

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

**“DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL PERFIL EN I
ELABORADO DE FIBRA DE MADERA DE DENSIDAD MEDIA (MDF) Y FIBRA DE
VIDRIO APLICADO A UN INVERNADERO DE CAMPOSOL”**

Área de Investigación:
Construcción

Autores:

Bach. Artaza Coro Franco Yampierre
Bach. Olivos Solís Susan Rossana

Jurado Evaluador:

Presidente: ALANOCA QUENTA, ANGEL FREDY
Secretario: MORAN GUERRERO, VICTOR MANUEL
Vocal: VEGA BENITES, JORGE ANTONIO

Asesor:

URTEAGA GARCÍA JUAN MANUEL
Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5395-9432>

Trujillo – Perú 2021

Fecha de sustentación: 2021/06/25

**“DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL A LA FLEXIÓN
Y CORTE DE PERFILES EN I ELABORADO DE FIBRA DE MADERA DE DENSIDAD
MEDIA (MDF) Y FIBRA DE VIDRIO APLICADO A UN INVERNADERO DE
CAMPOSOL”**

ELABORADO POR:

BR. ARTAZA CORO, FRANCO YAMPIERRE

BR. OLIVOS SOLIS, SUSAN ROSANA

APORBADO POR:

ING. ALANOCA QUENTA, ANGEL FREDY
PRESIDENTE
CIP: 39009

ING. MORAN GUERRERO, VICTOR MANUEL
SECRETARIO
CIP: 50648

ING. VEGA BENITES, JORGE ANTONIO
VOCAL
CIP: 76695

ASESORADO POR:

ING. URTEAGA GARCÍA JUAN MANUEL
ASESOR
CIP: 75985

PRESENTACIÓN

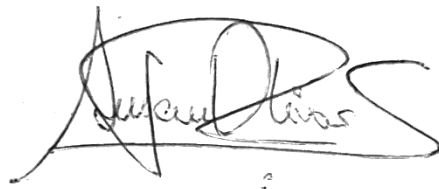
Señores miembros del jurado:

Con el cumplimiento de los requisitos establecidos en el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego y el Reglamento Interno de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, dejamos a su disposición la presente tesis titulada: “DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL A LA FLEXIÓN Y CORTE DE PERFILES DE FIBRA DE MADERA DE DENSIDAD MEDIA (MDF) Y FIBRA DE VIDRIO”, para obtener el título profesional de ingenieros civiles.

Consideramos señores miembros del jurado que con sus sugerencias y recomendaciones este trabajo pueda mejorarse y contribuir a la difusión de la investigación de nuestra universidad.



Bach. Artaza Coro, Franco Yampierre



Bach. Olivos Solís, Susan Rosana

DEDICATORIA

Agradezco a Dios por darme la vida y a la virgen María por cuidar de mí día tras día.

A mis padres Guillermo y Olivia, por ser el motor de mi vida, por darme fuerzas y valor para culminar esta etapa de mi vida, por guiarme por el buen camino y por confiar en mí.

A mi hermana Jessica, por ser el gran ejemplo a seguir, el apoyo constante que me has dado para seguir mejorando cada día.



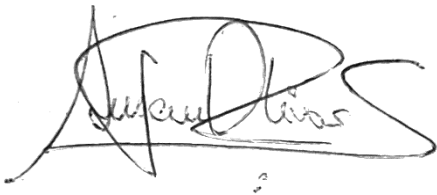
Bach. Artaza Coro, Franco Yampierre

Agradezco a Dios por hacer esto posible y permitirme cumplir una meta más en mi vida.

A mis padres Rossana y Miguel, por la confianza brindada y por ser el motivo fundamental para culminar esta etapa.

A mis abuelos Julio y Gladys, que fueron pilar fundamental en mi formación personal.

A mi hermana Lucila y a mi tío César, por su gran apoyo y por todos los consejos brindados.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Susan Rosana', written over a horizontal line.

Bach. Olivos Solís, Susan Rosana

AGRADECIMIENTOS

Nuestra tesis se hizo posible a base de esfuerzo y dedicación y gracias a la ayuda de muchas personas que estuvieron involucrados con nosotros desde el primer día. Queremos iniciar agradeciendo a nuestras familias, que han sido apoyo incondicional.

También queremos agradecer a nuestro asesor, Ing. Juan Manuel Urteaga García, quien estuvo dispuesto a ayudarnos durante todo el desarrollo de esta tesis, por su exigencia, su motivación, brindándonos su apoyo y su amplio conocimiento brindado.

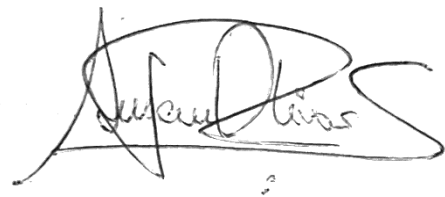
Asimismo, queremos agradecer en forma especial a cada uno de los docentes que nos brindaron su conocimiento y amistad a lo largo de nuestra formación académica.

También queremos agradecer al Ingeniero especialista en Materiales, Alexander Vega, docente de la Universidad Nacional de Trujillo, quién nos brindó su apoyo, conocimiento y consejos para la ejecución y mejora de nuestra tesis.

Gracias a todos los involucrados por ayudar a hacer posible una meta más en nuestra vida profesional.



Bach. Artaza Coro, Franco Yampierre



Bach. Olivos Solís, Susan Rosana

INDICE GENERAL

PRESENTACIÓN	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	V
INDICE GENERAL.....	VI
INDICE DE FIGURAS	X
INDICE DE TABLAS	XII
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT	XV
I. PROBLEMÁTICA DE INVESTIGACION	1
1.1 Descripción del problema.....	1
1.2 Formulación del Problema.....	3
1.3 Objetivo General.....	3
1.4 Objetivos Específicos	3
1.5 Justificación de la Investigación	3
1.5.1 Académica:	4
1.5.2 Técnica:	4
1.5.3 Social:	4
1.6 Viabilidad de la Investigación	5
II. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Antecedentes de la Investigación.....	6
Antecedentes Nacionales:	6

Antecedentes Internacionales:	8
2.2 Bases Teóricas	10
2.2.1 Definición de Esfuerzo, Deformación e Inercia	10
2.2.2 Centro de Gravedad y Teorema de Steiner.....	14
2.2.3 Diagrama Esfuerzo vs Deformación Unitaria.....	15
2.2.4 Prueba de Capacidad de Absorción de Agua.....	29
2.2.5 Prueba de Adherencia de Materiales	30
2.3 Definiciones Conceptuales	35
2.3.1 Fibra de Madera de Densidad Media (MDF)	35
2.3.2 Fibra de vidrio	35
2.3.3 Perfil	36
2.3.4 Tensión	36
2.3.5 Compresión.....	36
2.3.6 Tracción.....	37
2.3.7 Humedad.....	37
2.3.8 Epóxido.....	37
2.4 Hipótesis	38
2.5 Variables.....	38
2.6 Operacionalización de las Variables (Dimensiones e Indicaciones)	38
III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	39
3.1 Tipo de Investigación, Enfoque y Alcance o Nivel.....	39
3.1.1 Enfoque.....	39
3.1.2 Alcance o Nivel	39

3.1.3	Diseño	39
3.2	Población y Muestra	40
3.2.1	Población	40
3.2.2	Muestra	40
3.3	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	41
3.3.1	Recolección de datos	41
3.3.2	Presentación de datos.....	42
3.3.3	Análisis e interpretación de los datos	48
3.4	Técnicas para el Procesamiento y Análisis de la Información	49
3.4.1	Análisis de la Consistencia de Resina	49
3.4.2	Prueba de Adherencia de Materiales	50
3.4.3	Prueba de Resistencia de Materiales.....	51
3.4.4	Elaboración de Diseño del Perfil de fibra de densidad media (MDF) y Fibra de Vidrio.....	63
3.4.5	Ensayo para Determinar la Capacidad de Absorción de Agua del Perfil Elaborado de Fibra de Densidad Media (MDF) y Fibra de Vidrio	84
IV.	RESULTADOS	87
4.1	Procesamiento de Datos (Cuadros con su respectiva Descripción).....	87
4.1.1	Resistencia de Materiales	87
4.1.2	Ensayo de Flexión en muestra de Madera de Densidad Media de 3 mm, 4 mm y 5.5 mm	87
4.1.3	Ensayo de Flexión en muestra de Resina Fibra de Vidrio.....	89
4.1.4	Comparación del diseño de los perfiles metálico y MDF con fibra de vidrio.....	89

4.2 Contrastación y Prueba de Hipótesis	90
V. DISCUSIÓN	91
CONCLUSIONES.....	93
RECOMENDACIONES	94
REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS	96
ANEXOS	99
ANEXO N° 1	99
ANEXO N° 2	132
ANEXO N° 3	143
ANEXO N°4	144
ANEXO N°5	149
ANEXO N°6	154
ANEXO N°7	158
ANEXO N°8	163

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1:</i> Diagrama Deformación vs. Esfuerzo.....	16
<i>Figura 2:</i> Elemento para Obtener el Módulo de Elasticidad	20
<i>Figura 3:</i> Punto de Fluencia en Diagrama Esfuerzo vs. Deformación	21
<i>Figura 4:</i> Área de Módulo de Resiliencia en Diagrama Esfuerzo vs. Deformación	23
<i>Figura 5:</i> Esfuerzo Último del en Diagrama Esfuerzo vs. Deformación.....	25
<i>Figura 6:</i> Ductilidad en Diagrama Esfuerzo vs. Deformación.....	26
<i>Figura 7:</i> Comparación de los Materiales en los Niveles de Resistencia, Ductilidad y Tenacidad.	28
<i>Figura 8:</i> Área de Corte 0% Dañada.....	32
<i>Figura 9:</i> Área de Corte Menor de 5% Dañada.....	32
<i>Figura 10:</i> Área de Corte entre 5 - 15% Dañada.....	33
<i>Figura 11:</i> Área de Corte entre 15 - 35% Dañada	34
<i>Figura 12:</i> Área de Corte entre 35 - 65% Dañada.....	34
<i>Figura 13:</i> Formato de toma de datos de Ensayo de Flexión MDF 1.....	52
<i>Figura 14:</i> Formato de toma de datos de Ensayo de Flexión MDF 2.....	53
<i>Figura 15:</i> Gráfica Resumen de las Muestras de 3mm.....	54
<i>Figura 16:</i> Gráfica Resumen de las Muestras de 4mm.....	54
<i>Figura 17:</i> Gráfica Resumen de las Muestras de 5.5mm.....	55
<i>Figura 18:</i> Gráfica Promedio de las Muestras por cada Espesor.....	55
<i>Figura 19:</i> Formato de toma de datos de Ensayo de Flexión Resina Fibra de Vidrio 1	59

<i>Figura 20:</i> Formato de toma de datos de Ensayo de Flexión Resina Fibra de Vidrio 2.....	59
<i>Figura 21:</i> Gráfica Resumen de las Muestras de la Resina de Fibra de Vidrio (RFV)	60
<i>Figura 22:</i> Dimensiones del Perfil Metálico	64
<i>Figura 23:</i> División de dimensiones del Perfil Metálico	65
<i>Figura 24:</i> Línea Neutra de Perfil Metálico Eje Y	66
<i>Figura 25:</i> Línea Neutra de Perfil Metálico Eje Z.....	66
<i>Figura 26:</i> Momento del Perfil Metálico Eje Y.....	67
<i>Figura 27:</i> Momento del Perfil Metálico Eje Z.....	68
<i>Figura 28:</i> Carga Puntual de Cobertura.....	70
<i>Figura 29:</i> Reacciones de Cobertura	70
<i>Figura 30:</i> Momento de Perfil Metálico.....	72
<i>Figura 31:</i> Dimensiones del Perfil MDF y RFV	74
<i>Figura 32:</i> Sección Transformada de Dimensiones del Perfil MDF y RFV	75
<i>Figura 33:</i> Línea Neutra de Perfil MDF y RFV Eje Y	77
<i>Figura 34:</i> Línea Neutra de Perfil MDF y RFV Eje Z.....	77
<i>Figura 35:</i> Línea Neutra de Perfil Metálico Eje Y	78
<i>Figura 36:</i> Línea Neutra de Perfil Metálico Eje Y	79
<i>Figura 37:</i> Carga Puntual de Cobertura.....	81
<i>Figura 38:</i> Reacciones de Cobertura	81
<i>Figura 39:</i> Momento Perfil de MDF y RFV	83
<i>Figura 40:</i> Sección Momento Estático del Perfil.....	83

