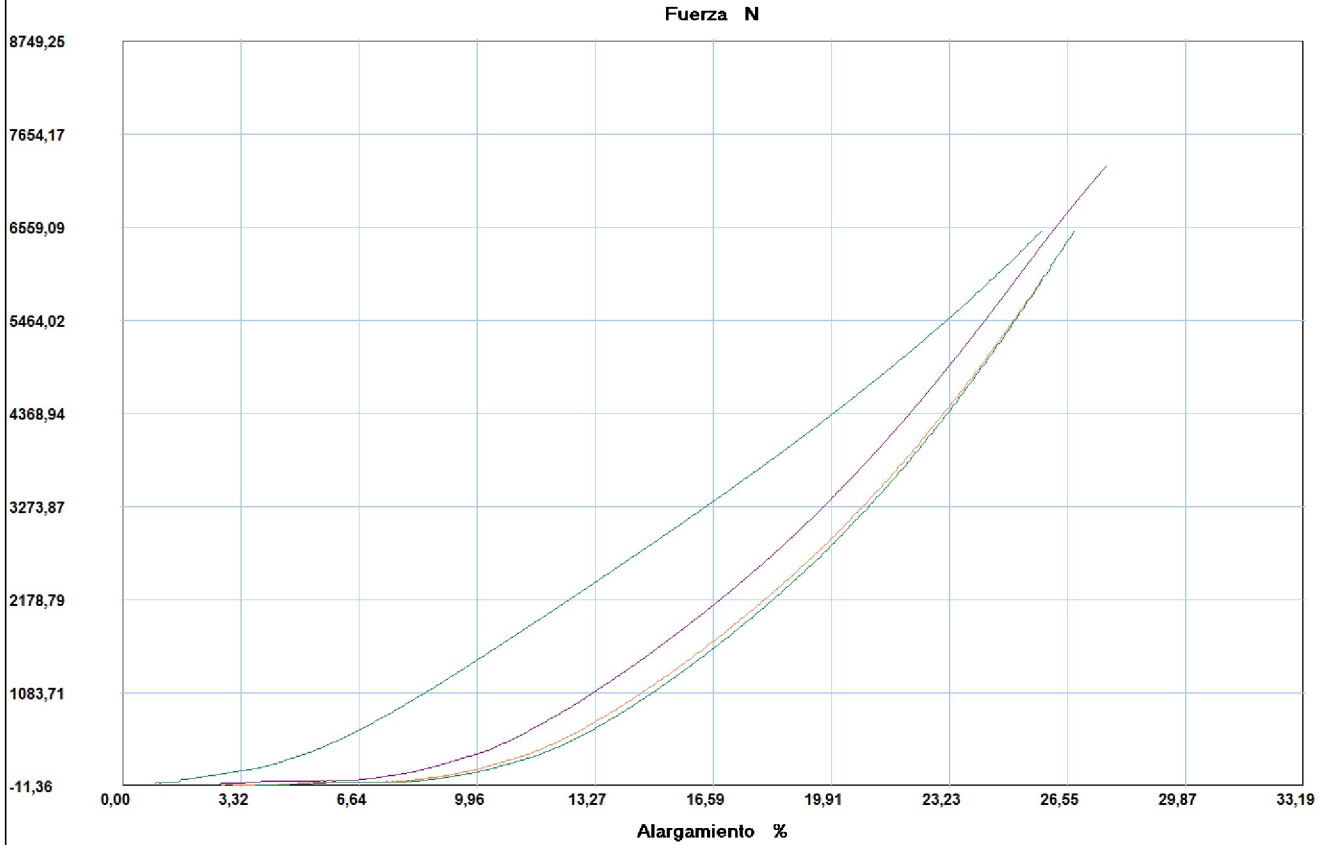
Probeta	FMax N	CMax MPa
5	4457,30	6,81
6	4168,56	0,06
7	3848,27	5,88
8	4054,96	6,19
Media	4132,273	4,737
Desv. Std	254,030	3,139
Coef. V.	0,061	0,663
+3 Sigma	4894,364	14,153

INFORME :
ENSAYO :

ECP 04
COMPRESION



Referencia : MATERIALES COMPUEST
Cliente :
Calidad :
Operario : A Tecnico 1
Norma : ISO 7743.2016
Fecha : 16/04/2019
Hora : 13:48:22
Temperatura : 26,5
H.R.% : 44,9
Pedido : 180519771020190409



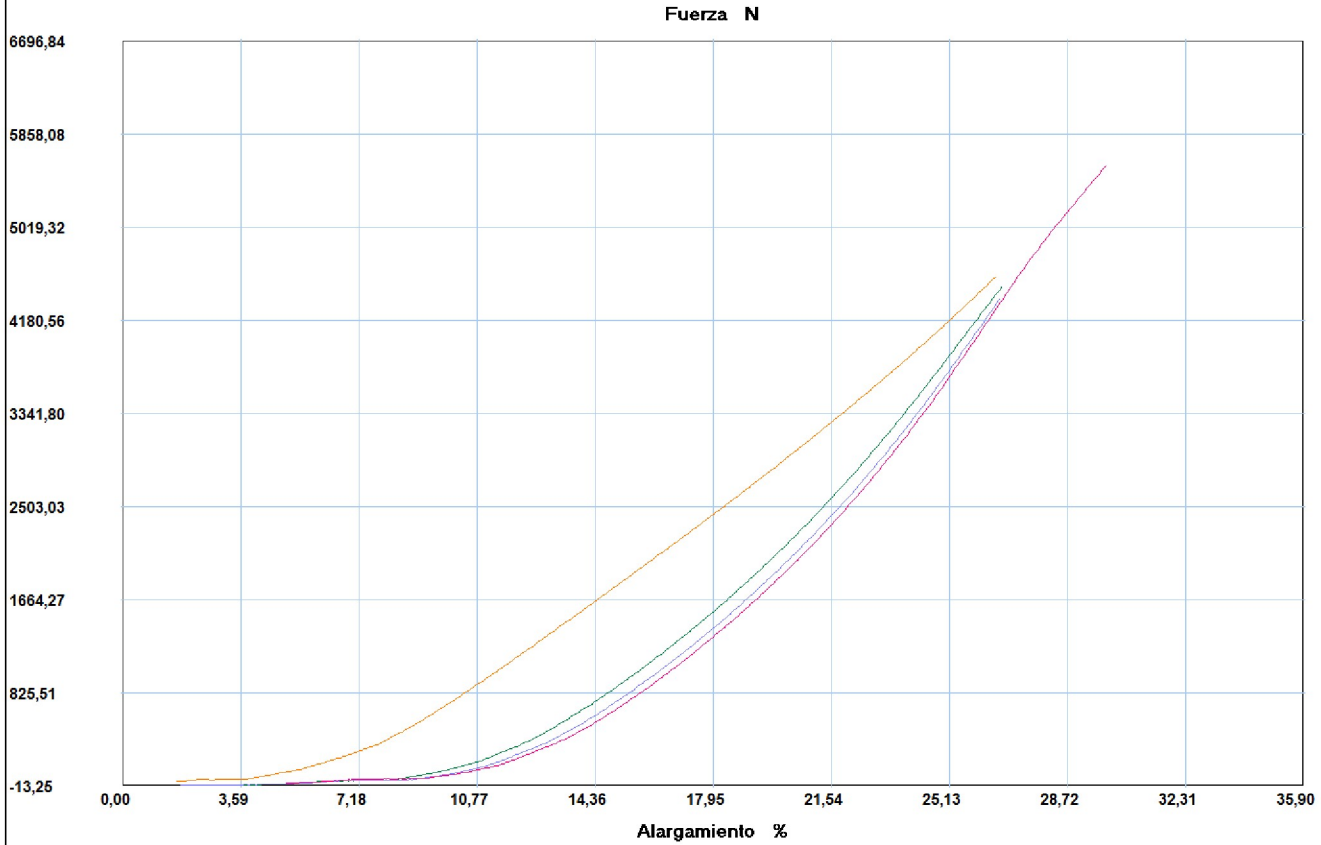
Probeta	FMax N	CMax MPa
■ 9	6519,50	10,02
■ 10	7291,04	11,21
■ 11	5946,75	9,14
■ 12	6522,65	10,03
Media	6569,985	10,099
Desv. Std	551,704	0,848
Coef. V.	0,084	0,084
+3 Sigma	8225,097	12,644

INFORME :
ENSAYO :

ECP 04
COMPRESION



Referencia : MATERIALES COMPUEST
Cliente :
Calidad :
Operario : A Tecnico 1
Norma : ISO 7743.2016
Fecha : 16/04/2019
Hora : 13:48:22
Temperatura : 26,5
H.R.% : 44,9
Pedido : 180519771020190409



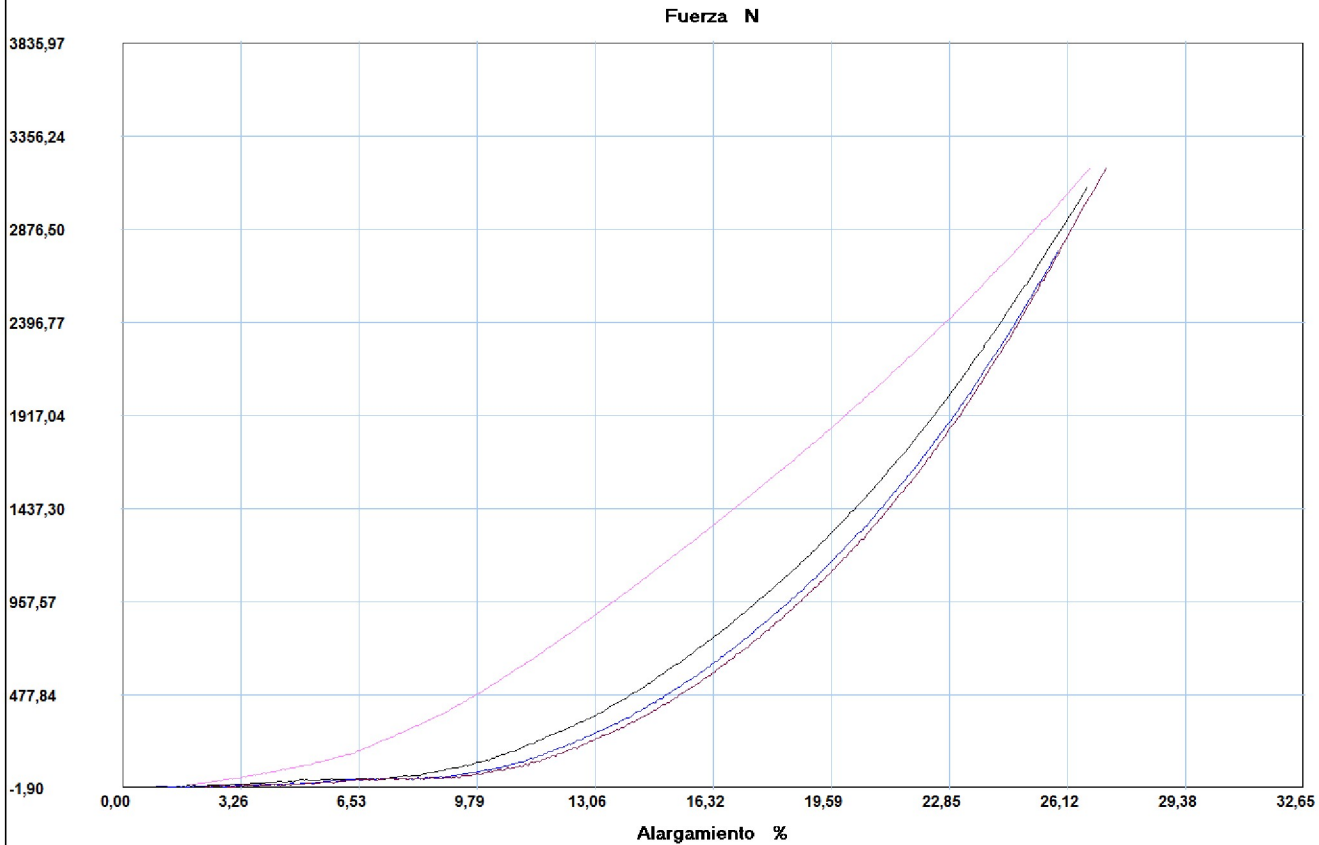
Probeta	FMax N	CMax MPa
13	4580,37	6,91
14	4493,59	6,78
15	4381,57	6,58
16	5580,70	8,39
Media	4759,057	7,162
Desv. Std	553,774	0,826
Coef. V.	0,116	0,115
+3 Sigma	6420,378	9,640

INFORME :
ENSAYO :

ECP 05
COMPRESION



Referencia : MATERIALES COMPUEST
Cliente :
Calidad :
Operario : A Tecnico 1
Norma : ISO 7743:2016
Fecha : 16/04/2019
Hora : 14:32:14
Temperatura : 26,3
H.R.% : 44,8
Pedido : 180519771020190409



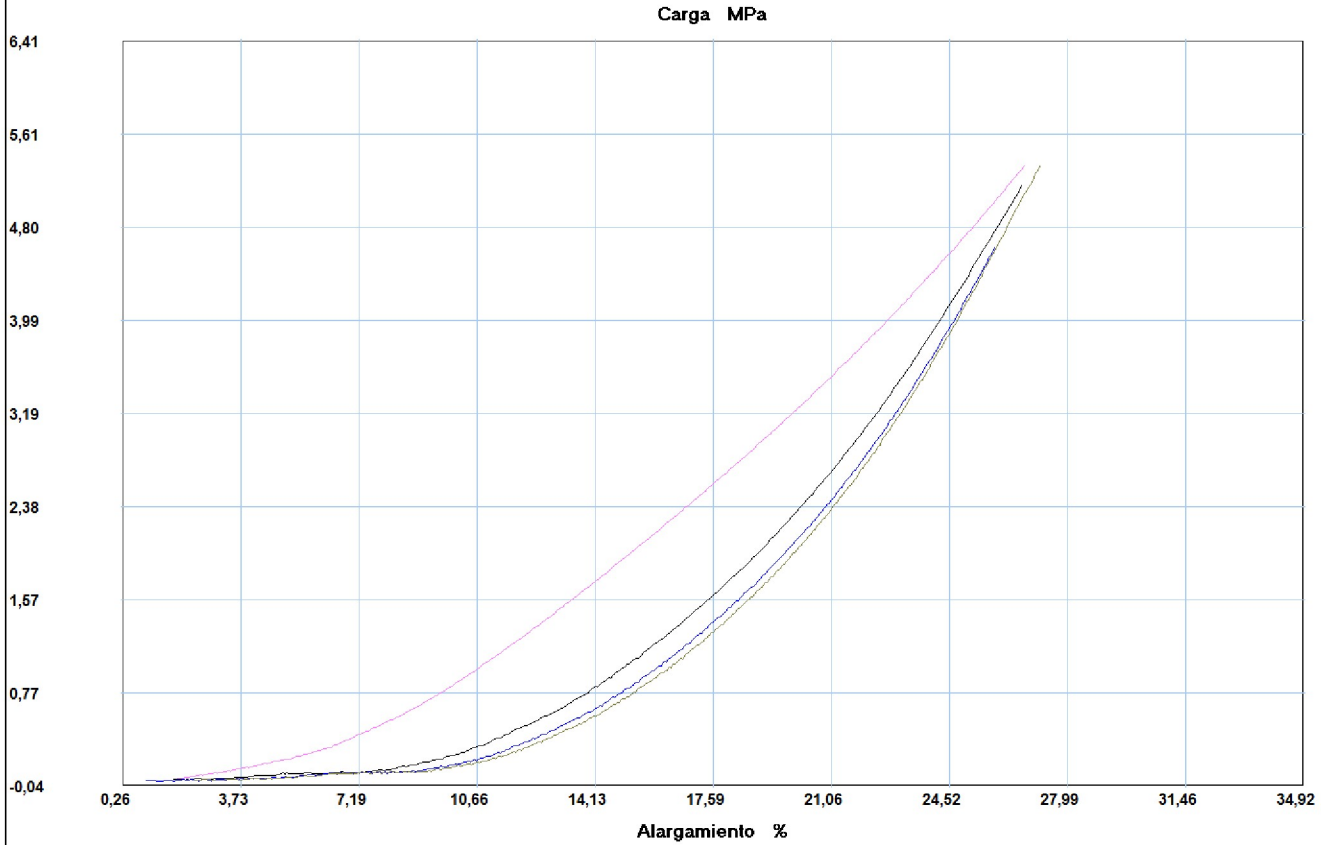
Probeta	FMax N	CMax MPa
5	3193,48	5,34
6	3097,23	5,18
7	2773,78	4,64
8	3196,64	5,34
Media	3065,282	5,123
Desv. Std	199,736	0,334
Coef. V.	0,065	0,065
+3 Sigma	3664,491	6,125