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Cuadro de Cantidad de Muestras y Ensayos.....	41
Tabla 2: Resumen de Ensayo de Flexión de MDF	43
Tabla 3: Resultados de Diagrama Esfuerzo vs Deformación de MDF de 3mm.....	43
Tabla 4: Resultados de Diagrama Esfuerzo vs Deformación de MDF de 4mm.....	44
Tabla 5: Resultados de Diagrama Esfuerzo vs Deformación de MDF de 5.5mm.....	44
Tabla 6: Resultados de Diagrama Esfuerzo vs Deformación de Resina Epóxica con Fibra de vidrio.....	45
Tabla 7: Relacion de Resina	50
Tabla 8: Resultados de Prueba de Adherencia de Materiales.....	51
Tabla 9: Medidas del perfil metálico	63
Tabla 10: Resumen de resultados	68
Tabla 11: Medidas del perfil de MDF	73
Tabla 12: Espesores del material	74
Tabla 13: Coeficiente de Seccion Transformada.....	74
Tabla 14: Espesores del material	79
Tabla 15: Resultados de Prueba de Absorcion de Agua de MDF	85
Tabla 16: Resultados de Prueba de Absorcion de Agua de RFV	86
Tabla 17: Resultados de la Resistencia de los materiales	87
Tabla 18: Resultados del Diagrama Esfuerzo vs. Deformación de MDF 3mm.....	87
Tabla 19: Resultados del Diagrama Esfuerzo vs. Deformación de MDF 4mm.....	88

<i>Tabla 20: Resultados del Diagrama Esfuerzo vs. Deformación de MDF 5.5mm.....</i>	<i>88</i>
<i>Tabla 21: Resultados del Diagrama Esfuerzo vs. Deformación de Resina Fibra de Vidrio ...</i>	<i>89</i>
<i>Tabla 22: Resultados del diseño del perfil metálico</i>	<i>89</i>
<i>Tabla 23: Resultados del diseño del perfil de MDF con fibra de vidrio</i>	<i>90</i>
<i>Tabla 24: Comparación de los resultados del Diseño de perfil Metálico y MDF con fibra de vidrio.....</i>	<i>90</i>

RESUMEN

Se identificó un error muy común, el cual fue intentar solucionar la presencia de salitre de manera superficial en las edificaciones, siendo lo correcto solucionar el problema desde el interior de la estructura para asegurar la duración de la edificación. Este problema también se identificó en estructuras metálicas o de maderas en los cuales no es muy fácil de percatarse, a pesar de traer graves problemas para la salud. Considerando estas agresivas las condiciones atmosféricas e hidrográficas presentes en la costa del Perú, proponemos remplazar estructuras livianas tradicionalmente construidas de acero.

El trabajo tuvo como propósito obtener un nuevo perfil en I elaborado con fibra de madera de densidad media (MDF) cubierta de fibra de vidrio, y determinar las propiedades físicas y geométricas de la sección del perfil que resistan a un alto nivel de humedad.

Se elaboró el ensayo de flexión en el laboratorio de la Universidad Privada Antenor Orrego, haciendo uso de la máquina Universal, para determinar los diagramas de esfuerzo vs deformación de las muestras de MDF de 3mm, 4mm, 5.5mm y la resina de fibra de vidrio, para obtener el módulo de elasticidad, la resistencia a la fluencia, el módulo de resiliencia, el coeficiente de poisson, el esfuerzo último, la ductilidad, la tenacidad, el esfuerzo al límite proporcional elástico y el esfuerzo de rotura.

Se elaboró el diseño del perfil de MDF con fibra de vidrio, determinando la máxima tensión normal, la máxima tensión tangencial y la combinación de ambas tensiones, logrando que sean menor al esfuerzo admisible, para que según la normativa cumplan y puedan reemplazar al perfil metálico, que se viene utilizando en el invernadero de empresa agroindustrial Camposol.

ABSTRACT

A very common error was identified, which was to try to solve the presence of saltpeter in a superficial way in the buildings, being the correct thing to solve the problem from inside the structure to ensure the duration of the building. This problem was also identified in metal or wooden structures in which it is not very easy to notice, despite causing serious health problems.

Considering the great aggressiveness of the atmospheric and hydrographic conditions present on the Peruvian coast, we propose a material to replace light structures traditionally built with steel.

The purpose of the work was to obtain a new profile in form of “I”, made with medium density wood fiber (MDF) and fiberglass, and to determine the physical and geometric properties of the profile section that resist a high level of humidity.

The bending test was developed in Antenor Orrego Private University’s laboratory, using the Universal Machine to determine the stress vs deformation diagram from MDF samples of the 3mm, 4mm and 5.5mm and fiberglass resin to obtain the elasticity modulus, the yield strength, modulus of resilience, poisson’s ratio, ultimate stress, ductility, toughness, stress at yield point, and breaking stress.

The design of the MDF profile with fiberglass was elaborated, determining the maximum normal stress, the maximum tangential stress and the combination of both stresses, making them less than the admissible stress, so that according to the regulations they comply with and can replace the metal profile, which has been used in the greenhouse of the Camposol agro-industrial company.

I. PROBLEMÁTICA DE INVESTIGACION

1.1 Descripción del problema

Actualmente en nuestro país se observa un incremento en el sector de la construcción a lo largo de todo el territorio peruano, mayormente largo de todo el litoral, aumentando las construcciones de edificaciones para departamentos, oficinas, crecimiento de zonas industriales. A su vez se conoce que el litoral peruano es un espacio geográfico que contiene características físicas que lo diferencian a cualquier otro ecosistema donde su principal recurso es el agua de mar y la humedad, puede al filtrarse dificultando y/o dañando las estructuras, a lo largo de toda nuestra costa peruana.

En la costa peruana concurren de manera repetible los vientos marinos, las condiciones atmosféricas y las propiedades hidrográficas, los cuales afectan de manera progresiva a las edificaciones existentes y a las que se encuentran en proceso de ejecución. La humedad y el salitre son problemas que se enfrentarán a lo largo de los años El cual debe intervenir desde el interior y no superficialmente como de manera tradicional se hace

El error más frecuente que cometen los propietarios y usuarios de edificaciones al encontrar salitre en las edificaciones, es abordar el problema de forma superficial, esto es realizando curados, sin embargo, lo más adecuado es tratar directamente, lo que sería desde el interior de la estructura para conservar y/o prolongar la vida útil de la edificación.

La presencia de salitre es detectable en la parte baja de las paredes debido a la alcalinidad producida por la humedad, en ciertas ocasiones los materiales que se utilizan en la construcción son los que lo generan, así como en otros sectores también se estudian

tipos de suelos que permitan combatir este proceso natural de corrosión de los materiales. Además, el salitre y la corrosión pueden afectar las estructuras metálicas o de maderas, las que son menos perceptibles visualmente, sin embargo, puede complicarse como la aparición de ácaros y hongos, además puede empeorar las condiciones de vida de sus habitantes causando enfermedades que atacan el sistema respiratorio como el asma o la rinitis.

El uso de cubiertas metálicas permite el armado de espacios con grandes luces como plantas de producción e invernaderos. En La Libertad, se encuentra la empresa Agroindustrial Camposol, una de las más grandes del sector en este país; las que realizan actividades de cultivo, procesamiento y comercialización, por lo cual, dicha empresa trabaja con invernaderos ya que es soporta una estructura metálica permeable permitiendo el paso de luz al interior para obtener un microclima artificial al interior para que la vegetación al interior tenga una mayor productividad.

Al ser una estructura metálica instalada en una zona con atmosfera húmeda y salina instalada en el litoral de la provincia de Viru; la empresa Camposol ha presentado pérdidas económicas, por los constantes trabajos de mantenimiento los mismos que han paralizado sus procesos productivos. Es por ello que se busca reemplazar la estructura metálica con un nuevo tipo de estructura conformada de Madera de Densidad Media (MDF) cubierta con Resina de Fibra de Vidrio.

1.2 Formulación del Problema

Determinación del comportamiento estructural de un nuevo perfil elaborado con fibra de madera de densidad media (MDF) y fibra de vidrio que resistan a un alto nivel de humedad.

1.3 Objetivo General

Determinar las propiedades físicas y geométricas de la sección del perfil en I elaborado con fibra de madera de densidad media (MDF) y fibra de vidrio que resistan a un alto nivel de humedad.

1.4 Objetivos Específicos

- Determinar el módulo de elasticidad, resistencia de la fluencia, ductilidad, módulo de resiliencia, esfuerzo último, límite elástico y esfuerzo de rotura de fibra de densidad media (MDF) y de la fibra de vidrio con resina.
- Realizar un nuevo diseño del perfil en I hecho de fibra de densidad media (MDF) y fibra de vidrio con resina.
- Evaluar su resistencia del nuevo perfil hecho de fibra de densidad media (MDF) y fibra de vidrio con resina ante factores ambientales.
- Aplicar el nuevo diseño del perfil en I hecho de fibra de densidad media (MDF) y fibra de vidrio con resina a un invernadero de Camposol.

1.5 Justificación de la Investigación

Este proyecto de investigación se justifica por tres razones:

1.5.1 Académica:

Esta investigación se justifica de manera académica debido que consiste en averiguar, indagar e investigar toda la información necesaria referente al comportamiento de la fibra de madera de densidad media (MDF) y de la fibra de vidrio.

Para ello nos basamos en:

- Norma Técnica Peruana.
- Ficha Técnicas
- tesis referentes al tema de investigación.

1.5.2 Técnica:

Esta investigación se justifica de manera práctica, debido que la información recopilada será aplicada a un invernadero de Camposol y para futuros proyectos de construcción que se realicen en zonas ubicadas en el litoral peruano, generando a los pobladores y empresas privadas o públicas, tener los estudios sobre el comportamiento estructural de los de fibra de madera de densidad media (MDF) cubierta por la fibra de vidrio.

1.5.3 Social:

Esta investigación se justifica socialmente debido que toda la información recopilada se podrá utilizar como base referencial para el diseño de un nuevo tipo de perfil ante futuros proyectos situados en el litoral peruano o en una zona con alto índice de humedad.

1.6 Viabilidad de la Investigación

El presente proyecto tiene el acceso suficiente de información para poder ejecutar a partir de anteriores investigaciones. Además, se posee con los recursos humanos, económico y de tiempo para poder desenvolver la investigación de nuestro proyecto.

En Referencia a los instrumentos y equipos necesarios para el presente proyecto es viable debido que el laboratorio de la facultad de Ingeniería de Materiales de la Universidad Nacional de Trujillo y la facultada de Ingeniería de la Universidad Privada Antenor Orrego, cuenta con los instrumentos indispensables para la elaboración de los ensayos de tracción por flexión y de corte.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

Después de haber realizado una investigación bibliográfica a nivel nacional e internacional vía online, hemos encontrado importante información con relación a nuestro tema de la investigación, de lo cual se destaca lo siguiente:

Antecedentes Nacionales:

- Bendezú (2002) en su tesis “*Los Plásticos Reforzados en Fibra de Vidrio (PRFV), sus aplicaciones y desarrollo en la Industria Nacional*” sustentada en Universidad Nacional Mayor de San Marcos, en la ciudad de Lima, Perú. Tuvo como principal objetivo presentar las principales características que presenta los materiales compuestos de plásticos reforzados con fibra de vidrio, generando una mayor importancia para el proceso productivo, de medidas de seguridad industrial y de calidad, siendo referenciado sobre las normativas de ensayos e inspeccionado el procedimiento de materiales compuestos.

Con el objetivo de tener un proceso de la fabricación de plásticos reforzados en fibra de vidrio sea de forma económica y rápida, se identificaron las relaciones que se tenía que cumplir para obtener óptimos resultados en la calidad y lograr bajar los costos de fabricación; también se estudió un nuevo proceso productivo para lograr un eficiente producto, siendo referente método de trabajo existente

Se concluyó en la investigación, que se hizo una a Plásticos Reforzados de Fibra de Vidrio en la industria nacional, se identificaron las oportunidades de negocio y sus

características de los plásticos reforzados que puedan afectar a la demanda de productos de fibra de vidrio.

- Afá & Loyola (2016) en su tesis “*Influencia del Porcentaje en Peso de Fibra de Vidrio AR y Aditivo Plastificante Copreplast 102, Sobre la Resistencia a la Flexión en Paneles de Concreto Reforzado con Fibra de Vidrio (GRC)*” sustentada en Universidad Nacional de Trujillo, en el país de Perú. Su principal objetivo fue evaluar el porcentaje en peso del aditivo plastificante CoprePlast (102) y la fibra de vidrio alcalino resistente (FV-AR), para lo cual se utilizaron probetas de 30 x 60 x 17 mm, cumpliendo las bases establecidas por la Norma Española UNE EN 1170- 4 para ejecutar los ensayos en 4 puntos que están reforzadas con 3, 5 y 7% en peso de fibra de vidrio AR y además se agregó del 1, 1.5 y 2% de aditivo plastificante CoprePlast 102.

Se realizaron los curados para las probetas de 7, 14 y 28, para los ensayos de probetas. Estas probetas ensayadas que fueron curados a 7 días siendo su resistencia a la flexión máxima es de 14.1 MPa y teniendo un mínimo de 8.81 MPa, siendo probetas de GRC con un refuerzo de 7% en peso de FV-AR y con un aditivo de 2%; además otras probetas de que contiene GRC con refuerzo de 3% de FV-AR con aditivo de 1% respectivamente.

Además, las probetas ensayadas que fueron curados a 14 días, obtuvieron una resistencia a la flexión máxima es de 21.04 MPa y teniendo un mínimo de 18.53 MPa siendo probetas de GRC con un refuerzo de 7% en peso de FV-AR y con un aditivo

de 2%; además otras probetas de que contiene GRC con refuerzo de 3% de FV-AR con aditivo de 1% respectivamente.

Por último, las probetas ensayadas que fueron curados a 28 días, obtuvieron una resistencia a la flexión máxima es de 25.29 MPa y teniendo un mínimo de 20.56 MPa siendo probetas de GRC con un refuerzo de 7% en peso de FV-AR y con un aditivo de 2%; además otras probetas de que contiene GRC con refuerzo de 3% de FV-AR con aditivo de 1% respectivamente.

Se puede concluir que su análisis estadístico estableció que existe un efecto significativo en el porcentaje del refuerzo y plastificante utilizando la fibra de vidrio AR al obtener la resistencia a la flexión con un análisis de varianza (ANAVA), donde se puede deducir que el porcentaje de plastificante en las probetas de GRC, que se utiliza, obtiene mayor resistencia a la flexión para todos los casos utilizados a 7, 14 y 28 días de curado.

Antecedentes Internacionales:

- Plasencio (2007) en su tesis *“Efecto del perfil de densidad de los tableros de MDF sobre su capacidad de humectación”* sustentada en Universidad Austral de Chile en Valdivia, en el país de Chile. Tuvo como principal objetivo investigar el comportamiento de los tableros de fibra de densidad media (MDF) bajo la influencia de la humedad. Para esta investigación se utilizaron 8 tableros de 15mm, de la cual se consiguieron 3 probetas de 60*10 cm, trabajados a una temperatura de 20°C y con una humedad relativa de 65%. El ensayo consistió en someter las muestras 3 veces por cada espesor de 13mm, 11mm y 9mm en un maquinado único que genera una

rotación de 6000 rpm y 22 mts/seg con un elemento de corte $Z=2$, y genero una disminución del espesor de 2mm cada vez. Destacando que a cada probeta antes de ser experimentadas, se les calculó su capacidad de humectación (grados) y su rugosidad óptica (desviación estándar). Los resultados que genera el experimento indica que existe un dominio estadístico significativo en el caso del perfil sobre la rugosidad debido a que es sometido teniendo una varianza de 95% de confianza teniendo una relación inversamente proporcional debido que cuando aumenta su densidad, produce una disminución de rugosidad. El efecto que genera la rugosidad con la capacidad de humectación tiene una relación directamente proporcional, debido que los valores de la rugosidad van aumentando, va aumentando los valores de humectación junto a ellos.

- Torres (2013) en su tesis “*Análisis Numérico de Uniones Atornilladas de Madera o Materiales Similares*” sustentada en Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, en la ciudad de Cuernavaca, México. Tuvo como principal objetivo hacer el análisis experimental y numérico de las resistencias de las uniones con tornillos de tableros aglomerados de fibras de madera de densidad media (MDF) en una unión tipo “L”, para ser utilizados en muebles de oficina o casa. Se ejecutó el análisis numérico donde se utilizaron estructuras tipo “L” de tableros aglomerados de fibras de madera de densidad media (MDF) en donde las uniones alcanzaron mayor resistencia como una estructura general al ser expuestas a las cargas a compresión y tener menor desplazamientos en los extremos de la unión. Así mismo se realizó otro análisis para observar el comportamiento de esfuerzos y desplazamientos, cuando

hay variación de ancho y largo de la estructura elaborada de tableros aglomerados de fibras de madera de densidad media (MDF). Estos materiales fueron ensayados en una máquina universal UH-300KNI SHIMADZU, trabajando con una velocidad de 10 mm/min, con la repetición las pruebas se repitieron tres veces para cada tipo estructura, obteniendo similares curvas de carga en cada caso correspondiente. Se dedujo que al incrementar las dimensiones de las fibras de madera de densidad media MDF y ubicarlos una carga de compresión en uno de sus extremos, ratifica que este material presenta una gran elasticidad y deflexión, que comprueba su aplicación en diseño y construcción de muebles dimensionalmente grandes.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Definición de Esfuerzo, Deformación e Inercia

En el campo del estudio de la resistencia de materiales, uno de sus principales puntos a investigar es el entendimiento de los principios del esfuerzo y de la deformación provocados por cargas aplicadas directamente en una estructura o máquina y los miembros que conforman tales sistemas

Esfuerzo:

Podemos definir como esfuerzo a la fuerza que es aplicada en una determinada área de un cuerpo para formar una determinada deformación. Esto quiere decir que, “el esfuerzo es la relación entre la fuerza aplicada y el área de la sección sobre la cual actúa o en otros términos como la carga que actúa por unidad de área del material.”

(Salazar, 2007, p.18) A esto podemos adicionar que el comportamiento del cuerpo puede variar dependiendo de qué forma y la cantidad de carga aplique sobre este.

“El esfuerzo es la resistencia interna ofrecida por una unidad de área del material del cual está hecho un miembro a una carga externamente aplicada.” (Mott, 2009, p.19)

El principal objetivo del esfuerzo es llegar a hacer una evaluación con respecto a los cambios que ocurren en el interior del cuerpo al ser sometido soportando la carga. Para que se llegue a dar esto se tiene que determinar la cantidad de fuerza que se aplica en un área unitaria sobre un cuerpo y matemáticamente, el esfuerzo se puede expresar de la siguiente forma:

$$\text{esfuerzo} = \frac{\text{fuerza}}{\text{área}} = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Se puede definir “esfuerzo” como el resultado al calcular la división de las fuerzas que se ejercen sobre el cuerpo entre el área del cuerpo que resiste a ser deformado. El caso que se da con mayor frecuencia es que el nivel de esfuerzo tendrá el mismo nivel a comparación a cualquier punto de la sección transversal que se encuentra; pero es importante recalcar que no se da en todos los casos.

Por el termino esfuerzo nos hacemos referencia a los casos que implica a la fuerza que pertenece a la sección transversal del miembro de la estructura que soporta la carga para no ser deformado por la fuerza total aplicada.

Deformación:

Se define deformación a la relación continua entre el estado inicial del material sólido y la que ocupa en un estado final. Se define por la razón entre la elongación y la longitud inicial del cuerpo. Cuando se libera la carga a la que sometemos al material, la tensión desaparece, pero la deformación puede permanecer; a esto se llama deformación elástica y deformación plástica.

La deformación o alargamiento se produce cuando sometemos un cuerpo a una carga, este cuerpo experimenta tensión y deformación. La deformación es el cambio en las dimensiones del cuerpo. Se puede medir en unidades de longitud, área o volumen, aunque estas medidas van a depender del tamaño de la muestra. Para dar cifras generales la deformación se expresa en tanto por ciento. Para ello se divide el cambio en la dimensión entre la dimensión original. (Federación de Enseñanza de CC.OO.,)

“Cualquier cuerpo que soporta cargas se deforma por la influencia de la carga aplicada.” (Mott, 2009, p.24) Matemáticamente, la deformación de un cuerpo se puede expresar de la siguiente forma:

$$deformacion = \epsilon = \frac{deformacion\ total}{longitud\ original} \quad (2)$$

La deformación se denota a través de la letra griega épsilon (ϵ) y se consigue al dividir la deformación total del cuerpo sometido a cargas, entre la longitud inicial u original del cuerpo antes de ser sometidos a cargas.

Así mismo se puede hacer la conclusión de que la deformación no tiene dimensiones debido a que se anulan las unidades en el numerador y el denominador.

A pesar de esto, se recomienda reportar las unidades de las unidades de longitud del cuerpo tras ser sometidos a cargas para tener presente la definición de deformación.

Igualmente, la deformación podría provocar diferentes formas de deformaciones en los cuerpos sometidos, por ejemplo, el cuerpo se puede estirar generando el esfuerzo de tracción, otro caso es que el cuerpo puede ser aplastarlo generando el esfuerzo de compresión, también el cuerpo puede ser doblado generando el esfuerzo de flexión, además también puede ser cortado generando el esfuerzo cortante o de corte y finalmente también se puede retorcer para generar el esfuerzo de torsión.

Inercia:

Es la propiedad que tienen los cuerpos de permanecer en su estado de reposo relativo o movimiento relativo. Dicho de forma general, es la resistencia que opone la materia al modificar su estado de movimiento, incluyendo cambios en la velocidad o en la dirección del movimiento. Como consecuencia, un cuerpo conserva su estado de reposo relativo o movimiento rectilíneo uniforme relativo si no hay una fuerza que, actuando sobre él, logre cambiar su estado de movimiento.

En física, se habla de dos tipos de inercias: térmica y mecánica. La inercia térmica es la propiedad que tiene el cuerpo de conservar su calor y liberarlo poco a poco, disminuyendo la necesidad de aportación de climatización. Lo anterior depende de las características del material: calor específico, densidad y masa. Por ejemplo: los materiales de construcción absorben calor durante el día y lo expulsa durante la noche, manteniendo variaciones térmicas constantes, reduciendo la necesidad de utilizar equipos de refrigeración.

En cambio, la inercia mecánica es la capacidad que posee los cuerpos de mantener el estado de movimiento o reposo en el que se encuentran y depende de la cantidad de masa y del tensor de inercia. A su vez, esta inercia se divide en inercia rotacional se relaciona con la distribución de la masa de un cuerpo, mientras mayor sea la masa de un cuerpo, más difícil es la rotación de su cuerpo, y la inercia traslacional corresponde con el eje del giro.

2.2.2 Centro de Gravedad y Teorema de Steiner

Centro de Gravedad:

El centro de gravedad es el punto imaginario de aplicación de la resultante de todas las fuerzas de gravedad que actúan sobre las distintas porciones materiales de un cuerpo, de tal forma que el momento respecto a cualquier punto de esta resultante aplicada en el centro de gravedad es el mismo que el producido por los pesos de todas las masas materiales que constituyen dicho cuerpo. En otras palabras, el centro de gravedad de un cuerpo es el punto respecto al cual las fuerzas de gravedad ejercen sobre los diferentes puntos materiales que constituyen el cuerpo producen un momento resultante nulo.

El centro de gravedad de un cuerpo no corresponde necesariamente a un punto material del cuerpo. Así, el centro de gravedad de una esfera hueca está situado en el centro de la esfera, el cual no pertenece al cuerpo.

El centro de gravedad de un cuerpo depende de la forma del cuerpo y de cómo está distribuida su masa.

Teorema de Steiner:

El teorema del eje paralelo, también conocido como teorema de Huygens–Steiner, o simplemente como teorema de Steiner,¹ (nombrado así en referencia a Christiaan Huygens y Jakob Steiner), puede utilizarse para determinar el momento de inercia o segundo momento de área de un cuerpo rígido respecto a cualquier eje, a partir del momento de inercia del cuerpo respecto a un eje paralelo al anterior que pase a través del centro de masas del objeto, de la masa del objeto y de la distancia medida perpendicularmente entre ambos ejes.