INFORME :
ENSAYO :

ECP 05
COMPRESION



Referencia : MATERIALES COMPUEST
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : A Tecnico 1
 Norma : ISO 7743:2016
 Fecha : 16/04/2019
 Hora : 14:32:14
 Temperatura : 26,3
 H.R.% : 44,8
 Pedido : 180519771020190409



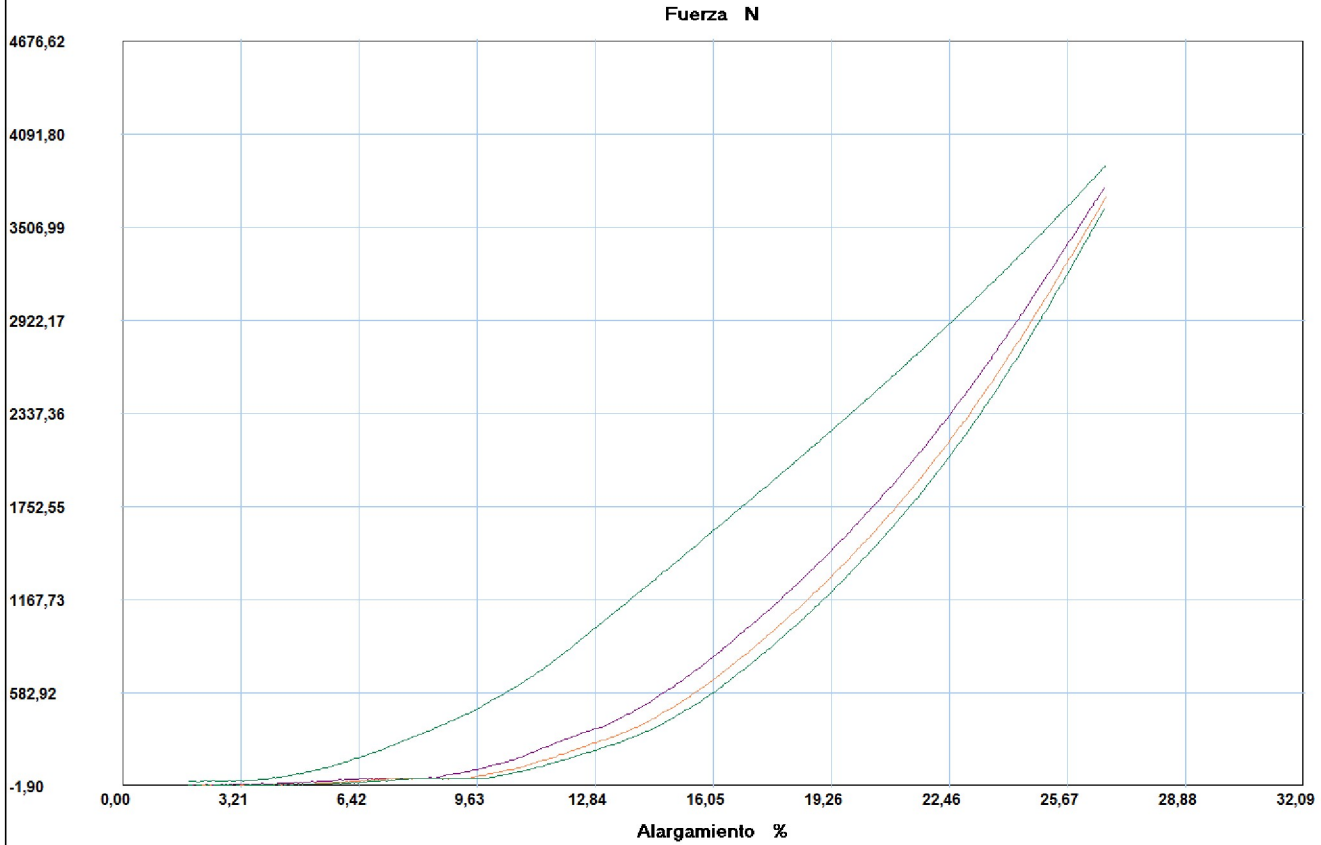
Probeta	FMax N	FYield N	CMax MPa	C.Yield MPa
5	3193,48	86,78	5,34	0,15
6	3097,23	29,98	5,18	0,05
7	2773,78	14,20	4,64	0,02
8	3196,64	18,93	5,34	0,03
Media	3065,282	37,473	5,123	0,063
Desv. Std	199,736	33,530	0,334	0,056
Coef. V.	0,065	0,895	0,065	0,895
+3 Sigma	3664,491	138,063	6,125	0,231

INFORME :
ENSAYO :

ECP 05
COMPRESION



Referencia : MATERIALES COMPUEST
Cliente :
Calidad :
Operario : A Tecnico 1
Norma : ISO 7743:2016
Fecha : 16/04/2019
Hora : 14:32:14
Temperatura : 26,3
H.R.% : 44,8
Pedido : 180519771020190409



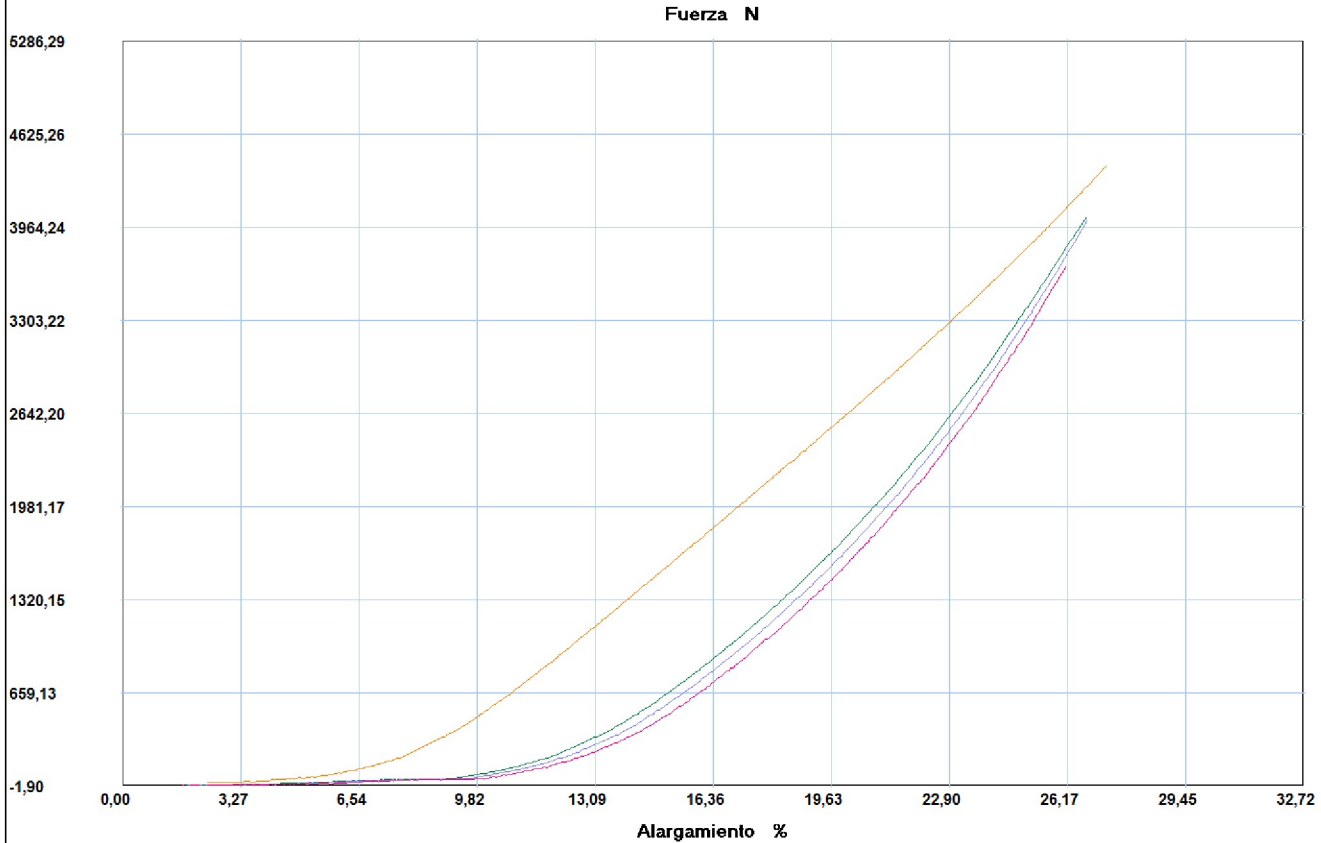
Probeta	FMax N	CMax MPa
9	3897,18	5,83
10	3761,49	5,62
11	3703,11	5,54
12	3630,53	5,43
Media	3748,078	5,605
Desv. Std	112,917	0,169
Coef. V.	0,030	0,030
+3 Sigma	4086,829	6,111

INFORME :
ENSAYO :

ECP 05
COMPRESION



Referencia : MATERIALES COMPUEST
Cliente :
Calidad :
Operario : A Tecnico 1
Norma : ISO 7743:2016
Fecha : 16/04/2019
Hora : 14:32:14
Temperatura : 26,3
H.R.% : 44,8
Pedido : 180519771020190409



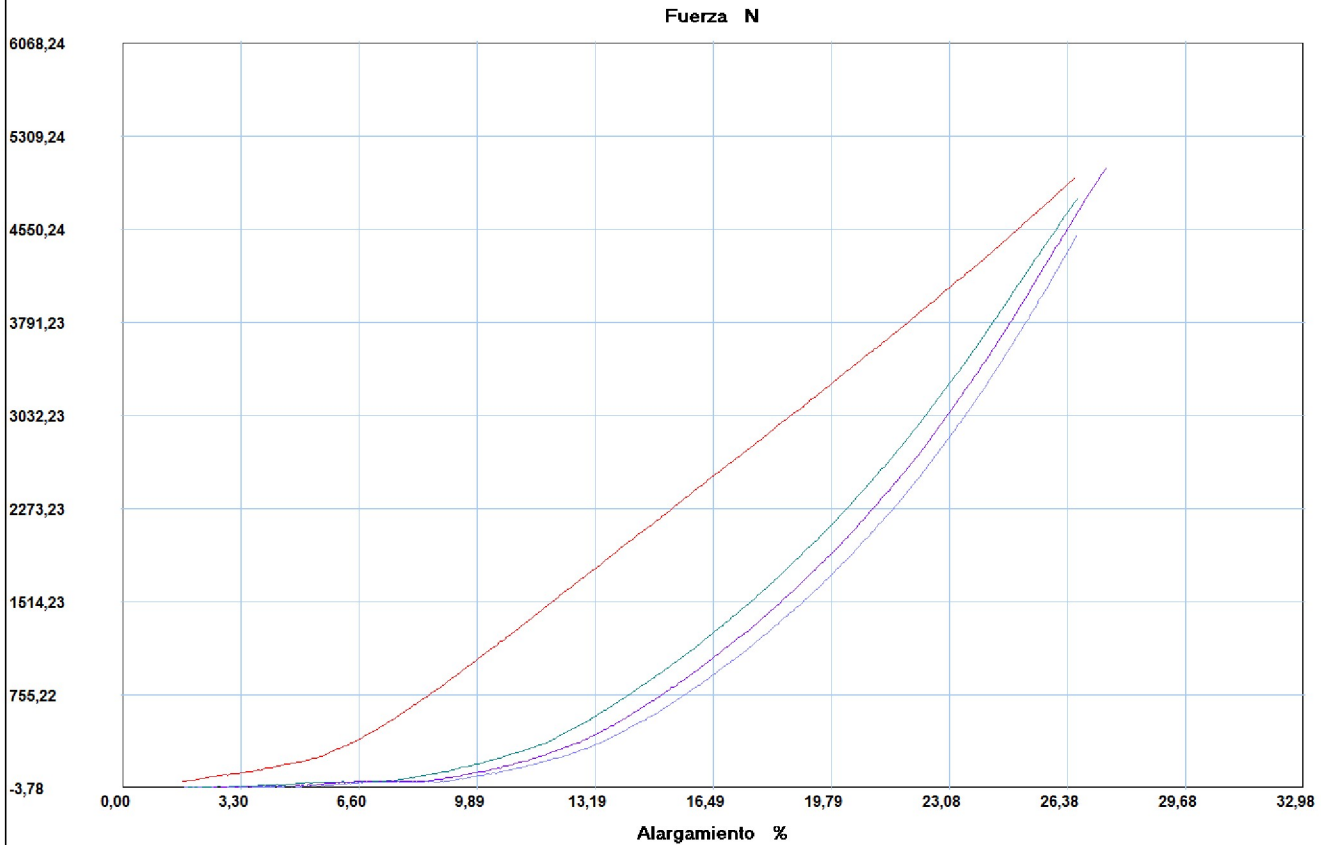
Probeta	FMax N	CMax MPa
13	4405,24	6,61
14	4040,76	6,07
15	4017,10	6,03
16	3690,49	5,54
Media	4038,398	6,064
Desv. Std	292,160	0,439
Coef. V.	0,072	0,072
+3 Sigma	4914,877	7,380

INFORME :
ENSAYO :

ECP 06
COMPRESION



Referencia : MATERIALES COMPUEST
Cliente :
Calidad :
Operario : A Tecnico 1
Norma : ISO 7743:2016
Fecha : 16/04/2019
Hora : 15:01:36
Temperatura : 26,2
H.R.% : 44,9
Pedido : 180519771020190409



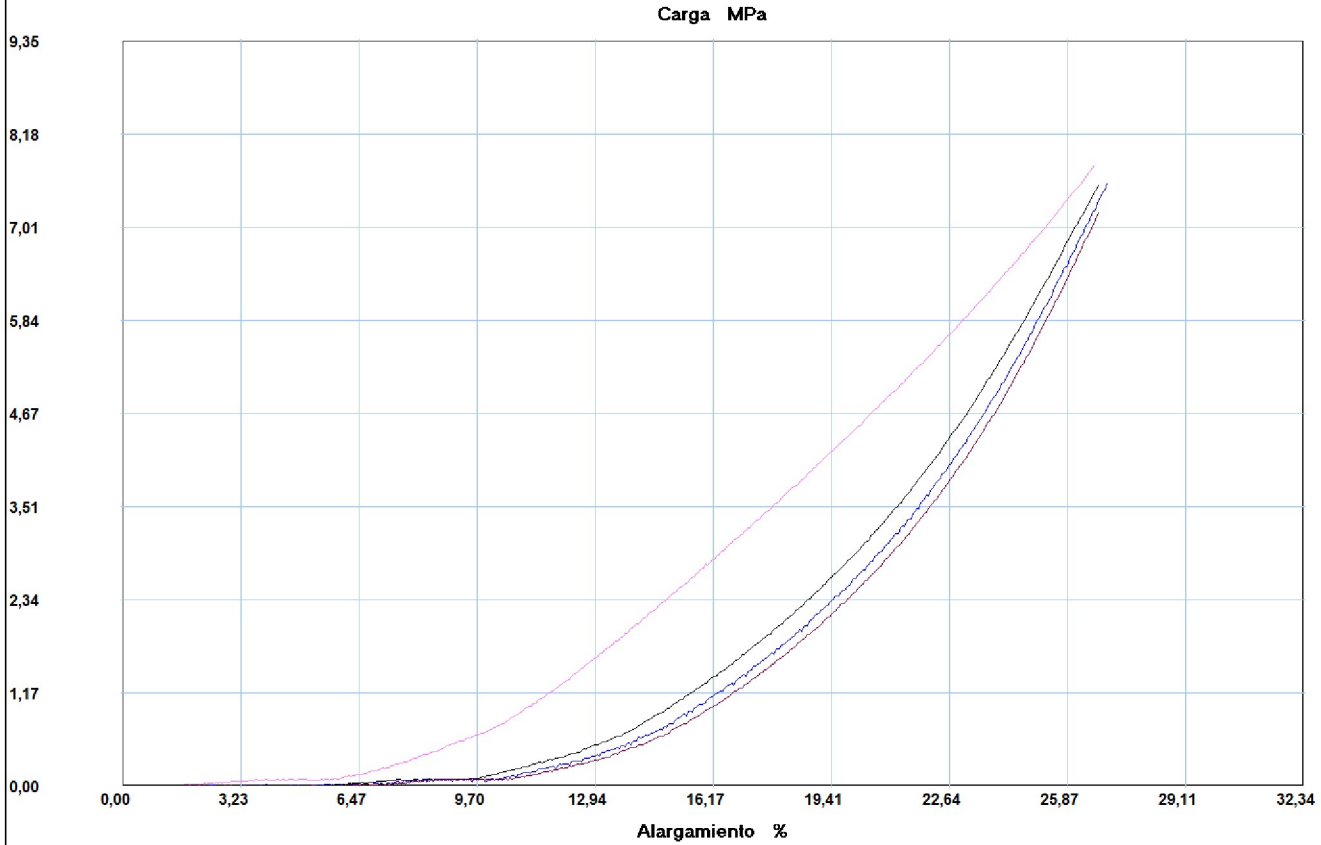
Probeta	FMax N	CMax MPa
■ 1	4973,25	7,82
■ 2	4812,31	7,57
■ 3	5056,87	7,95
■ 4	4504,64	7,09
Media	4836,767	7,609
Desv. Std	243,570	0,383
Coef. V.	0,050	0,050
+3 Sigma	5567,478	8,758

INFORME :
ENSAYO :

ECP 06
COMPRESION



Referencia : MATERIALES COMPUEST
Cliente :
Calidad :
Operario : A Tecnico 1
Norma : ISO 7743:2016
Fecha : 16/04/2019
Hora : 15:01:36
Temperatura : 26,2
H.R.% : 44,9
Pedido : 180519771020190409



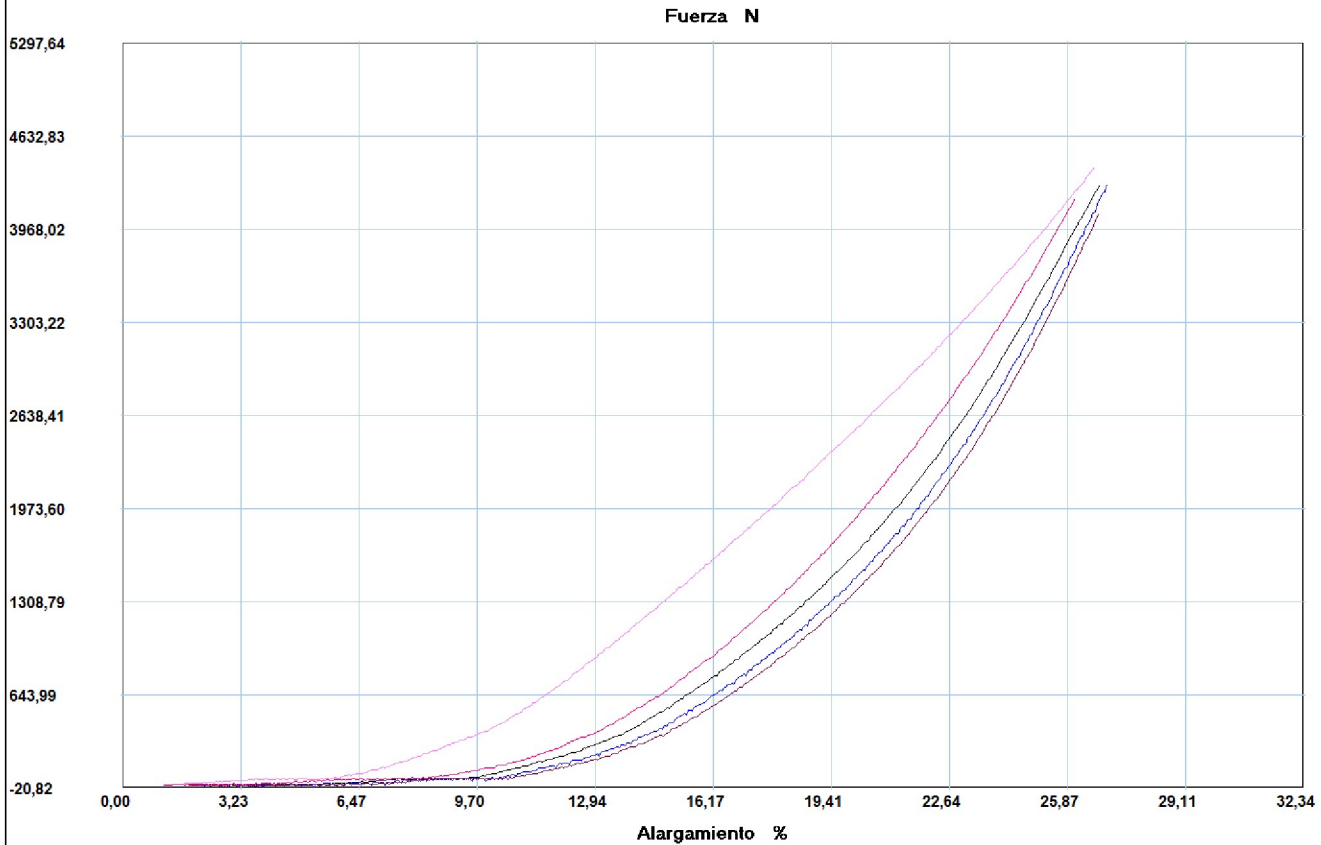
Probeta	FMax N	FYield N	CMax MPa	C.Yield MPa
5	4414,70	45,76	7,79	0,08
6	4283,75	7,89	7,56	0,01
7	4288,48	11,04	7,57	0,02
8	4081,79	9,47	7,20	0,02
Media	4267,180	18,540	7,531	0,033
Desv. Std	137,671	18,192	0,243	0,032
Coef. V.	0,032	0,981	0,032	0,981
+3 Sigma	4680,193	73,117	8,260	0,129

INFORME :
ENSAYO :

ECP 06
COMPRESION



Referencia : MATERIALES COMPUEST
Cliente :
Calidad :
Operario : A Tecnico 1
Norma : ISO 7743:2016
Fecha : 16/04/2019
Hora : 15:01:36
Temperatura : 26,2
H.R.% : 44,9
Pedido : 180519771020190409



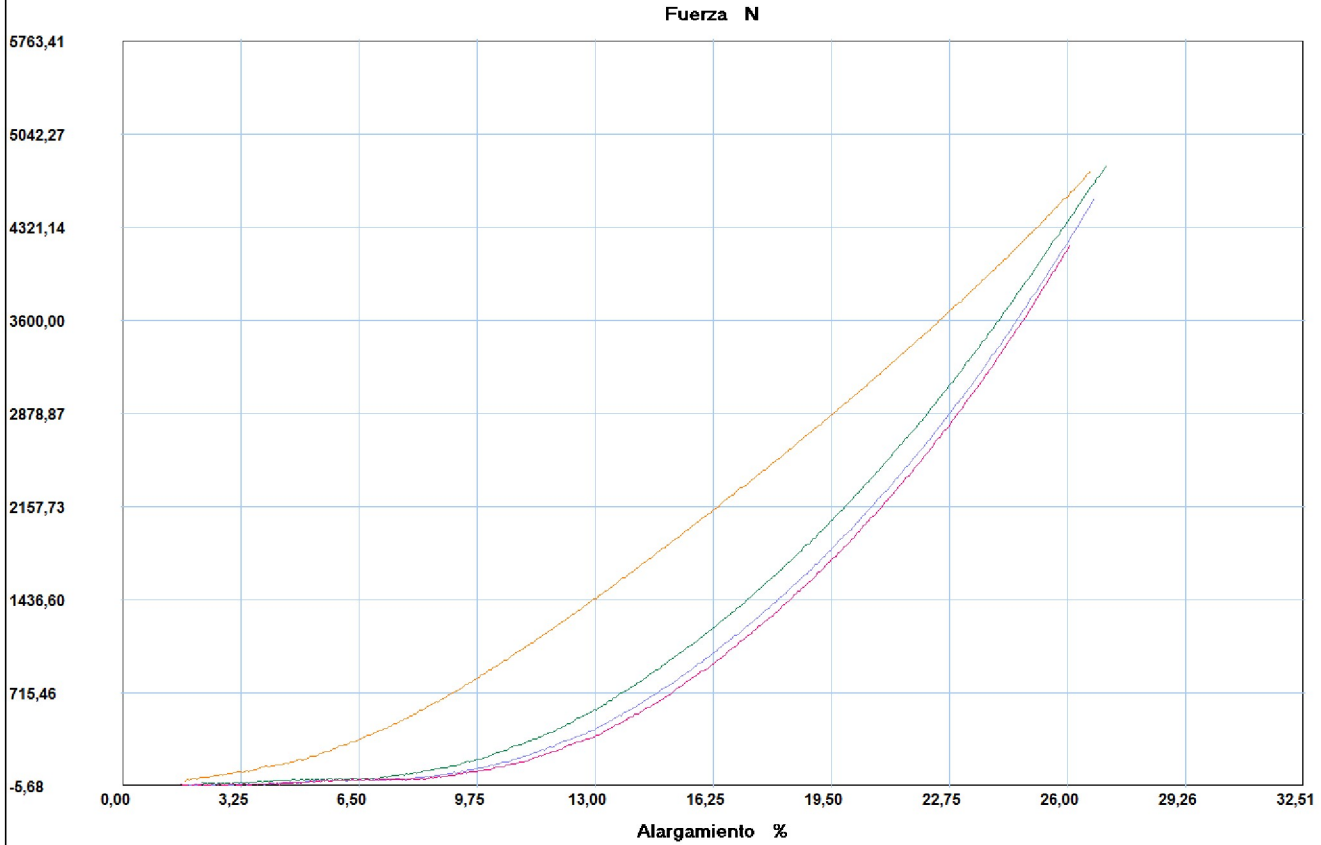
Probeta	FMax N	CMax MPa
5	4414,70	7,79
6	4283,75	7,56
7	4288,48	7,57
8	4081,79	7,20
16	4187,50	6,30
Media	4251,244	7,284
Desv. Std	124,438	0,591
Coef. V.	0,029	0,081
+3 Sigma	4624,557	9,056

INFORME :
ENSAYO :

ECP 06
COMPRESION



Referencia : MATERIALES COMPUEST
Cliente :
Calidad :
Operario : A Tecnico 1
Norma : ISO 7743:2016
Fecha : 16/04/2019
Hora : 15:01:36
Temperatura : 26,2
H.R.% : 44,9
Pedido : 180519771020190409



Probeta	FMax N	CMax MPa
13	4758,67	7,16
14	4802,84	7,22
15	4540,93	6,83
16	4187,50	6,30
Media	4572,485	6,875
Desv. Std	281,032	0,423
Coef. V.	0,061	0,061
+3 Sigma	5415,582	8,143

ANEXO 6: Informe técnico de ensayo de dureza


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
Laboratorio – Ingeniería Mecánica

ENSAYO DUREZA IRHD

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	De laboratorio	ORDEN N°:	40
Identificación del componente de estudio:	MATERIAL COMPUESTO		
Solicitado por:	Álvaro Machado	Fecha:	08/04/2019
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de Metalografía - FICM		

PARÁMETROS

Equipo:	Durómetro Shore D		
	Temperatura Ambiente:	Dureza:	Iluminación:
	17.00 °C	SHORE-D	Luz Natural

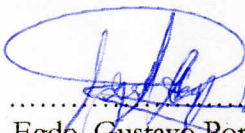
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALGRÁFICO

Acondicionamiento de la superficie:	N/A		
Temperatura durante el pulido:	24 °C	Superficie preparada en:	Moldeo


NÚMERO DE ENSAYO	PROBETA 1 (80-20) 1 cm		PROBETA 2 (80-20) 2 cm		PROBETA 5 (70-30) 1 cm		PROBETA 6 (70-30) 2 cm	
	DUREZA D	IRHD	DUREZA D	IRHD	DUREZA D	IRHD	DUREZA D	IRHD
1	51.5	70.1	51.5	70.1	48.5	71.9	43	75.2
2	48.5	71.9	43	75.2	51.5	70.1	37.5	78.55
3	54.5	68.45	48.5	71.9	36.5	79.2	54.5	68.45
4	37.5	78.55	45.5	73.6	49.5	71.3	41.5	76.1
5	51.5	70.1	46	73.3	46.5	73	42	75.8
PROMEDIO	48.7	72 °SN	46.9	73° SN	46.5	73° SN	43.7	75° SN
DESV ESTAND	6.61	3.96	3.23	1.92	5.87	3.57	6.39	3.78

RESULTADO:

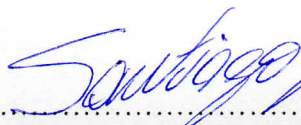
NÚMERO DE ENSAYO	PROBETA 3 (55-45) 1 cm		PROBETA 4 (55-45) 2 cm	
	DUREZA D	IRHD	DUREZA D	IRHD
1	32.5	81.85	35	80.2
2	46.5	73	34.5	80.55
3	37.5	78.55	31.5	82.55
4	34.5	80.55	42	75.8
5	45	73.9	36	79.5
PROMEDIO	39.2	78° SN	35.8	80° SN
DESV ESTAND	6.26	3.95	3.85	2.47



.....
Egdo. Gustavo Pomaquero
TÉCNICO LABORATORISTA U.T.A.