2.2.3 Diagrama Esfuerzo vs Deformación Unitaria

Las propiedades mecánicas de los materiales se pueden determinar al realizar pruebas en las probetas utilizando algunas las máquinas de laboratorio para poder lograr crear el modelo del diseño de un elemento estructural teniendo la necesidad de determinar las propiedades del material como su resistencia y rigidez, estas propiedades se obtienen al evaluar a un cuerpo sometida a cargas en dirección axial para poder obtener el registro de las fuerzas aplicadas y el alargamiento producido en el cuerpo. Con la obtención de los valores, se establece el grafico producido por la deformación y el esfuerzo, denominándose como diagrama de esfuerzo y deformación.

Con el diagrama de esfuerzo y deformación, que fue creado por Bernoulli y Poncelet, se puede comprobar que todos los cuerpos tienen características propias, que varían dependiendo del tipo de material; esto en forma general, permite clasificar a los materiales en dos clases, los materiales dúctiles y frágiles. “Los diagramas de materiales dúctiles se caracterizan por ser capaces de resistir grandes deformaciones antes de la

rotura, mientras que los frágiles presenta un alargamiento bajo cuando llegan al punto de rotura.” (MECA, 2011)

La relación entre Esfuerzos vs Deformaciones, en la madera, es fundamental para llegar determinar las propiedades físicas del material y en el siguiente diagrama de Esfuerzos y Deformaciones, se puede diferenciar el comportamiento de una viga de madera sometida a flexión, que se obtiene de los ensayos de compresión y de tracción pura. Estos ensayos se denominan pruebas estáticas, debido que las cargas se aplican muy lentamente, dado que la aplicación sobre los cuerpos depende de la respuesta de los materiales.

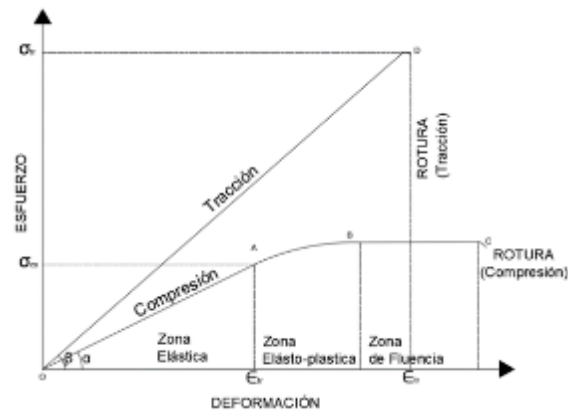


Figura 1: Diagrama Deformación vs. Esfuerzo

Fuente: Elaboración Propia

En el diagrama esfuerzos vs. deformaciones del cuerpo de madera, podemos apreciar que el grafico se caracteriza por presentar dos graficas que diferencian el comportamiento del cuerpo de madera sometida a tracción y a compresión. La grafica de la tracción se puede ubicar su comportamiento lineal hasta llegar al punto de rotura

(punto A'). Asimismo, también podemos apreciar que en la gráfica de tracción tiene tres fases hasta llegar su punto de rotura.

Por lo tanto, se presenta la obtención de los módulos de elasticidad longitudinales paralelos a la fibra en tracción y en compresión; el establecimiento del límite elástico a compresión y las tensiones de rotura; y la definición la curva tensión-deformación en tramo elasto-plástico de comportamiento a compresión. (Baño, 2014, p.4)

En el diagrama Esfuerzos vs Deformaciones, del ensayo de tracción del cuerpo de madera se puede observar que tiene un inicio de forma de línea recta desde el punto O hasta el punto de rotura o punto A', que indica que tiene un comportamiento lineal que define que las deformaciones del material son directamente proporcionales a la tensión, siendo esta parte del grafico llamada zona elástica, debido que en esta zona es donde las deformaciones no son permanentes y al conseguir el coeficiente producido entre la deformación y tensión, se obtiene el Módulo de Elasticidad, y también se cumple la Ley de Hooke.

En el punto A' culmina el grafico del ensayo de tracción del cuerpo de madera. En este punto se puede establecer el límite de proporcionalidad y Módulo de Resiliencia a tracción.

En el mismo gráfico de diagrama Esfuerzos vs Deformaciones durante el ensayo de compresión del cuerpo de madera, tiene un inicio de forma de recta desde el punto O hasta el punto A, que también indica que en esta zona las deformaciones son directamente proporcionales a la compresión, teniendo un comportamiento lineal, al cual a esta zona del grafico se nombra zona elástica, debido las deformaciones que sufre el cuerpo, no permanentes. Al conseguir el coeficiente producido entre la deformación y

compresión, al obtener la rigidez que posee el cuerpo para obtener el Módulo de Elasticidad, asimismo el Módulo de Resiliencia con la compresión.

Se puede determinar al evaluar los efectos de la flexión en los cuerpos de madera que el módulo de elasticidad en la zona comprimida tiene diferencia con la zona traccionada. Asimismo, el comportamiento lineal es sólo parcial, debido que a “partir de un punto, límite elástico, comienza la plastificación de la madera sometida a compresión, mientras que la madera sometida a tracción continúa con un comportamiento lineal hasta la rotura” (Baño, 2014, p.2)

En el gráfico de compresión del cuerpo de madera, desde el punto A hasta el punto B, se puede observar que no es lineal y que las deformaciones crecen rápidamente con pequeños incrementos por la compresión. Toma cada vez una pendiente más pequeña hasta llegar a B, donde la curva se vuelve horizontal. Dentro del punto A hasta el punto B, el material se vuelve elasto-plástico produciendo incrementos de longitud sin variar de la misma forma a la compresión.

En el gráfico de compresión del cuerpo de madera en el punto B, El valor de la tensión en este punto se denomina Esfuerzo Último, máximo o admisible. En esta zona también se puede obtener otras características principales del material como la Ductilidad y Tenacidad.

A partir del punto B del grafico en compresión posterior del cuerpo se aplica el mismo nivel de carga hasta que lograr el punto de fractura en el diagrama denominado como punto C del diagrama, generando su Fluencia debido que la madera continua con su deformación en compresión sin la necesidad de involucrar un aumento de carga aplicada.

En el punto C del gráfico en compresión del cuerpo de madera, se evalúa una considerable contracción lateral presentando una reducción en su sección transversal; en conclusión, se puede decir que a partir de ese punto, la compresión no genera una disminución hasta llegar a la rotura, lo que ocurre es que se presenta una relación de la fuerza que se aplica de sentido creciente entre la sección inicial y en el momento que se genera el descenso de la curva tensión-deformación de la sección sufriendo cambios y generando que no se tenga consideración en la gráfica de compresión. Al poder medir la reducción del cuerpo se puede obtener el Coeficiente de Poisson de la madera.

Módulo de Elasticidad (E):

El módulo de elasticidad es la medida de la rigidez del material que se obtiene del coeficiente la división entre la deformación y tensión. Se obtiene de la pendiente de la recta formada desde los puntos O y A ubicada en la zona elástica. Matemáticamente se puede definir el Módulo de Elasticidad como:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \quad (3)$$

Donde:

σ = Esfuerzo

E = módulo de elasticidad (en la zona elástica)

ε = deformación unitaria

Al hacer una comparación del entre módulo de elasticidad de diferentes tipos materiales aplicando la misma fuerza; se puede decir que el material tiene o no mayor rigidez dependiendo si un material se deforma elásticamente en mayor o menor medida. Se concluye que el módulo de elasticidad señala que la rigidez de un

material debido que mientras “más rígido es un material, mayor es su módulo de elasticidad.” (Gonzales, 2004)

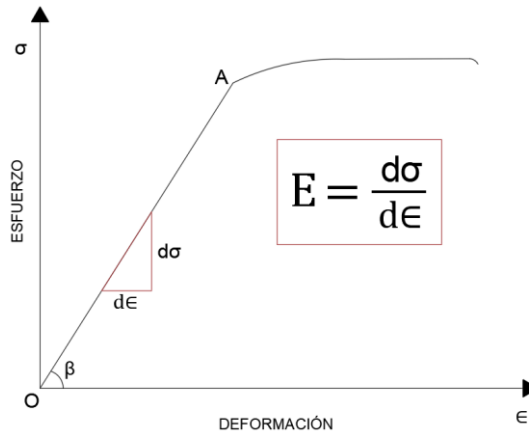


Figura 2: Elemento para Obtener el Módulo de Elasticidad

Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la Fluencia (σ_y):

La Resistencia a la fluencia es el valor de esfuerzo que se necesita aplicado para empezar la deformación permanente de 0.2% del material generando un alargamiento o fluencia en el material sin ser necesario un aumento de las fuerzas aplicadas que podría llegar o no a ser necesario disminuir mientras dura la fluencia.

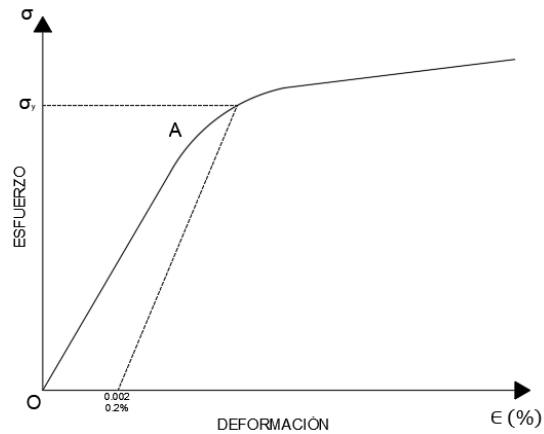


Figura 3: Punto de Fluencia en Diagrama Esfuerzo vs. Deformación

Fuente: Elaboración Propia

“Esfuerzo que produce un aumento de deformación sin incremento de esfuerzo. El esfuerzo de proporcionalidad resulta ser aproximadamente el 80% del esfuerzo de fluencia” (Alejandro, s.f., p.19)

$$\sigma_p = 0.8 \sigma_y \quad (4)$$

Donde:

σ_p = Esfuerzo de Proporcionalidad

σ_y = Esfuerzo de Fluencia

“A partir de este punto el material “fluye” produciéndose un aumento de la deformación sin necesidad de aumentar el esfuerzo” (Trujillo, 2007, p.44)

Sin embargo, el fenómeno de la fluencia es característico del acero al carbono, mientras que hay otros tipos de aceros, aleaciones y otros metales y materiales diversos, en los que no manifiesta.

Módulo de Resiliencia (u_r):

Podemos definir a la Resiliencia como la capacidad que tiene un material para absorber la energía elástica al momento de recibir una fuerza y sufrir deformación y permite ceder al momento de dejar de aplicar la fuerza; así mismo su propiedad de lograr recuperar su estado original después de ser sometido a tracción, compresión o dobléz. Para Medir la Resiliencia, se tiene que ubicar en dentro del rango de la deformación elástica del material.

Durante el ensayo al aplicar fuerza en forma progresiva a un cuerpo y este no se rompe o se deforma permanentemente, determinando que su resiliencia va aumentando. El cuerpo llegara a tener su máxima resiliencia, al momento de llegar a su punto de rotura o al terminar su límite elástico.

Al hacer la referencia de la Figura 1, podemos definir al módulo de resiliencia como el valor numérico del área ubicada bajo la recta o curva en la zona elástica. También se puede verificar que la resiliencia va en aumento con similitud a la fuerza aplicada al material. Al sobrepasar el límite elástico, el cuerpo obtiene deformaciones permanentes, por tal motivo, ya no tiene resiliencia.

El módulo de resiliencia es la energía dividida por la superficie del cuerpo utilizado en el ensayo. Pero el propósito del ensayo de Resiliencia, es poder evaluar si un cuerpo es poder determinar si el material utilizado tiene resistencia o no a la deformación.