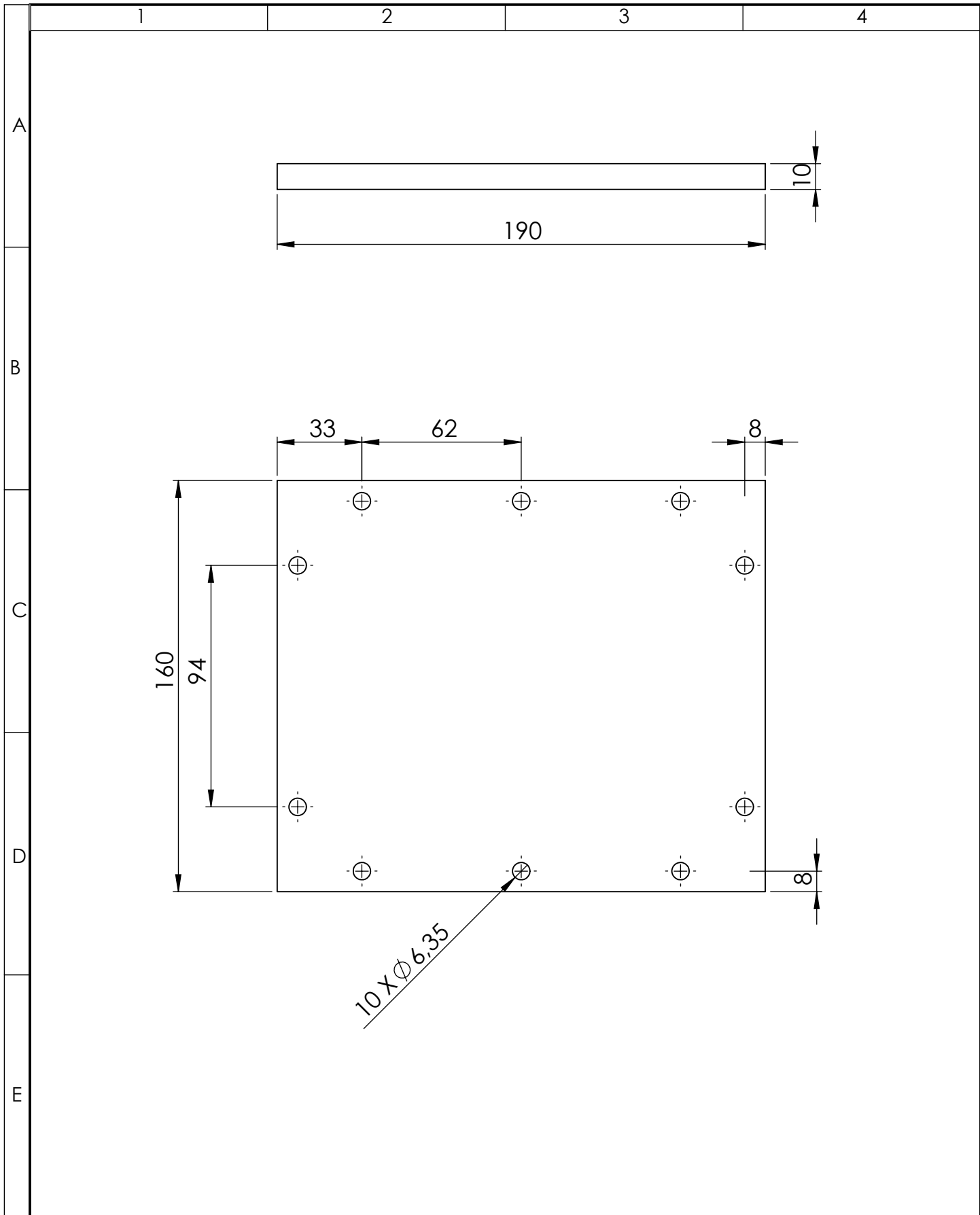
.....
Ing. Sebastián Villegas
TÉCNICO DE LABORATORIO U.T.A.

.....
Ing. Santiago Medina
COORDINADOR DE CTT

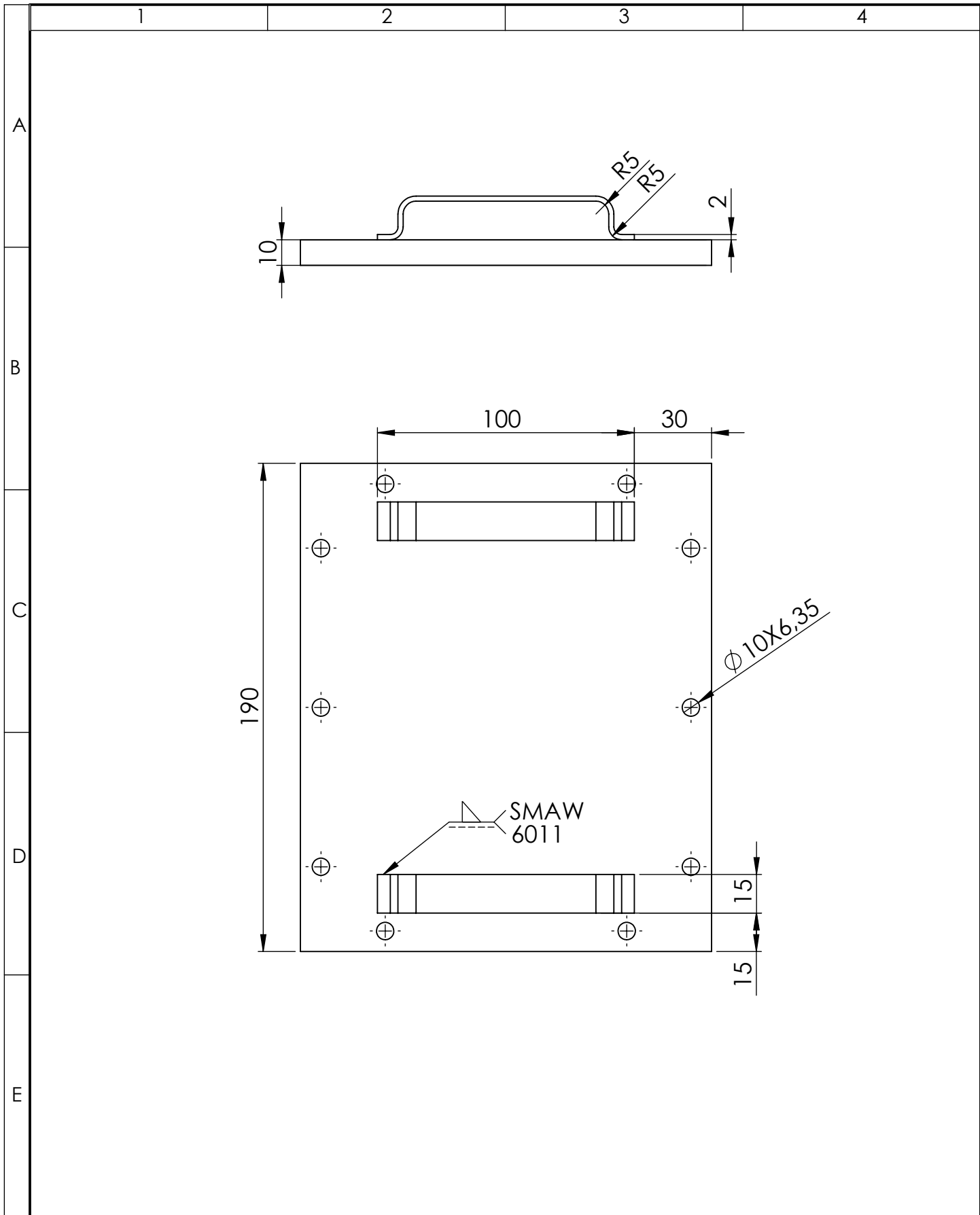


ANEXO 7: Planos

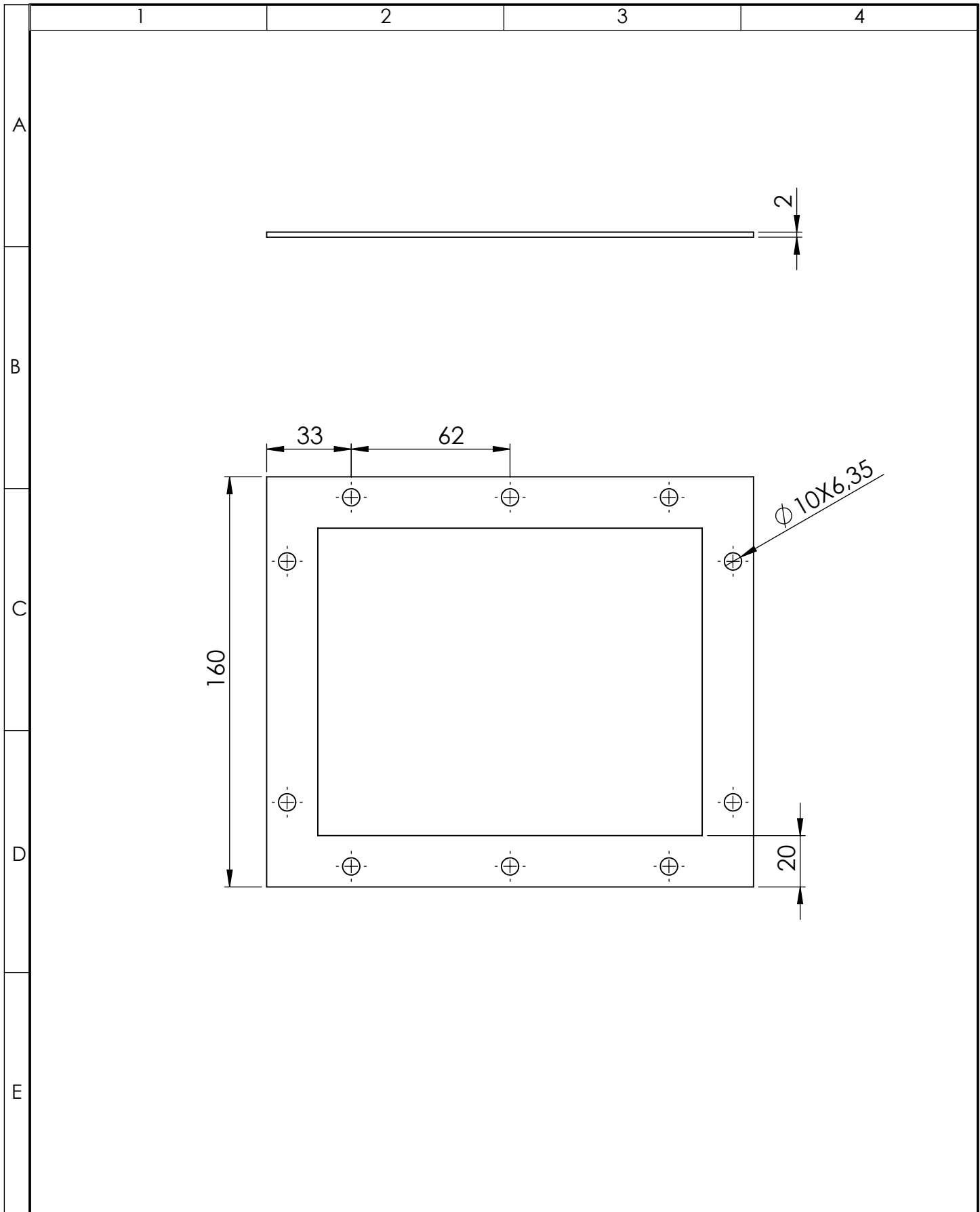


10 x Ø 6.35

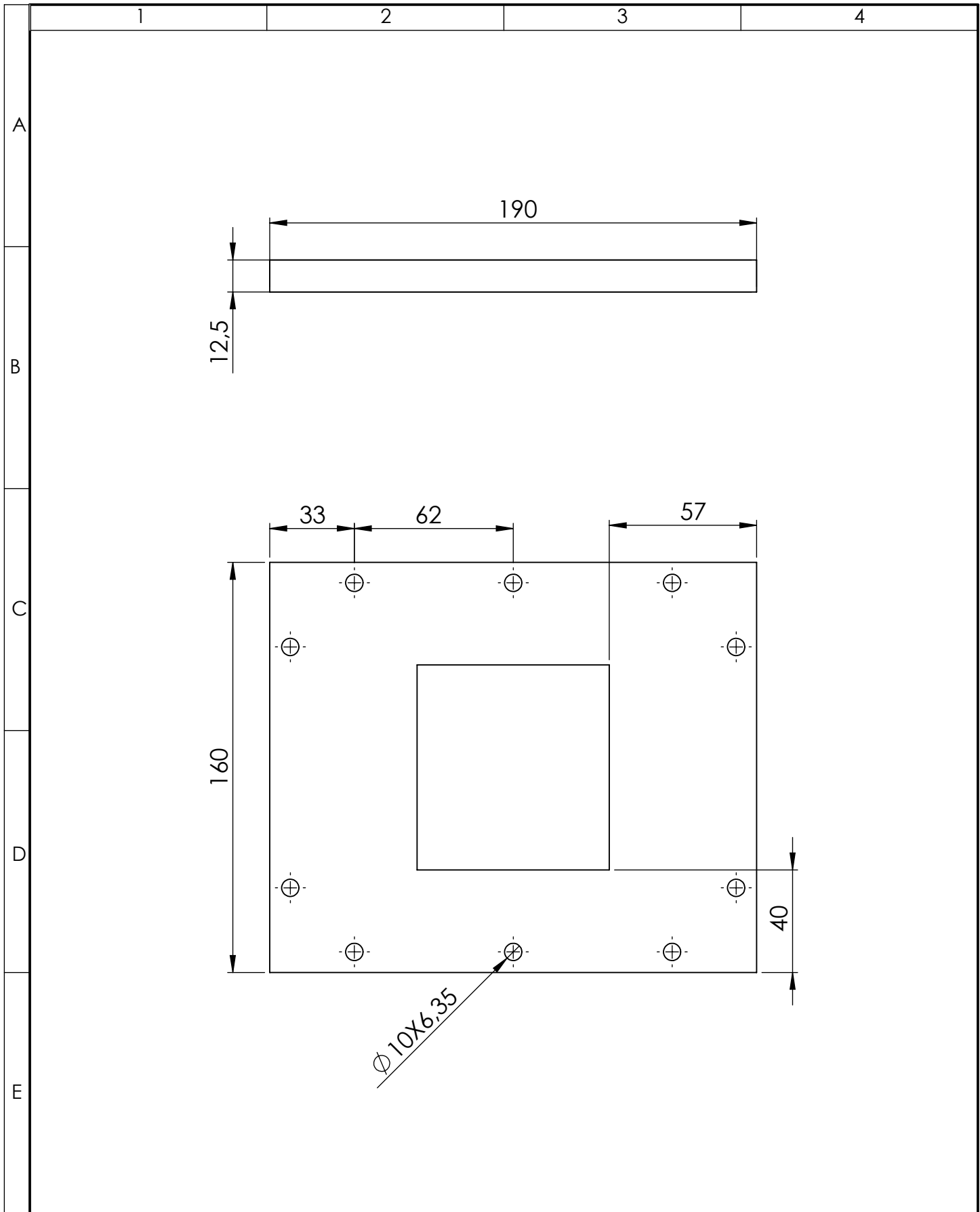
				TOLERANCIA: ±1	PESO: 2358.23 gr	MATERIAL: ASTM A36 Acero	
						TÍTULO: PLACA BASE	ESCALA: 1:2
				DIBUJO: 22/06/2019	ALVARO MACHADO		
				REVISO: 24/06/2019	ING. JUAN PAREDES		
				APROBO: 24/06/2019	ING. JUAN PAREDES		
				U.T.A. INGENIERIA MECANICA		N.º DE LAMINA HOJA 1 DE 18	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	



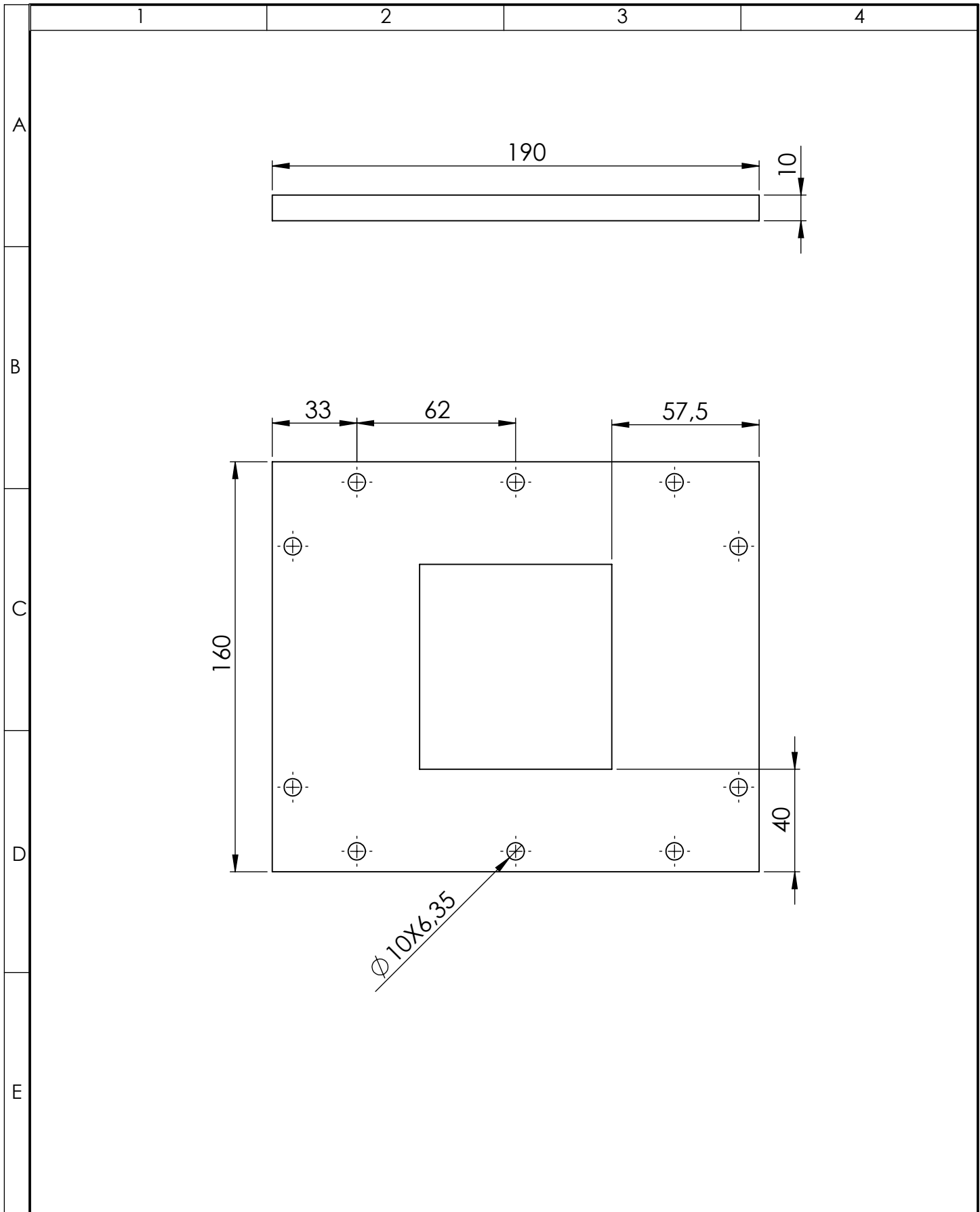
				TOLERANCIA: ±1	PESO: 2415.44 gr	MATERIAL: ASTM A36 Acero	
						TÍTULO: TAPA	ESCALA: 1:2
				FECHA	NOMBRE		
				DIBUJO: 22/06/2019	ALVARO MACHADO		
				REVISO: 24/06/2019	ING. JUAN PAREDES		
				APROBO: 24/06/2019	ING. JUAN PAREDES		
				U.T.A. INGENIERIA MECANICA		N.º DE LAMINA HOJA 2 DE 18	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	



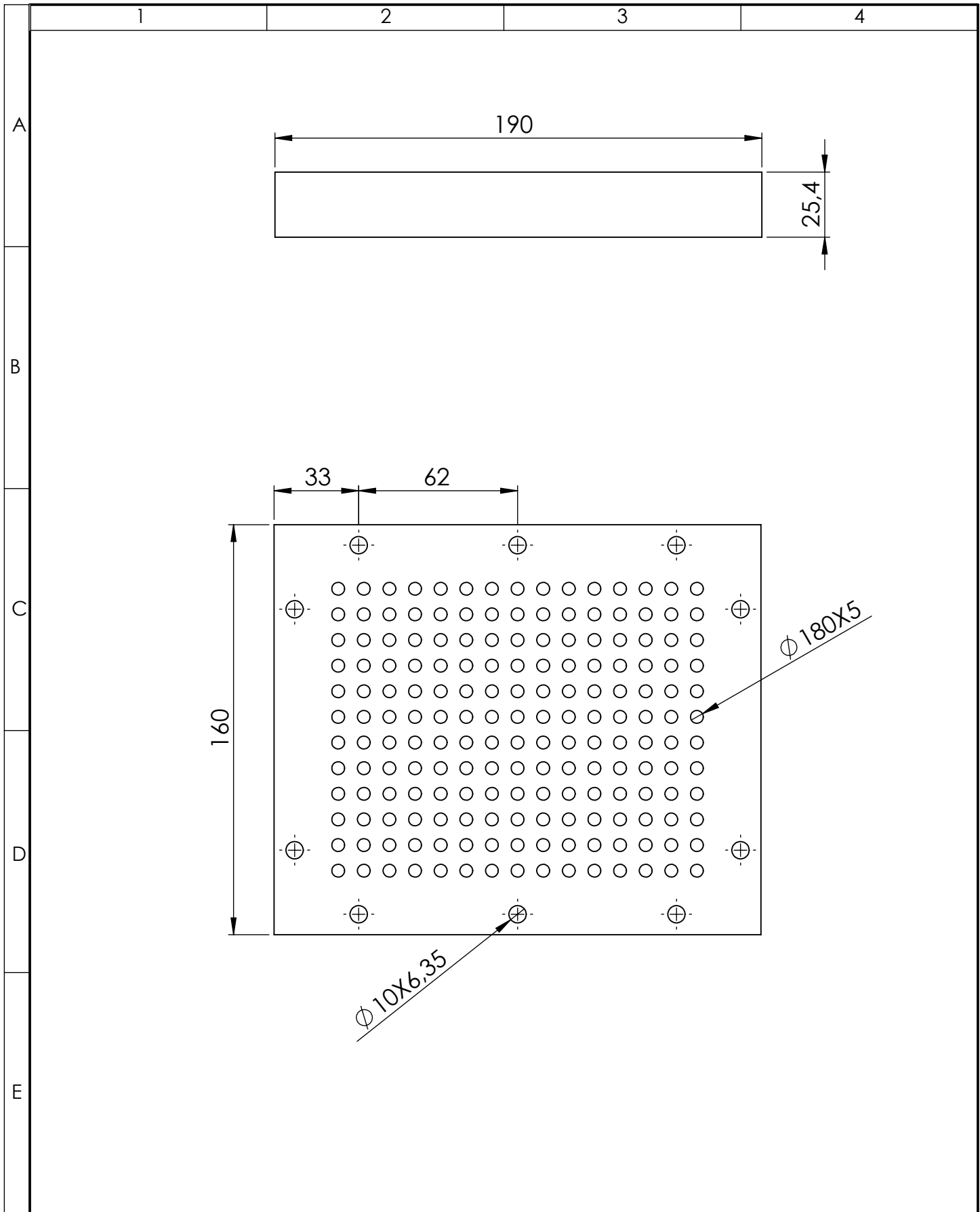
				TOLERANCIA: ± 1	PESO: 189.05 gr	MATERIAL: ASTM A36 Acero	
						TÍTULO: MARCO - TRACCIÓN	ESCALA: 1:2
				DIBUJO: 22/06/2019	ALVARO MACHADO		
				REVISO: 24/06/2019	ING. JUAN PAREDES		
				APROBO: 24/06/2019	ING. JUAN PAREDES		
				U.T.A.		N.º DE LAMINA	REGISTRO:
						INGENIERIA MECANICA	
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	



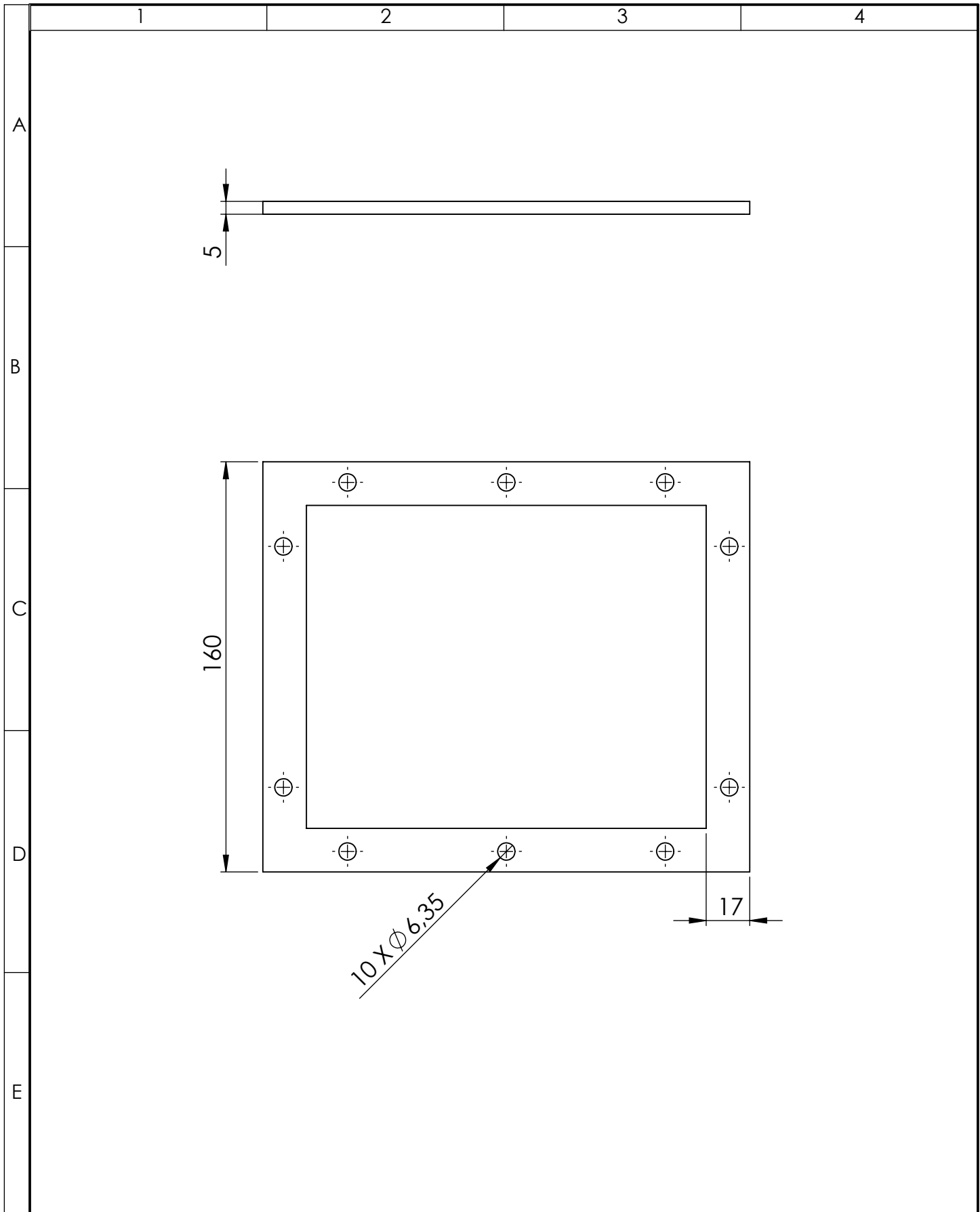
				TOLERANCIA: ±1	PESO: 2359.07 gr	MATERIAL: ASTM A36 Acero	
						TÍTULO: MARCO - COMPRESIÓN	ESCALA: 1:2
				DIBUJO: 22/06/2019	ALVARO MACHADO		
				REVISO: 24/06/2019	ING. JUAN PAREDES		
				APROBO: 24/06/2019	ING. JUAN PAREDES		
				U.T.A. INGENIERIA MECANICA		N.º DE LAMINA HOJA 4 DE 18	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	



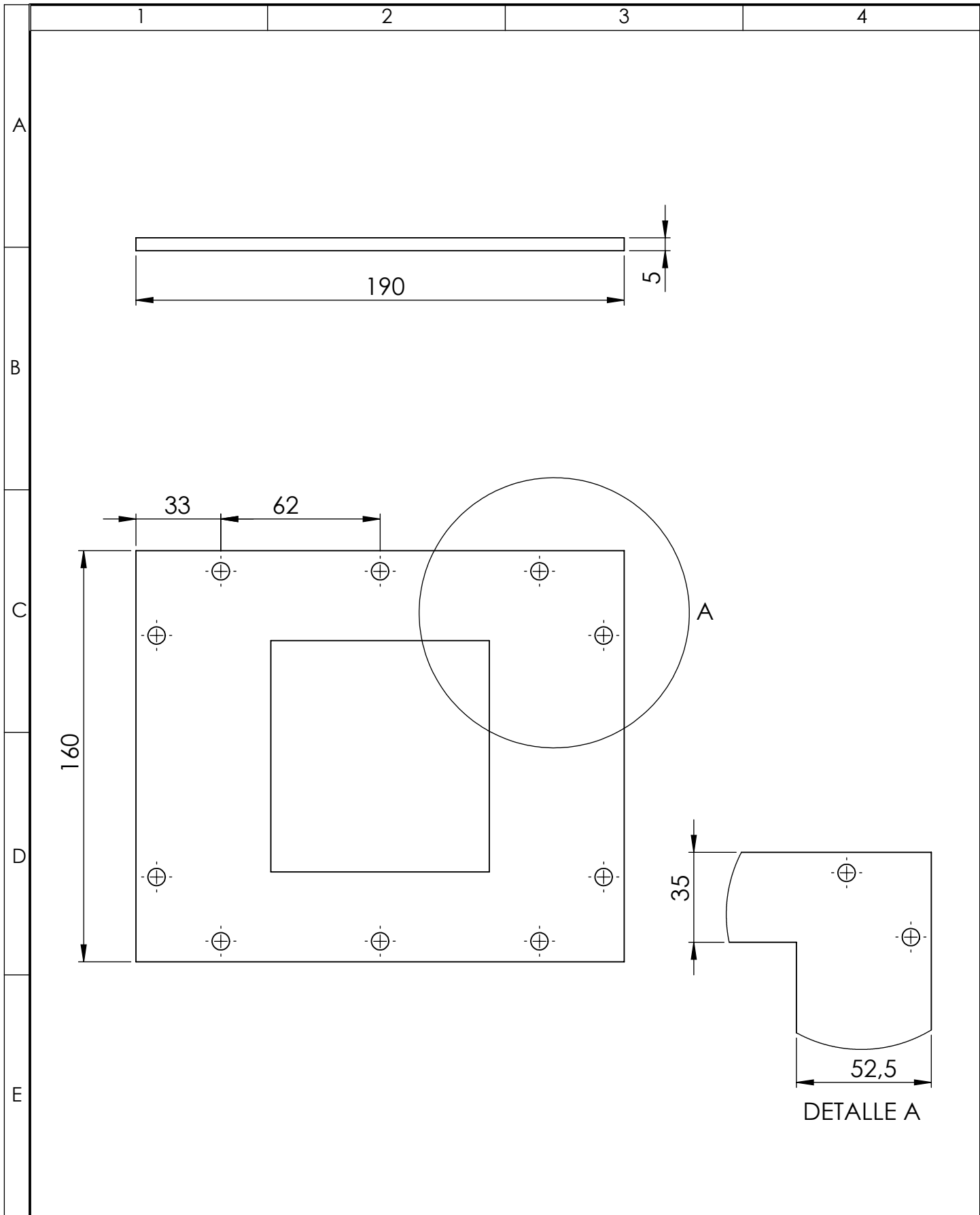
				TOLERANCIA: ±1	PESO: 1887.26 gr	MATERIAL: ASTM A36 Acero	
						TÍTULO: MARCO - DUREZA	ESCALA: 1:2
				FECHA	NOMBRE		
				DIBUJO: 22/06/2019	ALVARO MACHADO		
				REVISO: 24/06/2019	ING. JUAN PAREDES		
				APROBO: 24/06/2019	ING. JUAN PAREDES		
				U.T.A.		N.º DE LAMINA	REGISTRO:
						INGENIERIA MECANICA	
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	