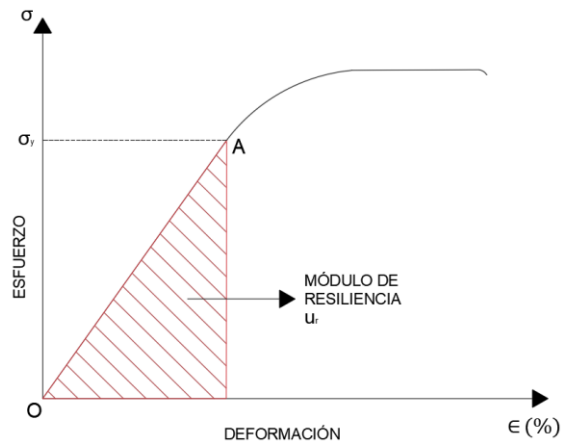


Figura 4: Área de Módulo de Resiliencia en Diagrama Esfuerzo vs. Deformación

Fuente: Elaboración Propia

Matemáticamente se puede definir la el Módulo de Resiliencia como:

$$u_r = \frac{\sigma_y^2}{2E} \quad (5)$$

Donde:

u_r = Módulo de Resiliencia

E = Modulo de Elasticidad

σ_y = Esfuerzo de Fluencia (esfuerzo en el límite proporcional)

Coficiente de Poisson (μ):

Se define como la relación entre la deformación longitudinal y lateral, siendo constante para cada material, que se obtiene al medir una sección su reducción del cuerpo que está constituido de material elástico e isótropo y que produce su incremento en su longitud y reduce en dirección perpendiculares al de su estiramiento. Se representa por la letra griega μ .

$$\mu = \frac{\varepsilon_{lateral}}{\varepsilon_{longitudinal}} \quad (6)$$

Todo cuerpo al que se le aplica fuerza en dirección axial llegar a sufrir deformación en el sentido que se aplica la carga, nombrándose deformación primaria (ε_x); sin embargo, también puede sufrir deformaciones secundarias o inducida (ε_y y ε_z) teniendo el sentido perpendicular.

$$\mu = - \frac{\varepsilon_y}{\varepsilon_x} = \frac{\varepsilon_z}{\varepsilon_x} \quad (7)$$

“Las características elásticas de una material homogéneo e isótropo quedan completamente definidas por el conocimiento de su módulo de Young (E), y su coeficiente de Poisson (σ).” (Universidad de Granada, s.f., p.01)

Cuerpo isótropo: Cuerpos con características físicas similares en todas direcciones.

Anisótropo: Cuerpos con características físicas en diferentes direcciones.

Cuerpo homogéneo: Cuerpos con igual densidad.

Inhomogéneo: Cuerpos con densidad diferente.

“El coeficiente de Poisson vale de 0,25 a 0,35 en los materiales metálicos, de 0,1 a 0,25 para el concreto y para los elastómeros y materiales plásticos hasta 0,5.” (Alejandro, s.f., p.17)

Esfuerzo Último (σ_u):

Es el punto más alto del Diagrama de Esfuerzo y Deformación que ocurre de forma previa a la rotura o falla del material determinando que es el esfuerzo máximo que puede soportar un material. Cuando el esfuerzo se aplica al cuerpo, es igual a su

resistencia a la Tensión, iniciando el descenso de la curva tensión-deformación y posteriormente inicia la fractura del material.

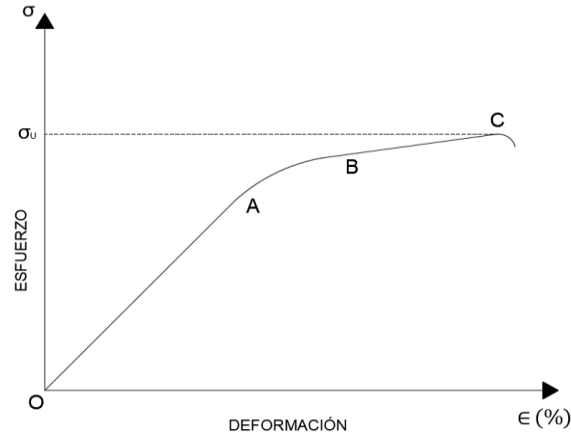


Figura 5: Esfuerzo Último del en Diagrama Esfuerzo vs. Deformación

Fuente: Elaboración Propia

La mayoría de los materiales, su esfuerzo último tiende a disminuir al momento de aumentar la cantidad de aplicaciones de carga en el cuerpo. A este fenómeno se le llama fatiga y en el caso de ser ignorado, puede provocar una falla súbita.

Ductilidad:

Podemos definir a la ductilidad como una medida de la habilidad de un material que tiene para deformarse plásticamente bajo la acción de una fuerza esfuerzo de tracción si llegar a romperse. La ductilidad puede medirse de dos formas:

- Forma matemáticamente el porcentaje de elongación se establece como:

$$\% \text{ de elongación} = (\%EL) = \frac{L_f - L_o}{L_o} \times 100 \quad (8)$$

- Forma matemáticamente el porcentaje de reducción de área se establece como:

$$\% \text{ de reducción de área} = (\%AR) = \frac{A_0 - A_f}{A_0} \times 100 \quad (9)$$

Donde:

L_0 = Longitud Inicial

L_f = Longitud Final

A_0 = Área Inicial

A_f = Área Final

Al querer obtener en un material una idea cualitativa de la ductilidad se puede obtener al calcular la longitud de la curva en el diagrama de esfuerzo vs deformación unitaria con la dirección del eje del esfuerzo (ϵ).

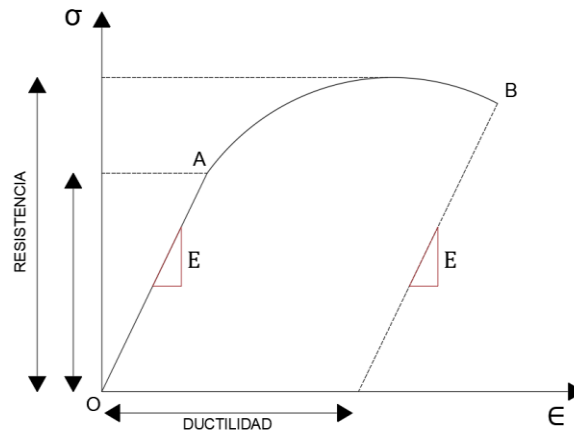


Figura 6: Ductilidad en Diagrama Esfuerzo vs. Deformación

Fuente: Elaboración Propia

Los materiales que llegan a obtener una gran deformación antes de llegar al punto de rotura, se denominan “dúctiles” debido que los cuerpos que se siguen deformando llegan a superar el límite elástico, generando un comportamiento plástico; y los materiales que obtienen el punto de rotura sin generar grandes deformaciones, se denominan “frágiles” debido que los que se rompen al superar el límite elástico.

Tenacidad:

Es la energía plástica que el cuerpo puede absorber o acumular antes de llegar a alcanzar la rotura durante el ensayo a tracción. La tenacidad es numéricamente igual al área bajo la curva esfuerzo vs deformación unitaria.

A un cuerpo podemos calificarlo como tenaz, cuanto este, posee una alta resistencia y ductilidad, así mismo al comparar los cuerpos dúctiles con los cuerpos frágiles podemos deducir que son más tenaces. La tenacidad tiende a ser mayor al alcanzar una relación entre una buena resistencia y ductilidad. Un cuerpo puede ser dúctil, pero a la vez no ser tenaz, o también puede ser resistente pero no llegar a ser tenaz.

La tenacidad llega a cuantificar a la energía total de un cuerpo hasta llegar a la fractura, utilizando el concepto para condiciones estáticas; asimismo también en el caso de llegar a entallar, utilizando el concepto para condiciones dinámicas.

Entallar se utiliza para concentrar las tensiones, como grietas o huecos en un cuerpo, en donde las tensiones llegan a aumentar debido a que existe menor capacidad de unirse con otras moléculas en su proximidad.

Para poder hacer una comparación entre los diferentes niveles de resistencia, ductilidad y tenacidad que puede tener diferentes materiales, por ello se utiliza el siguiente gráfico, en el cual se identifica tres diferentes tipos de materiales. El primer gráfico que se diferencia por tener el área de color azul pertenece a un material que posee una resistencia a la tensión muy alta, aunque tiene resistencia baja a la deformación; tiene buena resistencia, aunque es poco tenaz. El segundo gráfico que se diferencia por tener el área de color rojo pertenece a un tipo de material que posee un alto nivel de resistencia a la tensión y deformabilidad, se puede decir que el material es dúctil y tenaz. Por último, el tercer gráfico del área de color verde, se puede deducir que tiene una gran capacidad de deformación, aunque contiene una baja resistencia a la tracción; deduciendo que el material es muy dúctil, pero poco tenaz.

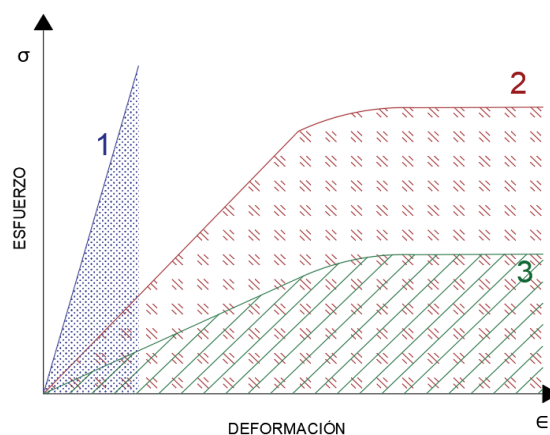


Figura 7: Comparación de los Materiales en los Niveles de Resistencia, Ductilidad y Tenacidad.

Fuente: Elaboración Propia

Existen datos publicados de valores de tensiones máximas para estas especies de procedencia americana, que adoptan los siguientes valores medios: P. Taeda ($\sigma_{c,r}=49,2$ N/mm²; $\sigma_{t,r}=80,0$ N/mm²) y P. Elliottii ($\sigma_{c,r}=49,2$ N/mm²), (USDA, 1999; USDA,

2010). De la especie *P. Sylvestris* de procedencia española se conocen no sólo las tensiones máximas, sino también los módulos de elasticidad a tracción y a compresión y valores de pendientes para el tramo elastoplástico, asumiendo una desratización de la zona curva del diagrama tensión-deformación en pequeños tramos rectos. Dicha especie adopta un valor medio de tensión en el límite elástico a compresión de 39 N/mm², un límite de rotura a tracción de 89 N/mm² (siendo el menor valor de 38,3 y el mayor de 144 N mm⁻²) y un límite de fallo a compresión de 57 N/mm² (Baño et al.,2012). (Baño, 2014, p.03)

2.2.4 Prueba de Capacidad de Absorción de Agua

La capacidad de absorción de agua se define como la deformación física que sufre un cuerpo especialmente su estructura interna, en estado seco, al ser sumergido al agua por un determinado tiempo, debido que el agua al introducirse en los poros del material genera un aumento de masa; para poder determinar la naturaleza del cuerpo para examinar su resistencia mecánica, su durabilidad y otras características del material.

Es el mayor o menor coeficiente que la muestra obtiene provocado por la humedad en función de la mayor o menor porosidad, siendo expresada en porcentaje (%) de la masa de la muestra seca y el índice de la porosidad del material.

Para determinar la absorción de agua en los cuerpos, se aplican los ensayos que están establecidos por la norma ISO 10545-3 obteniendo además la porosidad abierta, la densidad relativa aparente, y la densidad aparente de la muestra. Se puede utilizar dos métodos:

- **Método de Ebullición (E_b):** Este método se utiliza para la caracterización y clasificación del cuerpo. Generando que los poros abiertos se impermeabilicen para que se puedan llenar fácilmente.
- **Método de Vacío (E_v):** Este método se utiliza para determinar con mayor precisión la absorción de agua, asimismo la porosidad abierta, la densidad aparente y la densidad relativa aparente, permitiendo el llenado de casi todos los poros abiertos.

$$E_b = \frac{m_{2b} - m_1}{m_1} \times 100 \% \quad (10)$$

$$E_v = \frac{m_{2v} - m_1}{m_1} \times 100 \% \quad (11)$$

Donde:

m_{2b} = Masa de la muestra impregnada con agua hirviendo.

m_1 = Masa de la muestra seca

m_1 = Masa de la muestra impregnada con agua tras proceso de vacío y pesada también en vacío.

2.2.5 Prueba de Adherencia de Materiales

Al ser aplicados sobre superficies lisas y planas los recubrimientos orgánicos como barnices, lacas y pinturas, se puede adherir al substrato donde al ser aplicados, deben ser de forma satisfactoria. Se emplean este ensayo, logra determinar si existe una correcta adherencia o no, comprobando su resistencia al ser separados los substratos.

Este método se realiza haciendo cortes en sentido vertical y horizontal generando ángulos rectos en la capa de recubrimiento e introduciendo hasta el substrato. Este

método se caracteriza por ser un ensayo rápido. “Cuando se aplica un sistema multicapa, se ha de determinar la resistencia a la adhesión de cada capa del recubrimiento individualmente y entre capa y capa.” (Strasse, 2013)

Este ensayo es un método sencillo y fácilmente practicable para la evaluación de la adherencia de sistemas una y/o varias capas.