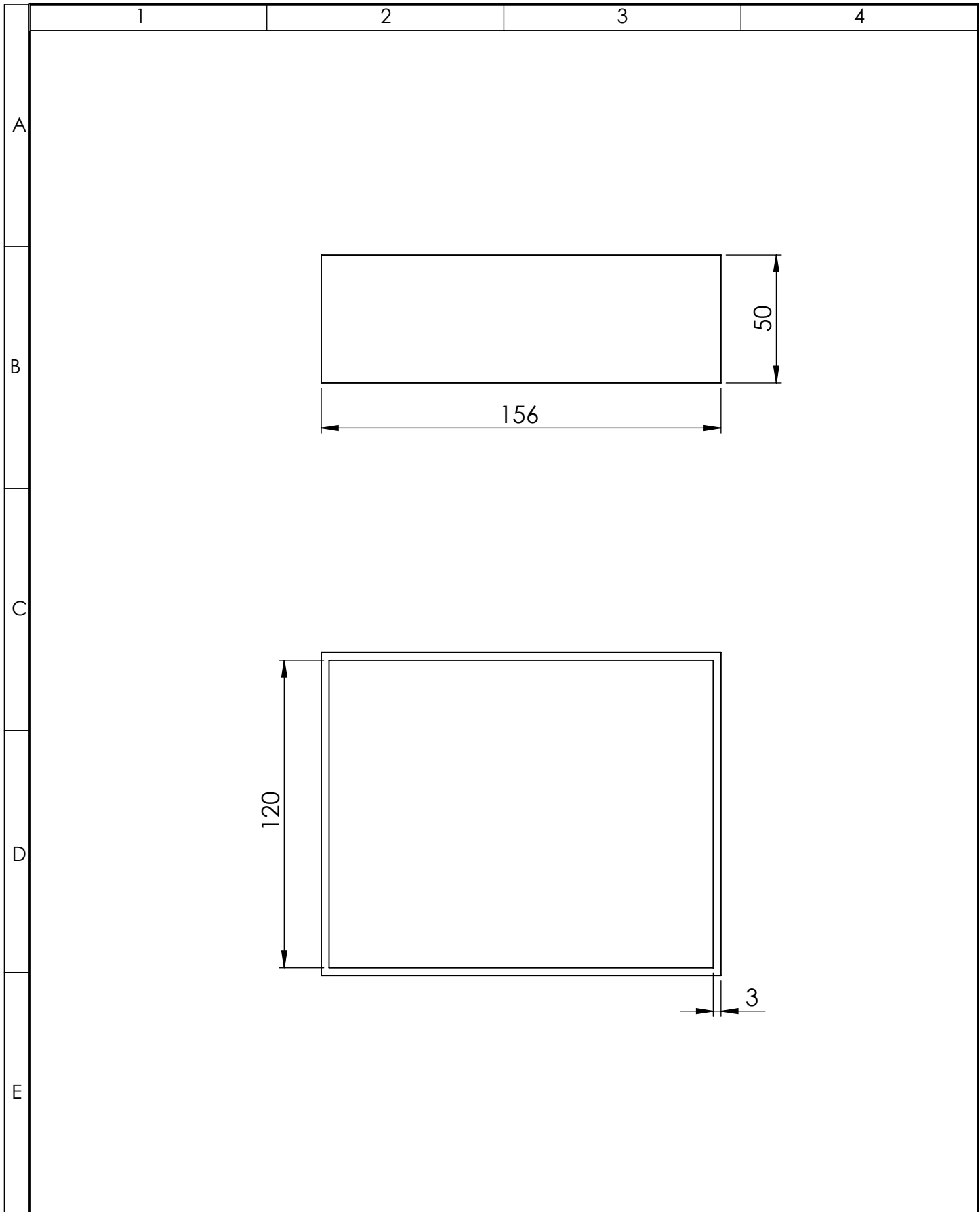
				TOLERANCIA: ± 1	PESO: 5285.27 gr	MATERIAL: ASTM A36 Acero		
						TÍTULO: BASE DE DESFOGUE	ESCALA: 1:2	
				DIBUJO: 22/06/2018	ALVARO MACHADO		N.º DE LAMINA HOJA 6 DE 18	REGISTRO:
				REVISO: 24/06/2019	ING. JUAN PAREDES			
				APROBO: 24/06/2019	ING. JUAN PAREDES			
				U.T.A.				
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	INGENIERIA MECANICA		SUSTITUCION:		



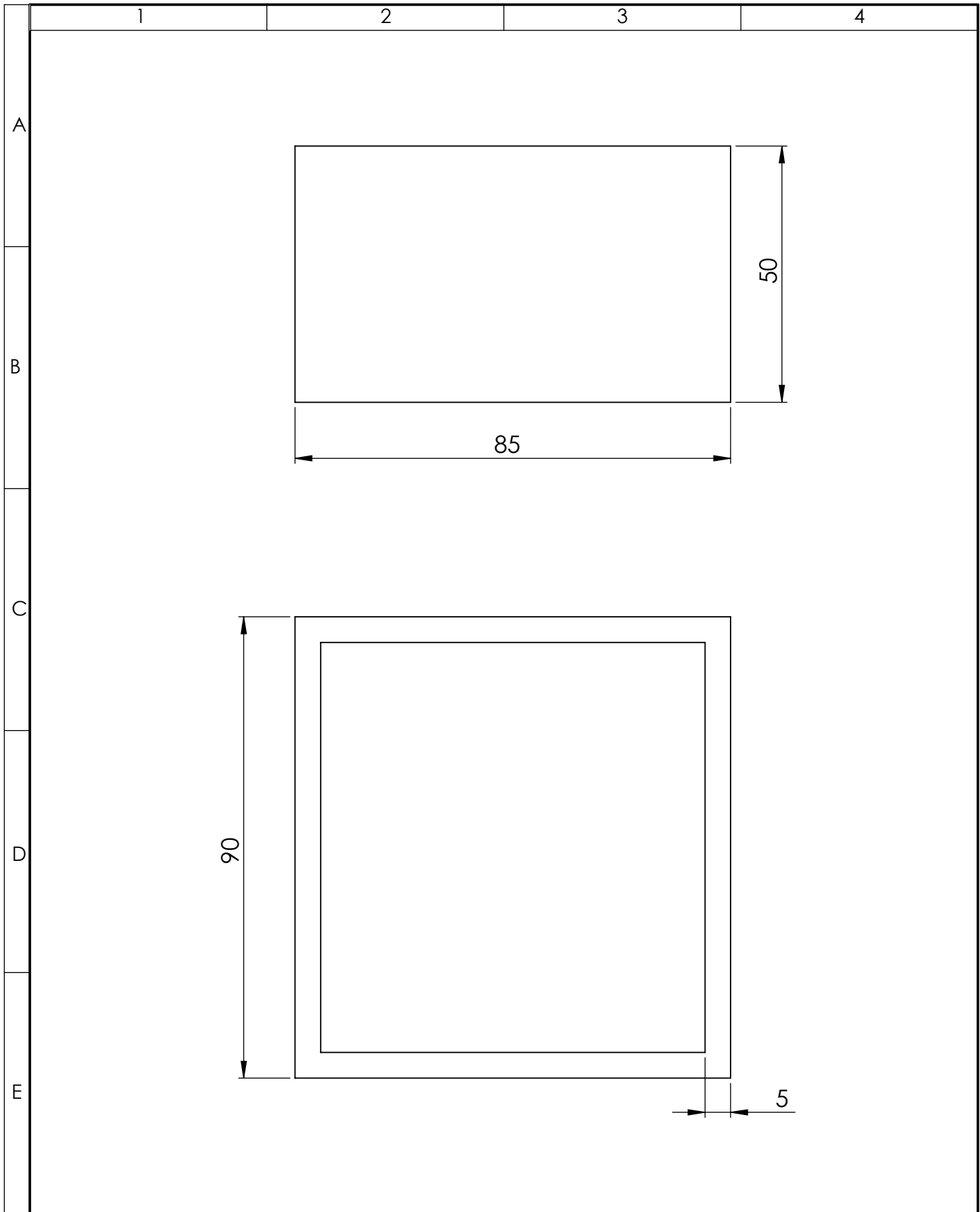
				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				±1	407.63 gr	ASTM A36 Acero	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	ESCALA:
				DIBUJO: 22/06/2019	ALVARO MACHADO	SUJECCIÓN DE LA GUIA A TRACCIÓN	1:2
				REVISO: 24/06/2019	ING. JUAN PAREDES		
				APROBO: 24/06/2019	ING. JUAN PAREDES		
				U.T.A. INGENIERIA MECANICA		N.º DE LAMINA	REGISTRO:
						HOJA 7 DE 18	
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCION:			



				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				±1	878.87 gr	ASTM A36 Acero	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	ESCALA:
				DIBUJO: 22/06/2019	ALVARO MACHADO	SUJECIÓN DE LA GUIA A COMPRESIÓN Y DUREZA	1:2
				REVISO: 24/06/2019	ING. JUAN PAREDES		
				APROBO: 24/06/2019	ING. JUAN PAREDES		
				U.T.A. INGENIERIA MECANICA		N.º DE LAMINA	REGISTRO:
						HOJA 8 DE 18	
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCION:			



				TOLERANCIA: ±1	PESO: 649.98 gr	MATERIAL: ASTM A36 Acero	
						TÍTULO: GUIA - TRACCIÓN	ESCALA: 1:2
				DIBUJO: 22/06/2019	ALVARO MACHADO		
				REVISO: 24/06/2019	ING. JUAN PAREDES		
				APROBO: 24/06/2019	ING. JUAN PAREDES		
				U.T.A.		N.º DE LAMINA HOJA 9 DE 18	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	INGENIERIA MECANICA		SUSTITUCION:	



				TOLERANCIA: ± 1	PESO: 647.63 gr	MATERIAL: ASTM A36 Acero	
						TÍTULO: GUIA - COMPRESIÓN Y DUREZA	ESCALA: 1:1
				DIBUJO: 22/09/2019	ALVARO MACHADO		
				REVISO: 24/06/2019	ING. JUAN PAREDES		
				APROBO: 24/06/2019	ING. JUAN PAREDES		
				U.T.A. INGENIERIA MECANICA		N.º DE LAMINA HOJA 10 DE 18	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	

1

2

3

4

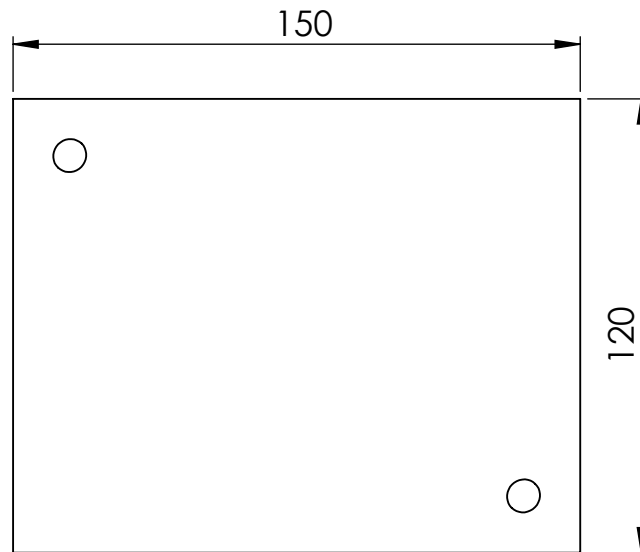
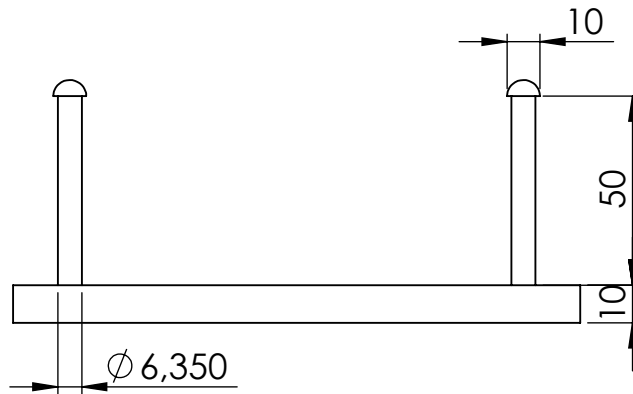
A

B

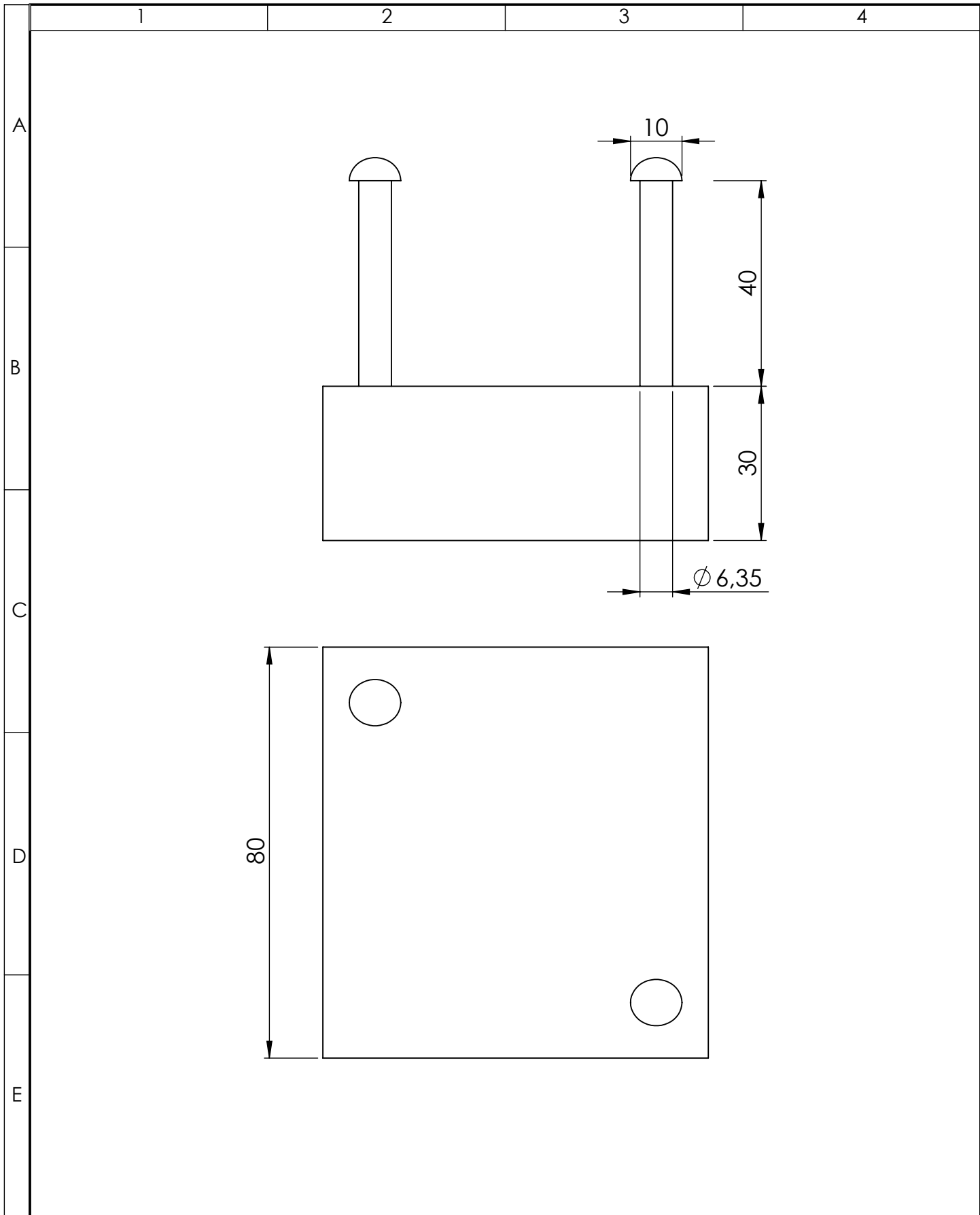
C

D

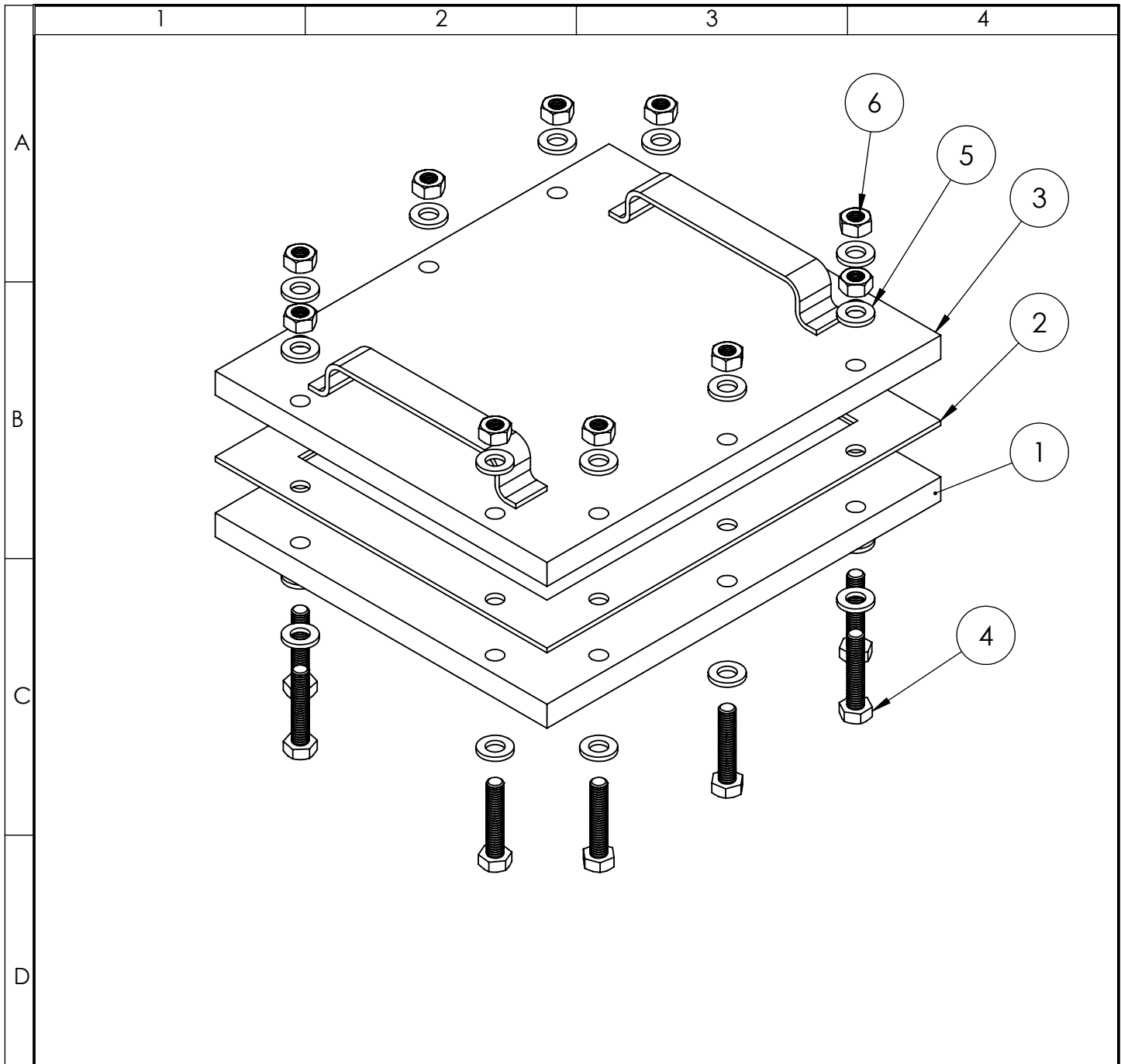
E



				TOLERANCIA: ± 1	PESO: 1440.53 gr	MATERIAL: ASTM A36 Acero	
					FECHA	NOMBRE	TÍTULO:
				DIBUJO:	22/09/2019	ALVARO MACHADO	COMPACTADOR DE TRACCIÓN
				REVISO:	24/06/2019	ING. JUAN PAREDES	
				APROBO:	24/06/2019	ING. JUAN PAREDES	
				U.T.A.		N.º DE LAMINA	ESCALA:
				INGENIERIA MECANICA		HOJA 11 DE 18	1:2
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	REGISTRO:

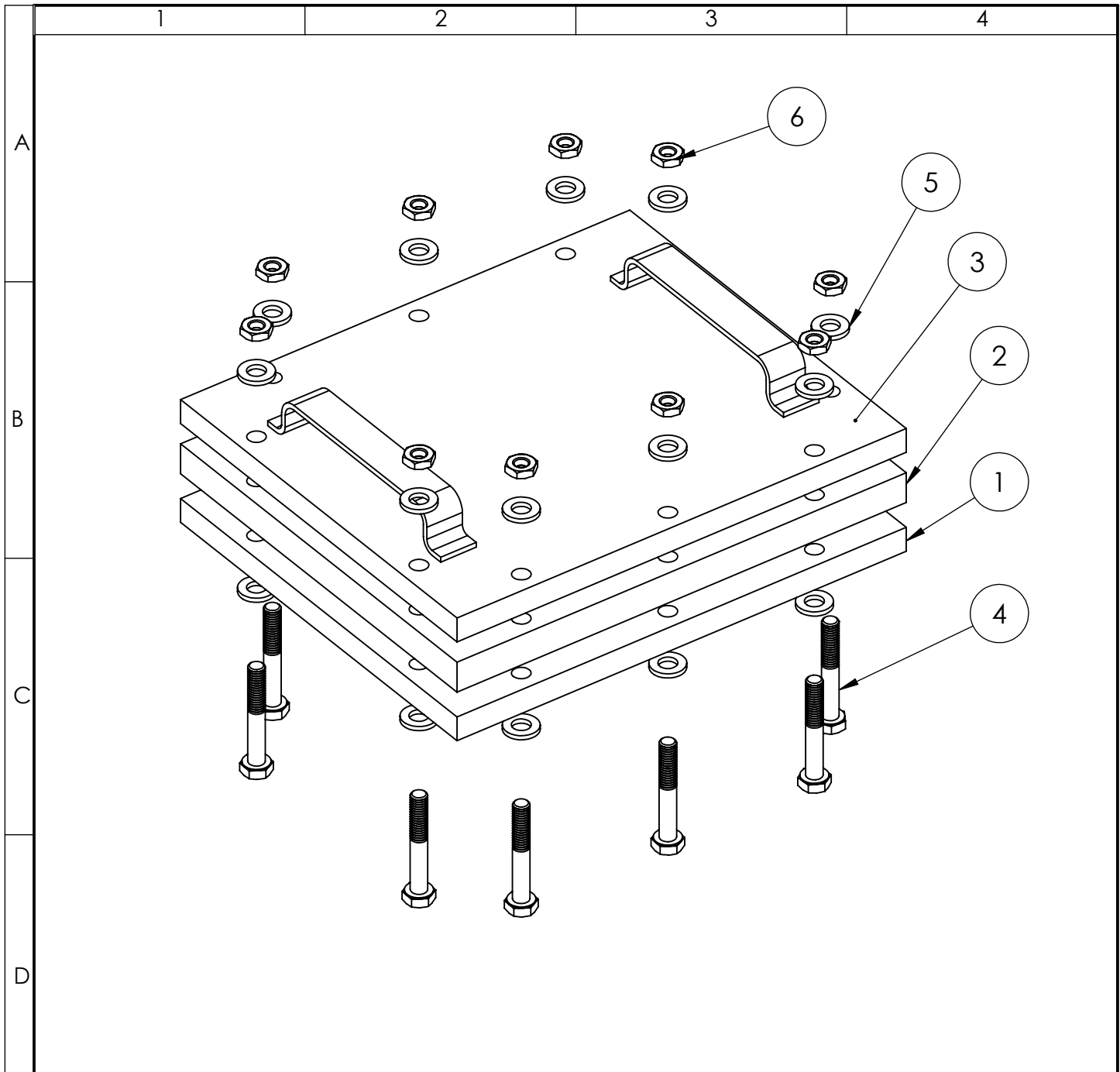


				TOLERANCIA: ±1	PESO: 1436.22 gr	MATERIAL: ASTM A36 Acero	
						TÍTULO: COMPACTADOR DE COMPRESIÓN Y DUREZA	ESCALA: 1:1
				DIBUJO: 22/06/2019	ALVARO MACHADO		
				REVISO: 24/06/2019	ING. JUAN PAREDES		
				APROBO: 24/06/2019	ING. JUAN PAREDES		
				U.T.A. INGENIERIA MECANICA		N.º DE LAMINA HOJA 12 DE 18	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	



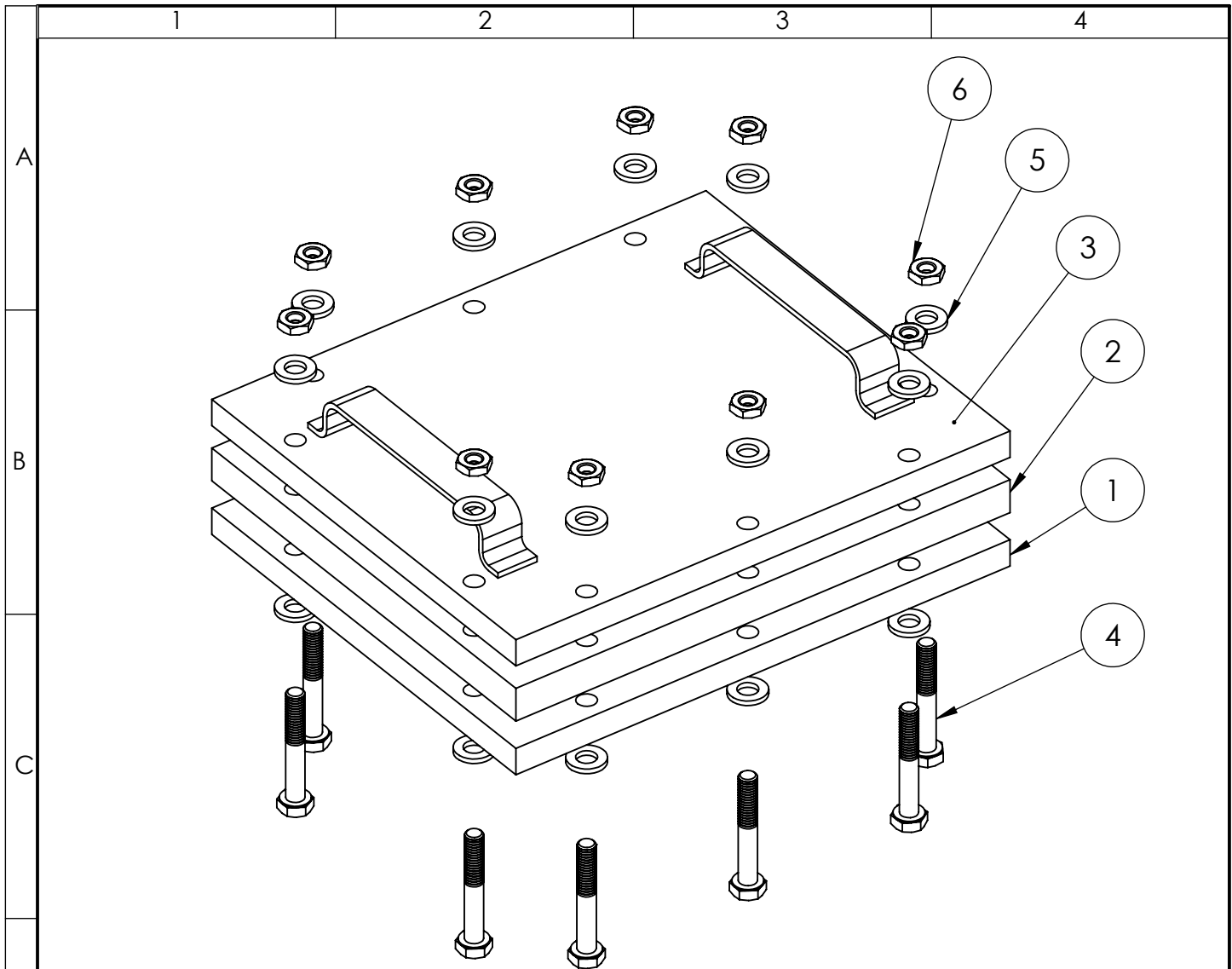
N.º	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	CANTIDAD
1	BASE	ASTM A36 ACERO	1
2	MARCO DE TRACCIÓN	ASTM A36 ACERO	1
3	TAPA SUPERIOR	ASTM A36 ACERO	1
4	PERNOS HEXAGONALES	ASTM A36 ACERO	10
5	ARANDELA	ASTM A36 ACERO	20
6	TUERCA HEXAGONAL	ASTM A36 ACERO	10

				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				±1	4980.51gr	ASTM A36 Acero	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	ESCALA:
				DIBUJO: 22/06/2019	ALVARO MACHADO	MOLDE CERRADO A TRACCION	1:2
				REVISO: 24/06/2019	ING. JUAN PAREDES		
				APROBO: 24/06/2019	ING. JUAN PAREDES		
				U.T.A. INGENIERIA MECANICA		N.º DE LAMINA	REGISTRO:
						HOJA 13 DE 18	
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCION:			



N.º	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	CANTIDAD
1	BASE	ASTM A36 ACERO	1
2	MARCO DE COMPRESIÓN	ASTM A36 ACERO	1
3	TAPA SUPERIOR	ASTM A36 ACERO	1
4	PERNOS HEXAGONALES	ASTM A36 ACERO	10
5	ARANDELA	ASTM A36 ACERO	20
6	TUERCA HEXAGONAL	ASTM A36 ACERO	10

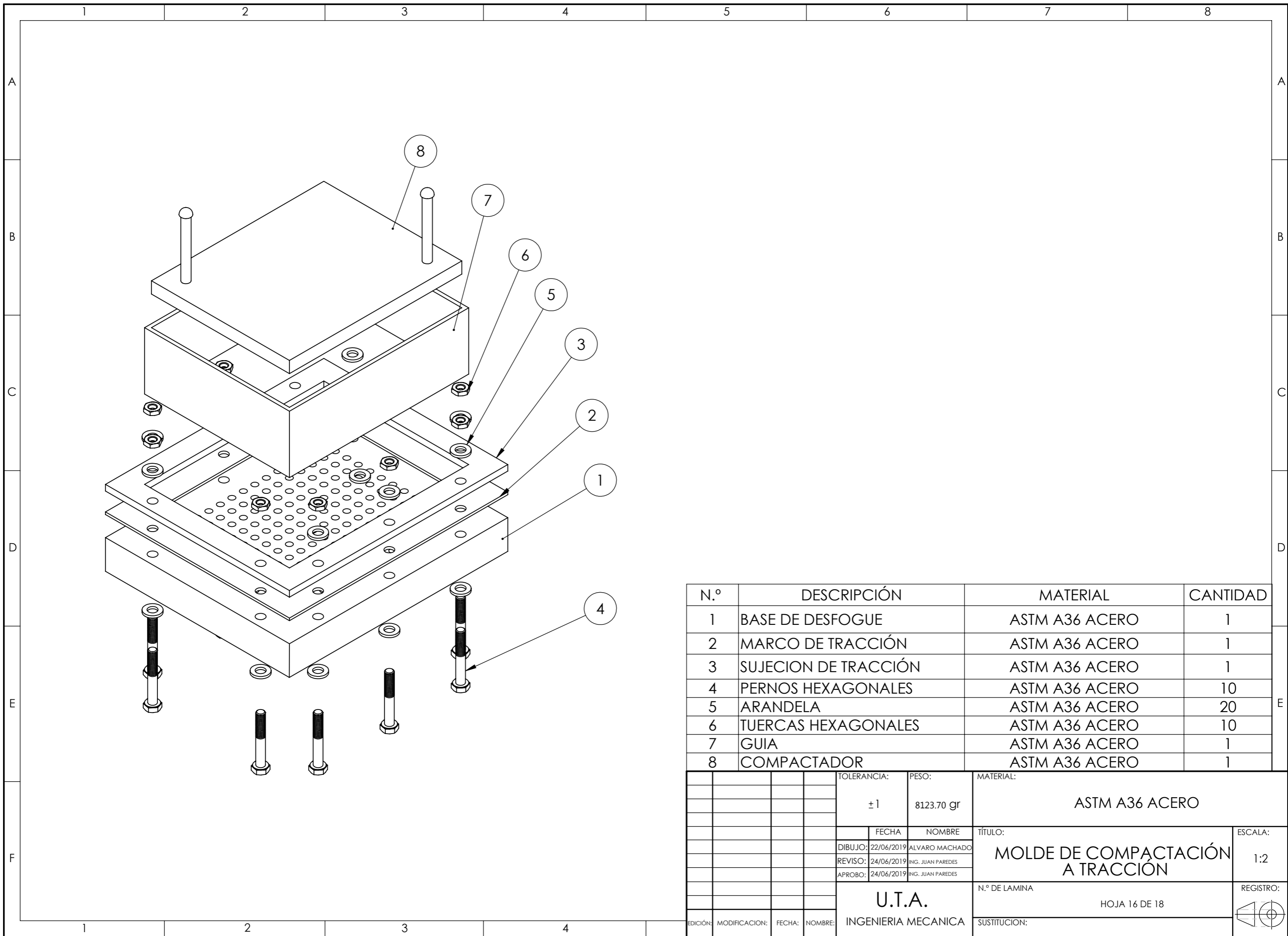
		TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
		±1	7189.25 gr	ASTM A36 Acero	
		FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	ESCALA:
		DIBUJO: 22/06/2019	ALVARO MACHADO	MOLDE CERRADO A COMPRESION	1:2
		REVISO: 24/06/2019	ING. JUAN PAREDES		
		APROBO: 24/06/2019	ING. JUAN PAREDES		
		U.T.A.		N.º DE LAMINA	REGISTRO:
		INGENIERIA MECANICA		HOJA 14 DE 18	
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCION:	