1. El primer paso, consiste en aplicar el barniz sobre una base de vidrio y posteriormente dejar secar hasta que culmine su curado.
2. Después, utilizando una cuchilla y regla, se realiza 6 cortes paralelos en sentido vertical y horizontal.
3. Posteriormente, cepillar 5 veces en dirección diagonal y pegar con una cinta adhesiva en los cortes.
4. Finalmente, quitar la cinta adhesiva y evaluar los resultados:

2.2.5.1 ASTM Clasificación: 5 B / ISO Clasificación: 0

Ninguna esquina de las cuadrículas se ha desprendido del recubrimiento entre las intersecciones de los cortes. El área de corte que está afectada se encuentra intacta, dejando los bordes del corte completamente lisos.

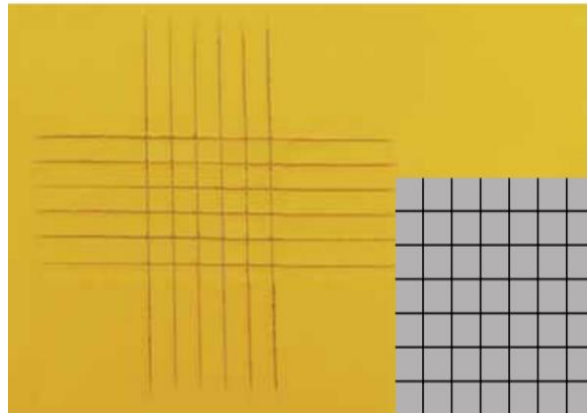


Figura 8: Área de Corte 0% Dañada

Fuente: Strasse, L. (2013). Adherencia. BYK Additives & Instruments. Obtenido de Obtenido de https://www.byk.com/fileadmin/byk/support/instruments/theory/physical-properties/es/Intro_Adherencia.pdf

2.2.5.2 ASTM Clasificación: 4 B / ISO Clasificación: 1

Existen pequeños desprendimientos de los fragmentos del recubrimiento entre las intersecciones de los cortes. El área de corte que está afectada es menor del 5%.

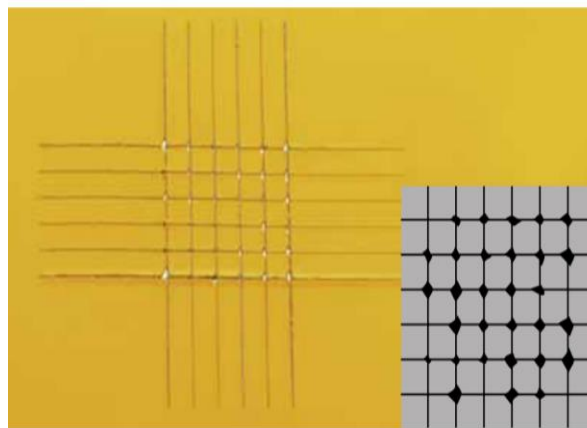


Figura 9: Área de Corte Menor de 5% Dañada

Fuente: Strasse, L. (2013). Adherencia. BYK Additives & Instruments. Obtenido de https://www.byk.com/fileadmin/byk/support/instruments/theory/physical-properties/es/Intro_Adherencia.pdf

2.2.5.3 ASTM Clasificación: 3 B / ISO Clasificación: 2

El recubrimiento presenta desprendimientos de fragmentos a lo largo de los bordes y/o en las intersecciones de los cortes. El área de corte afectado varía entre el 5 – 15%.

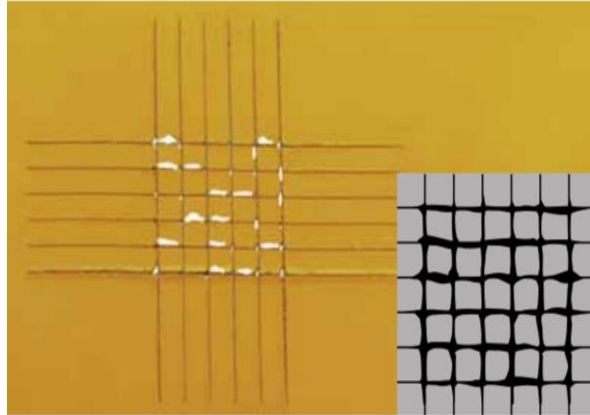


Figura 10: Área de Corte entre 5 - 15% Dañada

Fuente: Strasse, L. (2013). Adherencia. BYK Additives & Instruments. Obtenido de

https://www.byk.com/fileadmin/byk/support/instruments/theory/physical-properties/es/Intro_Adherencia.pdf

2.2.5.4 ASTM Clasificación: 2 B / ISO Clasificación: 3

El recubrimiento presenta desprendimientos de fragmentos de mayor forma a lo largo de los bordes, principalmente en todas las tiras y/o en parte por todas las esquinas. El área de corte afectado es varía entre el 15 - 35%

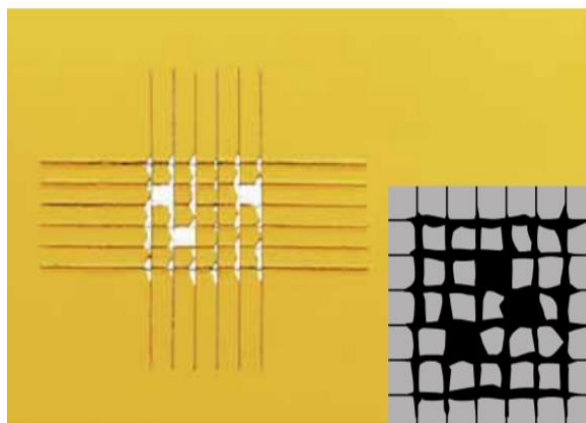


Figura 11: Área de Corte entre 15 - 35% Dañada

Fuente: Strasse, L. (2013). Adherencia. BYK Additives & Instruments. Obtenido de

https://www.byk.com/fileadmin/byk/support/instruments/theory/physical-properties/es/Intro_Adherencia.pdf

2.2.5.5 ASTM Clasificación: 1 B / ISO Clasificación: 4

El recubrimiento presenta desprendimientos de fragmentos a lo largo de los bordes, de mayor forma en todas las tiras y/o en parte o totalmente por todas las esquinas. El área de corte afectado varía entre 35 - 65%.

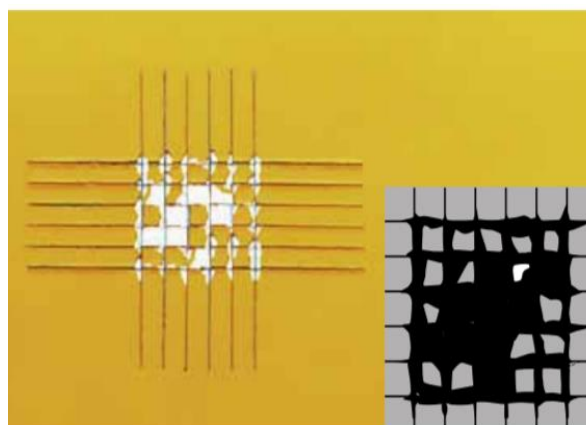


Figura 12: Área de Corte entre 35 - 65% Dañada

Fuente: Strasse, L. (2013). Adherencia. BYK Additives & Instruments. Obtenido de

https://www.byk.com/fileadmin/byk/support/instruments/theory/physical-properties/es/Intro_Adherencia.pdf

2.2.5.6 *ASTM Clasificación: 0 B / ISO Clasificación: 5*

Todas las esquinas de las cuadrículas se ha desprendido del recubrimiento, asimismo a lo largo de los bordes, de mayor forma en todas las tiras entre las intersecciones de los cortes. El área de corte que está afectada es mayor al 65%.

2.3 Definiciones Conceptuales

2.3.1 Fibra de Madera de Densidad Media (MDF)

MDF significa tablero de fibra de densidad media, del inglés medium density fibreboard, también conocido como DM. Este tipo de tablero está fabricado a partir de fibras de maderas (aproximadamente un 85%) y resinas sintéticas comprimidas, lo que le aporta una mayor densidad de la que se presentan aglomerados tradicionales o la madera contrachapada. Comúnmente se le llama MDF sin embargo esto no es exacto, ya que no estamos hablando de madera, sino de un producto derivado de ella. (Alejandro, 2015)

2.3.2 Fibra de vidrio

La fibra de vidrio se refiere a un grupo de productos hechos de hebras extremadamente finas de vidrio tejidas (entrelazadas) en varias configuraciones o formas diferentes para formar una tela o malla dando lugar a un material flexible, muy resistente al calor, ligero, resistente a muchos productos químicos, buen aislante eléctrico y barato. El vidrio es una mezcla de arena de cuarzo, sosa y cal. (Área Tecnológico, s.f.)

2.3.3 Perfil

Los perfiles estructurales o vigas son un tipo de productos que se crean por laminación en caliente de acero. El tipo del perfil que vaya a tener la viga de acero, así como sus cualidades, son determinantes a la hora de elegirlos para su aplicación y uso en la ingeniería y la arquitectura. Entre sus propiedades clave destacan su forma o perfil, su peso, sus particularidades y la composición química del material con que está hecho y su longitud. (Grupos Hierros Alfonzo, 2014)

2.3.4 Tensión

Es la reacción que se produce en el interior de la pieza a ensayar, cuando sobre ésta se aplica una carga. La tensión es siempre de la misma magnitud y de sentido contrario a la carga aplicada. Se mide en Pascales, que es la tensión que genera una carga de un Newton de fuerza aplicada sobre una superficie de un metro cuadrado. Según el punto de aplicación, la dirección y el sentido de la carga podemos diferenciar tres tipos de tensión: tensión de tracción, tensión de compresión y tensión tangencial. (Federación de Enseñanza de CC.OO., 2011)

2.3.5 Compresión

Es el esfuerzo al que está sometido un cuerpo por la aplicación de fuerzas que actúan en el mismo sentido, y tienden a acortarlo. Es lo contrario a la tracción y hace que se aproximen las diferentes partículas de un material, tendiendo a producir acortamientos o aplastamientos. Con lo que podemos decir, que la compresión es la resultante de las tensiones o presiones que existe dentro de un sólido deformable o medio continuo,

caracterizada porque tiene a una reducción de volumen o un acortamiento en determinada dirección. (Federación de Enseñanza de CC.OO., 2011)

2.3.6 Tracción

La tracción es el esfuerzo al que está sometido un cuerpo por la aplicación de dos fuerzas que actúan en sentido opuesto, y tienden a estirarlo. Se considera que las tensiones que tienen cualquier sección perpendicular a dichas fuerzas, son normales a esa sección, son de sentidos opuestos a las fuerzas que intentan alargar el cuerpo. La tracción produce un alargamiento sobre el eje X, produce a su vez una disminución sobre los ejes Y e Z. (Federación de Enseñanza de CC.OO., 2011)

2.3.7 Humedad

“Se denomina humedad al agua que impregna un cuerpo o al vapor presente en la atmósfera. El agua está presente en todos los cuerpos vivos, ya sean animales o vegetales, y esa presencia es de gran importancia para la vida.” (Equipos y Laboratorio de Colombia, 2011)

2.3.8 Epóxido

Las resinas epoxi o poliepóxidos son polímeros termoestables, que se endurecen cuando se mezclan con un agente catalizador o endurecedor. Las mismas están constituidas comúnmente de dos componentes que se mezclan previamente antes de ser usados; al mezclarse reaccionan causando la solidificación de las resinas. (Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social, 2017)

2.4 Hipótesis

El Presente Proyecto de Investigación no presentará la formulación de Hipótesis debido que en el desarrollo y las conclusiones que se obtendrán, generarán la solución del problema planteado.

2.5 Variables

No contiene variables debido que es el desarrollo de un diseño de un nuevo tipo de perfil elaborado de fibra de densidad media (MDF) y fibra de vidrio.

2.6 Operacionalización de las Variables (Dimensiones e Indicaciones)

No contiene variables debido que es el desarrollo de un diseño de un nuevo tipo de perfil elaborado de fibra de densidad media (MDF) y fibra de vidrio.

III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo de Investigación, Enfoque y Alcance o Nivel

3.1.1 Enfoque

El enfoque de este trabajo de investigación es de tipo de investigación descriptiva y experimental, dado que se van a realizar el análisis y diseño del nuevo tipo de perfil compuesto de fibra de densidad media (MDF) cubierto de fibra de vidrio, teniendo en consideración que es primordial determinar las propiedades de los materiales para poder tener óptimos resultados al determinar el comportamiento estructural a la flexión y corte que se propone en esta investigación.

Con el nuevo perfil trabajado en I de fibra de madera de densidad media (MDF) y la fibra de vidrio, se aplicará como un prototipo de elemento estructural a un invernadero de Camposol.

3.1.2 Alcance o Nivel

El presente informe es descriptivo, debido que logramos obtener las características de la fibra de madera de densidad media (MDF) y la fibra de vidrio. Además de conseguir los datos que se necesitan para evaluar su resistencia a la humedad del perfil. Y finalmente presentar en un informe descriptivo del comportamiento de las variables.

3.1.3 Diseño

Los niveles de investigación que se han utilizado en el proyecto fueron de tipo de investigación descriptiva y experimental. Ha sido descriptivo debido que existe una

necesidad de conocer las propiedades físicas de fibra de madera de densidad media (MDF) y las propiedades de la fibra de vidrio; se ha medido y determinado sus valores de esfuerzos y deformaciones, para presentarlos en un informe descriptivo del comportamiento de las variables.

Ha sido de modo experimental ya que era desconocimiento del verdadero valor del módulo de elasticidad de los materiales utilizados para la elaboración del perfil.

3.2 Población y Muestra

3.2.1 Población

El presente trabajo de investigación considera como población a todas las muestras de fibra de densidad media (MDF) con unas medidas de 30 x 5 cm, con espesores de 3, 4 y 5.5 mm, y las muestras de resina de fibra de vidrio conformadas por una capa con medidas de 30 x 5 cm. Asimismo, también se considera como población, a las muestras creadas por la combinación de los dos materiales utilizados.

3.2.2 Muestra

Para determinar la resistencia de los materiales, se aplicó los ensayos de Flexión utilizando 5 muestras de Madera de Densidad Media (MDF) con espesores de 3mm, 4mm y 5.5mm, cumpliendo las normas técnicas ASTM D-143 y NTP 251.011:2014.

Se obtuvo características de las muestras elaborados de Madera de Densidad Media (MDF) y de la fibra de Vidrio con Resina Epóxica al trabajar conjuntamente para determinar su capacidad de absorción de agua, según las normas técnicas ISO 10545-3

Además, se evaluó 5 muestras de adherencia de materiales entre la Madera de Densidad Media (MDF) y de la fibra de vidrio con resina epóxica bajo los estándares de según las normas técnicas.

Tabla 1: Cuadro de Cantidad de Muestras y Ensayos

Tipo de Ensayo	Material	Medidas		Cantidad de Muestra
Resistencia de Materiales de Flexión	MDF	3 mm	30 x 5 cm	5
		4 mm	30 x 5 cm	5
		5 mm	30 x 5 cm	5
	Resina Epóxica		30 x 5 cm	5
Adherencia de Materiales	MDF y Resina Epóxica		30 x 5 cm	5
Capacidad de Absorción de Agua	MDF y Resina Epóxica		30 x 5 cm	5

Fuente: Elaboración Propia

3.3 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

3.3.1 Recolección de datos

Para el desarrollo de la presente investigación se determinó las propiedades que posee los materiales que componen el perfil. Los ensayos que se hicieron fueron el ensayo de Flexión de la Fibra de Madera de Densidad Media según las normas ASTM D-143 y NTP 251.011:2014, para poder determinar sus características del material y poder hacer un correcto modelamiento del perfil.

Asimismo, se tomaron resultados de los Ensayos de Resistencia a la Flexión de Materiales Compuestos (Resina Poliéster con Fibra de Vidrio) para lograr determinar sus características del material.

Además, a la resina de fibra de vidrio se le ejecutó el ensayo de Absorción de Agua según las normas ASTM D-570-98 para poder asegurar que este material trabaje como una capa impermeabilizante.

Posteriormente de haber ejecutado el modelamiento, se aplicó el ensayo de Adherencia de Materiales según las normas ASTM D3002 y D3359 / ISO 2409 para confirmar que la resina de fibra de vidrio trabaja como una capa impermeabilizante del perfil y/o trabaja junto a la fibra de madera de densidad media.

De esta manera se pudo determinar que se ha diseñado un modelo correcto de perfil elaborado con fibra de madera de densidad media y fibra de vidrio, y que se podrá utilizar para remplazar otro tipo de estructuras metálicas utilizadas en zonas con gran contenido de humedad.

3.3.2 Presentación de datos

El desarrollo de esta investigación empezó con el análisis del comportamiento de la fibra de madera de densidad media (MDF) para lograr conocer y determinar sus distintas propiedades mecánicas para lo cual fue necesario desarrollar el ensayo de Flexión; obteniéndose los resultados de la Tabla 3.

Tabla 2: Resumen de Ensayo de Flexión de MDF

TIPO DE MATERIAL	ESPESOR	DATO OBTENIDO	1	2	3	4	5	PROM.
Madera Densidad Media	3 mm	Esfuerzo	0.03	0.03	0.03	0.032	0.031	0.031
		Deformación	0.19	0.18	0.17	0.229	0.246	0.2031
	4 mm	Esfuerzo	0.05	0.05	0.04	0.044	0.04	0.044
		Deformación	0.14	0.13	0.14	0.138	0.131	0.1362
	5.5 mm	Esfuerzo	0.12	0.11	0.12	0.117	0.12	0.118
		Deformación	0.13	0.13	0.13	0.131	0.134	0.1328
Resina Epóxica con Fibra de Vidrio	Esfuerzo	0.05	0.05	0.05	0.05	0.056	0.0524	
	Deformación	0.31	0.31	0.31	0.321	0.308	0.312	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3: Resultados de Diagrama Esfuerzo vs Deformación de MDF de 3mm.

MATERIAL	DATO OBTENIDO	1	2	3	4	5	PROM.
Madera Densidad Media (MDF) (3mm)	Módulo de Elasticidad	25.8	23.685	17.223	27.13	27.56	24.28
	Resistencia a la Fluencia	0.185	0.182	0.174	0.229	0.246	0.203
	Módulo de Resiliencia	0.00004	0.00003	0.00009	0.00004	0.00001	0.00004
	Coefficiente de Poisson	0.333	0.300	0.333	0.3333	0.125	0.285
	Esfuerzo Ultimo	0.031	0.029	0.031	0.0315	0.0305	0.031
	Ductilidad	0.40%	0.33%	0.40%	0.40%	0.27%	0.36%
		0.20%	0.07%	0.20%	0.20%	0.33%	0.20%
	Tenacidad	0.00377	0.00341	0.00367	0.00429	0.00436	0.00392
	Esfuerzo al Limite Proporcional Elástico	0.0516	0.04737	0.05167	0.05426	0.05512	0.052
	Esfuerzo de Rotura	0.031	0.029	0.031	0.032	0.031	0.031

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4: Resultados de Diagrama Esfuerzo vs Deformación de MDF de 4mm.

MATERIAL	DATO OBTENIDO	1	2	3	4	5	PROM.
Madera Densidad Media (MDF) (4mm)	Módulo de Elasticidad	4.508	3.875	5.168	5.598	6.89	5.208
	Resistencia a la Fluencia	0.144	0.133	0.135	0.138	0.131	0.136
	Módulo de Resiliencia	5E-05	1E-04	6E-05	4E-05	1E-05	0.00006
	Coefficiente de Poisson	0.33	0.30	0.10	0.25	0.13	0.22
	Esfuerzo Ultimo	0.045	0.047	0.0425	0.0435	0.04	0.0436
	Ductilidad	0.40%	0.33%	0.33%	0.13%	0.27%	0.29%
		0.20%	0.27%	0.07%	0.47%	0.33%	0.27%
	Tenacidad	0.003	0.003	0.0034	0.0031	0.0028	0.00306
	Esfuerzo al Limite Proporcional Elástico	0.0169	0.023	0.0194	0.0168	0.0103	0.01733
	Esfuerzo de Rotura	0.034	0.035	0.032	0.033	0.03	0.033

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5: Resultados de Diagrama Esfuerzo vs Deformación de MDF de 5.5mm.

MATERIAL	DATO OBTENIDO	1	2	3	4	5	PROM.
Madera Densidad Media (MDF) (5mm)	Módulo de Elasticidad	1.487	1.818	1.615	1.02	1.088	3.578
	Resistencia a la Fluencia	0.134	0.136	0.131	0.131	0.136	0.134
	Módulo de Resiliencia	9E-05	3E-05	5E-05	6E-05	6E-05	0.00006
	Coefficiente de Poisson	0.033	0.03	0.01	0.025	0.125	0.045
	Esfuerzo Ultimo	0.118	0.115	0.119	0.117	0.12	0.117
	Ductilidad	0.40%	0.33%	0.33%	0.13%	0.27%	0.29%
		0.20%	0.27%	0.07%	0.47%	0.33%	0.27%
	Tenacidad	0.0058	0.0058	0.0063	0.0055	0.006	0.00583
	Esfuerzo al Limite Proporcional Elástico	0.0029	0.0089	0.0071	0.0061	0.007	0.00751
	Esfuerzo de Rotura	0.064	0.062	0.065	0.064	0.065	0.064

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6: Resultados de Diagrama Esfuerzo vs Deformación de Resina Epóxica con Fibra de vidrio

MATERIAL	DATO OBTENIDO	1	2	3	4	5	PROM.
Resina Epóxica con Fibra de Vidrio (RFV)	Módulo de Elasticidad	31.694	25.924	22.78	24.361	28.565	26.665
	Resistencia a la Fluencia	0.313	0.308	0.311	0.321	0.308	0.312
	Módulo de Resiliencia	0.0004	0.00031	0.00064	0.00079	0.0005	0.00054
	Coefficiente de Poisson	0.027	0.044	0.02	0.2	0.075	0.073
	Esfuerzo Ultimo	0.0525	0.0505	54	0.0495	0.0555	0.0524
	Ductilidad	0.5	0.53	0.33	0.13	0.27	0.353
		-0.3	-0.47	-0.07	-0.47	-0.33	-0.33
	Tenacidad	0.0126	0.0117	0.01206	0.01199	0.013	0.01226
Esfuerzo al Limite Proporcional Elástico	0.1829	0.15554	0.19135	0.24361	0.2057	0.19581	
Esfuerzo de Rotura	0.061	0.061	0.065	0.062	0.067	0.063	

Fuente: Elaboración Propia

Después de obtener los resultados demostrados en tabla 4, 5 y 6, utilizando las fórmulas citadas en el marco teórico, sacamos el promedio de las diferentes muestras que se utilizaron para poder determinar Modulo de Elasticidad, Resistencia a la Fluencia, Modulo de Resiliencia, Coeficiente de Poisson, Esfuerzo Ultimo, Ductilidad y Tenacidad; para poder encontrar el esfuerzo máximo que puede soportar el material.

Debido a que los resultados pudieron variar puesto que pudimos cometer un cierto número de errores humanos durante el transcurso del ensayo al tomar los datos sistemáticos y de medición, se obtuvieron 5 diferentes medidas para obtener un promedio.

Dado que la madera de densidad media (MDF) es un material que puede resistir a una falla luego de aplicar una fuerza, este llego a soportar una carga promedio de 6.12

Kg. con las muestras de 3mm, 8.72 de Kg. con las muestras de 4mm, 23.50 de Kg. con las muestras de 5.5mm y 10.48 de Kg la resina de Fibra de Vidrio; siendo esta suficiente para trabajar con cargas moderadas y se pudo ver como varió el comportamiento de la muestra a medida que se iba aumentando la carga.

Debido a que se pudo determinar por estática que, durante el momento flector, se da en el punto medio de la muestra. Al obtener nuestros resultados de los ensayos, se pudo aplicar la ecuación de la deflexión siendo evaluada en el centro de las muestras.

$$\delta_y = \frac{Mt^2}{48EI} \quad (12)$$

$$\rho = \frac{t^2}{48\delta_y} \quad (13)$$

La deformación que se produjo durante la flexión del material, se pudo considerar como zona elástica del material, y se utilizó para conseguir su carga máxima, posteriormente se determinó el esfuerzo máximo de rotura, siendo este uno de los parámetros más importantes que se obtiene con el ensayo de flexión.

Al continuar con el ensayo se obtuvo el punto en el que se tuvo que determinó el esfuerzo máximo de rotura, conocido como la resistencia de rotura, con estos parámetros importantes se realizó un análisis del esfuerzo máximo en las condiciones que la carga máxima deje a la probeta ensayada.