A
B
C
D
E

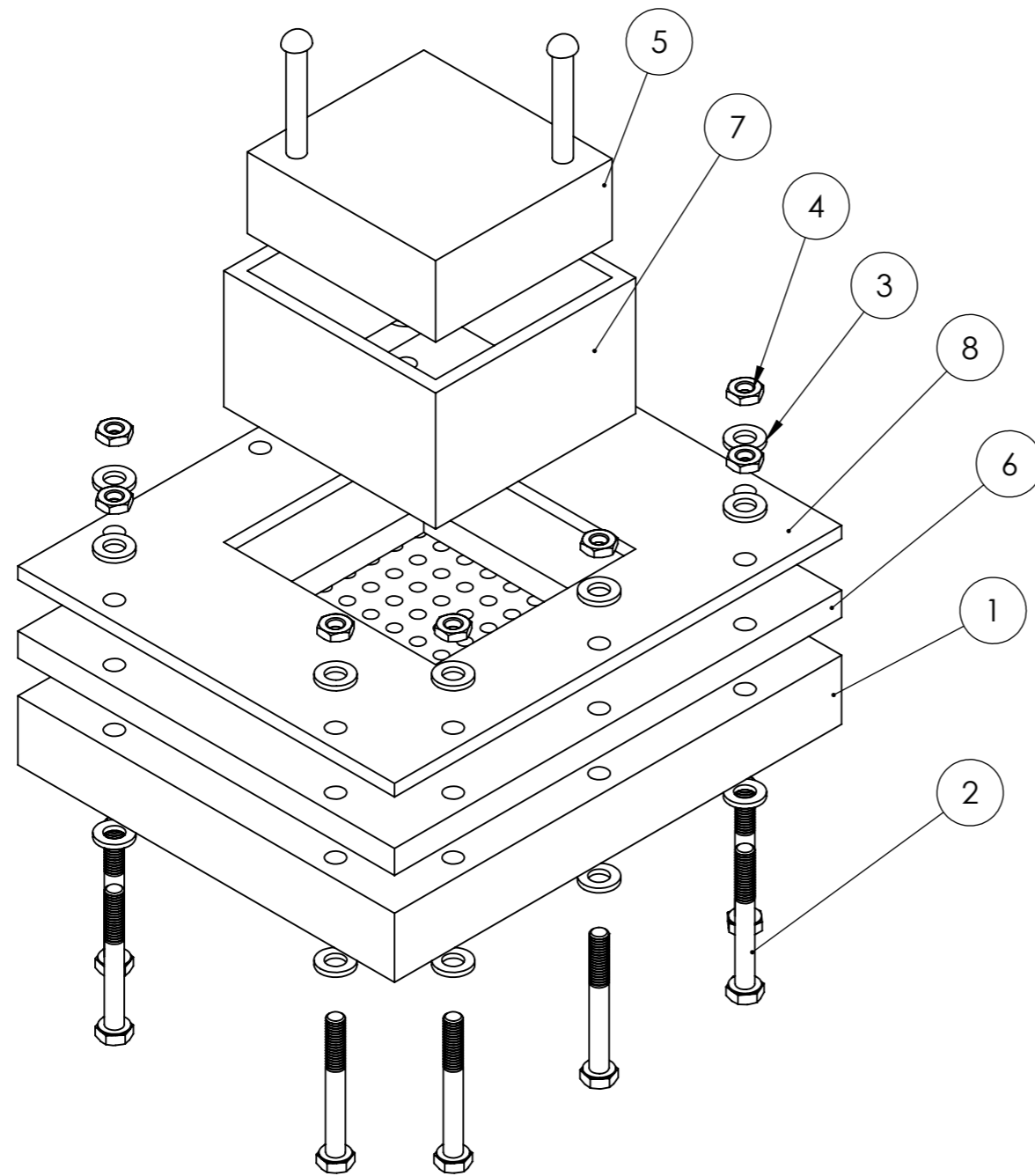
N.º	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	CANTIDAD
1	BASE	ASTM A36 ACERO	1
2	MARCO DE DUREZA	ASTM A36 ACERO	1
3	TAPA SUPERIOR	ASTM A36 ACERO	1
4	PERNOS HEXAGONALES	ASTM A36 ACERO	10
5	ARANDELA	ASTM A36 ACERO	20
6	TUERCA HEXAGONAL	ASTM A36 ACERO	10

				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				±1	7189.25 gr	ASTM A36 Acero	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	
				DIBUJO: 22/06/2019	ALVARO MACHADO	MOLDE CERRADO A DUREZA	
				REVISO: 24/06/2019	ING. JUAN PAREDES	ESCALA:	
				APROBO: 24/06/2019	ING. JUAN PAREDES	1:2	
				U.T.A. INGENIERIA MECANICA		N.º DE LAMINA	REGISTRO:
						HOJA 15 DE 18	
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCION:			



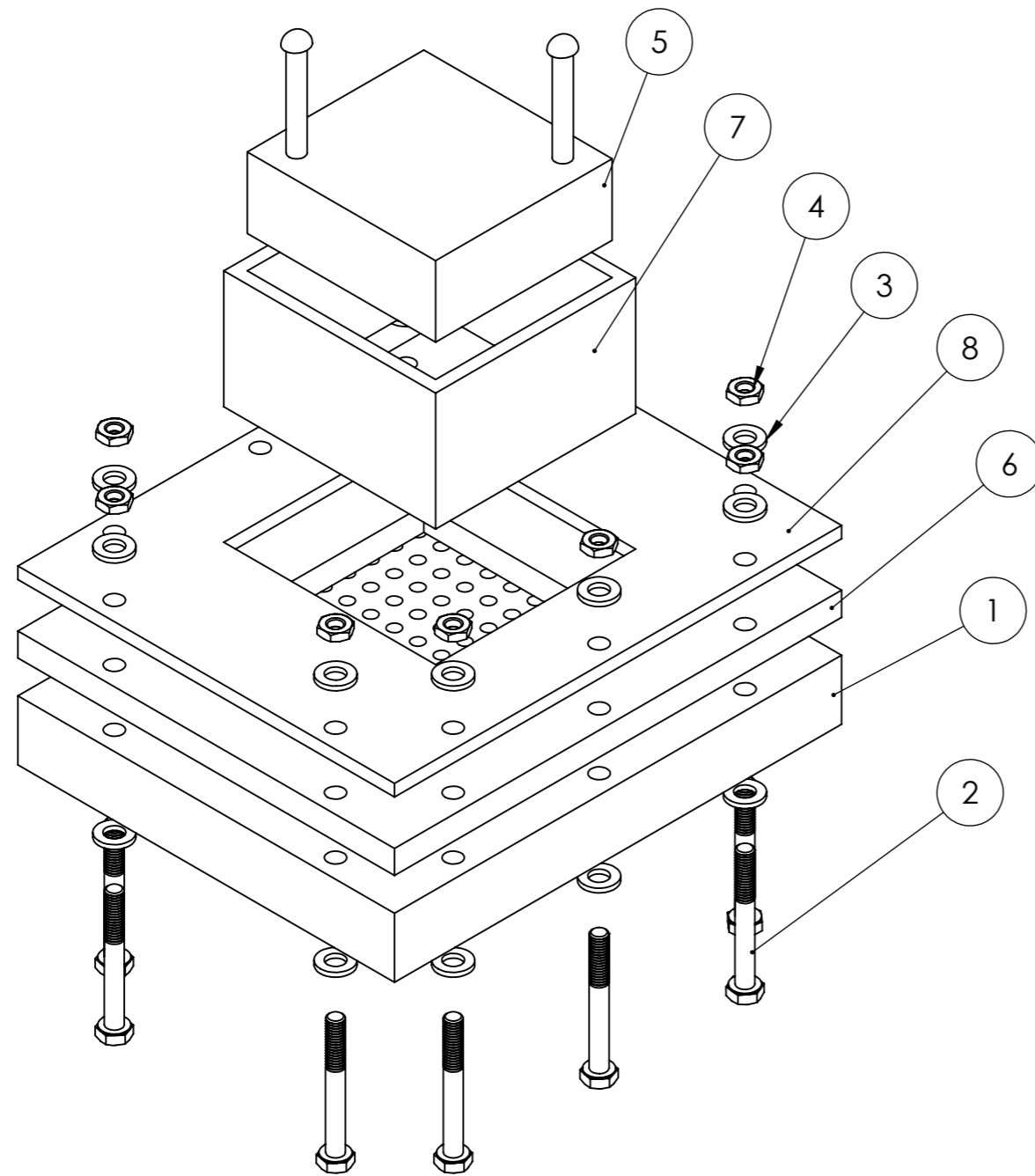
N.º	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	CANTIDAD
1	BASE DE DESFOGUE	ASTM A36 ACERO	1
2	MARCO DE TRACCIÓN	ASTM A36 ACERO	1
3	SUJECION DE TRACCIÓN	ASTM A36 ACERO	1
4	PERNOS HEXAGONALES	ASTM A36 ACERO	10
5	ARANDELA	ASTM A36 ACERO	20
6	TUERCAS HEXAGONALES	ASTM A36 ACERO	10
7	GUIA	ASTM A36 ACERO	1
8	COMPACTADOR	ASTM A36 ACERO	1

TOLERANCIA:		PESO:		MATERIAL:	
±1		8123.70 gr		ASTM A36 ACERO	
FECHA:		NOMBRE:		TÍTULO:	
DIBUJO: 22/06/2019		ALVARO MACHADO		MOLDE DE COMPACTACIÓN A TRACCIÓN	
REVISO: 24/06/2019		ING. JUAN PAREDES		ESCALA: 1:2	
APROBO: 24/06/2019		ING. JUAN PAREDES		REGISTRO:	
U.T.A.				N.º DE LAMINA	
INGENIERIA MECANICA				HOJA 16 DE 18	
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCION:	



N.º	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	CANTIDAD
1	BASE DE DESFOGUE	ASTM A36 ACERO	1
2	MARCO DE COMPRESIÓN	ASTM A36 ACERO	1
3	SUJECION DE COMPRESIÓN	ASTM A36 ACERO	1
4	PERNOS HEXAGONALES	ASTM A36 ACERO	10
5	ARANDELA	ASTM A36 ACERO	20
6	TUERCAS HEXAGONALES	ASTM A36 ACERO	10
7	GUIA	ASTM A36 ACERO	1
8	COMPACTADOR	ASTM A36 ACERO	1

TOLERANCIA:		PESO:	MATERIAL:		
±1		10666.39 gr	ASTM A36 ACERO		
FECHA:		NOMBRE:		TÍTULO:	ESCALA:
DIBUJO: 22/06/2019		ALVARO MACHADO		MOLDE DE COMPACTACIÓN A COMPRESIÓN	1:2
REVISO: 24/06/2019		ING. JUAN PAREDES			
APROBO: 24/06/2019		ING. JUAN PAREDES			
U.T.A.			N.º DE LAMINA		REGISTRO:
INGENIERIA MECANICA			HOJA 17 DE 18		
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCION:	



N.º	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	CANTIDAD
1	BASE DE DESFOGUE	ASTM A36 ACERO	1
2	MARCO DE DUREZA	ASTM A36 ACERO	1
3	SUJECION DE DUREZA	ASTM A36 ACERO	1
4	PERNOS HEXAGONALES	ASTM A36 ACERO	10
5	ARANDELA	ASTM A36 ACERO	20
6	TUERCAS HEXAGONALES	ASTM A36 ACERO	10
7	GUIA	ASTM A36 ACERO	1
8	COMPACTADOR	ASTM A36 ACERO	1

TOLERANCIA:		PESO:	MATERIAL:	
±1		10194.58 gr	ASTM A36 ACERO	
FECHA:		NOMBRE:		TÍTULO:
DIBUJO: 22/06/2019		ALVARO MACHADO		MOLDE DE COMPACTACIÓN DUREZA
REVISO: 24/06/2019		ING. JUAN PAREDES		
APROBO: 24/06/2019		ING. JUAN PAREDES		
U.T.A.			N.º DE LAMINA:	REGISTRO:
INGENIERIA MECANICA			HOJA 18 DE 18	1:2
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCION:

**ANEXO 8: Certificado del Centro de Fomento
Productivo Metalmecánico Carrocero.**



Centro de Fomento Productivo
Metalmecánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Ambato, 28 de Junio de 2019

CERTIFICADO

Quién suscribe a petición del Interesado

Por medio de la presente en mi calidad de Director de Laboratorios Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero, me permito certificar que el Sr. Alvaro Fernando Machado Machado con CI: 1805197710, realizó sus estudios en investigación de tesis contratando los servicios tecnológicos desarrollados en el Laboratorio de Resistencia de Materiales. En éstos se aplicó las normas **UNE - ISO 7743 (Compresión) y UNE -ISO 37 (tracción) adecuadas para pruebas de ELASTÓMEROS/CAUCHOS VULCANIZADOS O TERMOPLASTICOS**, utilizando las maquinas adecuadas para dichas pruebas de ensayo.

Se autoriza se haga uso pertinente del presente, como corresponda para fines pertinentes.

Con sentimiento de consideración,



Ing. Esteban López Espinel MEng.

*Director Técnico de Ensayos, Inspecciones, Certificación de Personas/
Supervisor de I+D+i*

Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero

H. Gobierno Provincial Tungurahua

Contacto: [+593 3 3730350](tel:+59333730350) Ext: 1

Móvil: [+593 993960745](tel:+593993960745)

Mail: esteban.lopez@tunguraua.gob.ec

Nota: Referencia recondadas: <https://www.metrotec.es/normas/iso/iso-7743/> y
<https://www.metrotec.es/normas/iso/iso-37/>

ANEXO 9: Factura de la adquisición de licencia de software estadístico Minitab®.

Resumen de pedido

Información del pedido

Número de pedido: 100651383162 Nombre: Henry Erazo
Fecha del pedido: 2019-01-28 14:54 Correo electrónico: herazo1189@uta.edu.ec
Hora estándar del Este Tarjeta de crédito: Visa *****3529
Esta transacción puede reflejarse como "estore.onthehub.com" en su estado de su cuenta.

Dirección de facturación

Henry Erazo
Unión
Simón Bolívar
Ambato 180165
Ecuador

Ítems (Todos los precios están en Dólares estadounidenses)

[Vea los detalles para recuperar los artículos de su pedido.](#)

	Cantidad	Precio unitario	Importe
1. Minitab 18 (Multilanguage) (12-Month Rental) - Descargar	1	\$49.99	\$49.99
		Subtotal:	\$49.99
		Impuestos:	--
		Total:	\$49.99