Para obtener la inercia de todos los perfiles, para lo cual se utilizaron las siguientes formulas:

- Centro de Gravedad:

- $(X_{c.g.}) * (\sum A) = \sum(A_i * X_i)$ (14)

$$X_{c.g.} = \frac{A_1 * X_1 + A_2 * X_2 + A_3 * X_3 + \dots + A_n * X_n}{A_1 + A_2 + A_3} \quad (15)$$

- $(Y_{c.g.}) * (\sum A) = \sum(A_i * Y_i)$ (16)

$$Y_{c.g.} = \frac{A_1 * Y_1 + A_2 * Y_2 + A_3 * Y_3 + \dots + A_n * Y_n}{A_1 + A_2 + A_3} \quad (17)$$

- $A = b * h$ (18)

- $x = \frac{b}{2}$ (19)

- $y = \frac{h}{2}$ (20)

- Momento de Inercia:

- $I_{0x} = \frac{b * h^3}{12}$ (21)

- $I_{0y} = \frac{h * b^3}{12}$ (22)

- $d_x = Y_{c.g.} - y$ (23)

- $d_y = X_{c.g.} - x$ (24)

- Teorema de Steiner:

- $I_x = I_{0x} + A * d_y^2$ (25)

- $I_y = I_{0y} + A * d_x^2$ (26)

Después de calcular la inercia en X y en Y de los 210 diferentes tipos de perfiles, se creó una relación entre Inercia en X y el área de cada perfil, obteniéndose los 5 perfiles que contenían mayor relación.

De esta manera, se pudo calcular un promedio del esfuerzo y deformación de cada muestra de cada tipo de material.

3.3.3 Análisis e interpretación de los datos

En la presente investigación, se realizó el estudio previo de los materiales, la fibra de madera de densidad media (MDF) y resina de fibra de vidrio, que conforman al perfil I.

Para determinar las propiedades de la fibra de madera de densidad media (MDF), se trabajó con los diferentes espesores de 3, 4 y 5.5 mm, ejecutando el ensayo de flexión, cumpliendo con la norma ASTM D-143, aplicando las cargas en dirección de las alas (horizontal) y el alma (vertical), para poder obtener las características del material y hallar su resistencia máxima, demostrando que la resistencia del MDF depende del espesor y a la dirección que se aplica la carga.

Con respecto a la resina de fibra de vidrio, se hayo la mejor relación que se puede trabajar entre la resina y el solvente para posteriormente crear muestras de la resina de fibra de vidrio de una capa, trabajarlo en el ensayo de flexión, respetando la norma ASTM D 7264-07 (D 790-10), obteniendo las características de las resinas de la fibra de vidrio.

Se trabajó con el ensayo de flexión, debido que su principal característica es que genera obtener el diagrama de esfuerzo vs. deformación y determinar las propiedades mecánicas del MDF con sus espesores (3mm, 4mm y 5mm) y resina de fibra de vidrio. Estos ensayos se ejecutaron debido que los materiales son frágiles como para ser ensayado por deformación.

Para garantizar la correcta función en los dos materiales se elaboró el ensayo de Adherencia de Materiales bajo el cumplimiento de las normas ASTM D3002 y D3359 / ISO 2409, comprobando la correcta capacidad de la resina de vidrio transmitir la fuerza que recibe hacia el MDF. Puesto que la resina no solo trabaja como capa

impermeabilizante se concluye que ambos materiales trabajan conjuntamente para la resistencia del perfil.

Por último, se evaluó el porcentaje de la Capacidad de Absorción de Agua, para sustentar que la Resina de Fibra de Vidrio trabaja como una capa impermeabilizante para la Fibra de Madera de Densidad Media (MDF).

3.4 Técnicas para el Procesamiento y Análisis de la Información

Para el procesamiento de datos obtenidos del perfil en H elaborado de Fibra de Madera de Densidad Media (MDF) y Resina de fibra de vidrio, se realizó un estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los materiales q componen al perfil y posteriormente al perfil se sometido a flexión, que se sometió a evaluación mediante las metodologías ensayo de la viga transversal, basado en utilizar a la probeta apoyada en sus extremos, sin tensión, aplicada una carga en la mitad de su longitud; antes explicadas para luego plasmarlo en este informe.

3.4.1 Análisis de la Consistencia de Resina

3.4.1 Consistencia de Resina Epóxica

Para la evaluación de la consistencia de la resina, debido a que es un producto adhesivo conformada de dos componentes a base de resinas epóxicas se tomó en consideración la relación implantada por el fabricante de la resina (SIKA, Anexo 4) de 3.5 entre la resina (3.11 kg.) y el solvente (0.89 kg.).

Se tomaron 5 diferentes muestras y se varió la relación de 3.5 con un margen de 0.5, desde 2.5 hasta 4.5, para obtener la mejor relación de la consistencia de la resina, obteniendo los resultados de la tabla 10 y del anexo 5.

Tabla 7: Relacion de Resina

Muestra	Peso de Resina (gr.)	Peso de Solvente (gr.)	Relación
A	51.83	20.73	2.5
B	49.39	16.46	3
C	52.38	14.97	3.5
D	51.48	12.87	4
E	52.38	11.64	4.5

Fuente: Elaboración Propia

Se escogió la relación 3.0 de la muestra B debido a que demostró mejor composición. Con esta relación, se utilizó 324.40 g. de resina, 108.13 de solvente y un retazo de 30x30 cm de fibra de vidrio para crear una capa de resina con fibra de vidrio.

Después de esperar 72 horas, de secado, se prosiguió a separar en 5 muestras de 5x30 cm para posteriormente ser evaluado en el ensayo de flexión de resina de fibra de vidrio.

3.4.2 Prueba de Adherencia de Materiales

3.4.1 Adherencia de Materiales con Resina Epóxica

Se trabajó con la resina de fibra de vidrio debido que este material puede trabajar como capa impermeabilizante, para bloquear el ingreso de humedad al perfil; debido a eso, después de obtener el tipo de resina, se aplicó la prueba de adherencia de materiales y se pudo comprobar que la resina de fibra de vidrio también además de tener la capacidad de transmitir la fuerza que recibe hacia el

MDF, también ayuda al MDF a trabajar conjuntamente para la resistencia del perfil. Este ensayo se efectuó bajo el cumplimiento de las normas ASTM D3002 y D3359 / ISO 2409.

Para efectuar el ensayo se utilizó 5 muestras conformada por la fibra de Madera de Densidad Media y la Resina de Fibra de Vidrio. La pasar las 72 horas de secado de la resina de fibra de vidrio, se prosigue hacer 5 cortes en sentido vertical y horizontal con la ayuda de un cutter, luego de hacer una limpieza ligera, se cepilla en dirección diagonal, 5 veces quitando los trozos sueltos con una cinta adhesiva, para luego examinar el área con los cortes, haciendo este procedimiento en cada muestra, para luego obtener los resultados de la tabla 11 y del anexo 5.

Tabla 8: Resultados de Prueba de Adherencia de Materiales

Muestra	(%) Porcentaje	ASTM	ISO
1	0%	5B	0
2	1%	4B	1
3	0%	5B	0
4	1%	4B	1
5	0%	5B	0
Promedio	0.40%	4B	1

Fuente: Elaboración Propia

3.4.3 Prueba de Resistencia de Materiales

Ensayo de Flexión de Fibra de Madera de Densidad Media (MDF):

Para analizar el comportamiento que tiene la Fibra de Madera de Densidad Media (MDF) y lograr determinar las propiedades mecánicas de este material, sometimos a

esfuerzos de flexión pura siguiendo las normas de la Flexión de Madera según ASTM D-143 / NTP 251.011:2014

Para realizar los ensayos de flexión de la Fibra de Madera de Densidad Media (MDF), primero se tiene que medir las dimensiones y el peso de las probetas, utilizando los instrumentos calibrador “Pie de Rey”, regla y una balanza de margen de error.

Posteriormente se instala en la maquina universal, los anillos de carga y se calibran los deformímetros, para luego hacer la toma de datos y registrarlos en los formatos, (como se pueden apreciar en las figuras 22 y 23), los datos de carga aplicada y la deformación que arroja el deformímetro, en los diferentes espesores del material.

TIPO DE ENSAYO:		REGIÓN ESTÁTICA:		NTP 251.011	
Prácticantes: Bach. Ing. Alvaro Corra Franco Bach. Ing. Othmar Juchá Scalet		Proyecto: Determinación del comportamiento estructural a la flexión y curvas de perfiles de tallos aglomerados de fibra de madera de densidad media (MDF) a fibra de vidrio.			
Laboratorio: Laboratorio de Facultad de Ingeniería de Materiales de Universidad Nacional del Trujillo		Fuente: Madera de Densidad Media (MDF)			
CÓDIGO DE MUESTRA		TIEMPO DE ENSAYO			
DIMENSIONES PARA EL CÁLCULO DE ESFUERZOS					
"a" cm	"a"	"a"	"a" Promedio" cm	2400 cm	
"b" cm	"b"	"b"	"b" Promedio" cm	longitud de Apoyo (cm)	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)					
Peso Húm. (gr)		Muestra (gr.1)		Muestra (gr.2)	
Peso Seco (gr)		Muestra (gr.1)		Muestra (gr.2)	
Nº	CARGA (N)	DEFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (N/mm²)	DEFORMACIÓN UNITARIA	GRÁFICA
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					

Figura 13: Formato de toma de datos de Ensayo de Flexión MDF 1

Fuente: Elaboración Propia

TÍTULO DE ENSAYO		FLEXIÓN ESTÁTICA		MDF 25.0.02	
Ejecutores:		Bach. Ing. Arturo Gera-Franco Bach. Ing. Olivero Salto-Suazo		Proyecto: Determinación del comportamiento estructural a la flexión y entre de puntos de inflexión, alineamiento de fibra de madera de densidad media (MDF) y fibra de vidrio.	
Laboratorio:		Laboratorio de Facultad de Ingeniería de Materiales de Universidad Nacional del Táchira		Ejercicio: Muestra de Densidad Media (MDF)	
INTERPRETACIÓN DE GRÁFICA					
NO	ESFUERZO $\sigma = \frac{PL}{2ab^2}$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = \frac{f}{L}$	AJUSTE DE PUNTOS DE REGRESIÓN LINEAL Y CUADRÁTICA		
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
			DATOS DEPENDIENTES DEL GRÁFICO		
28			n	$n-1$	$n-2$
29			$\sum x$	$\sum y$	$\sum xy$
30			$\sum x^2$	$\sum y^2$	$\sum x^2y$
FOTO: MUESTRA ENSAYADA					

Figura 14: Formato de toma de datos de Ensayo de Flexión MDF 2

Fuente: Elaboración Propia

Se trabajaron con las fórmulas para utilizar los datos tomados como la carga y la flecha para poder determinar el esfuerzo y flexión y desarrollar en grafico Esfuerzo vs Deformación Unitaria.

$$\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \tag{27}$$

$$DU = 6fbL^{-2} \tag{28}$$

Donde:

- P = Carga
- L = Luz entre apoyos
- a = Ancho de la Probeta
- b = Peralte de la Probeta
- f = Deflexión (flecha) en el centro de la probeta
- b = Peralte de la Probeta

L =Luz entre apoyos

Luego de obtener el grafico Esfuerzo vs Deformación Unitaria promedio por cada espesor, se prosigue a obtener las siguientes características del material:

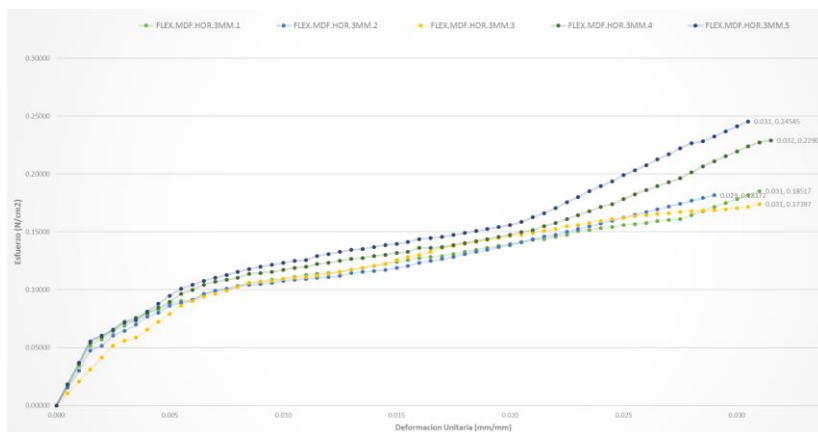


Figura 15: Gráfica Resumen de las Muestras de 3mm

Fuente: Elaboración Propia

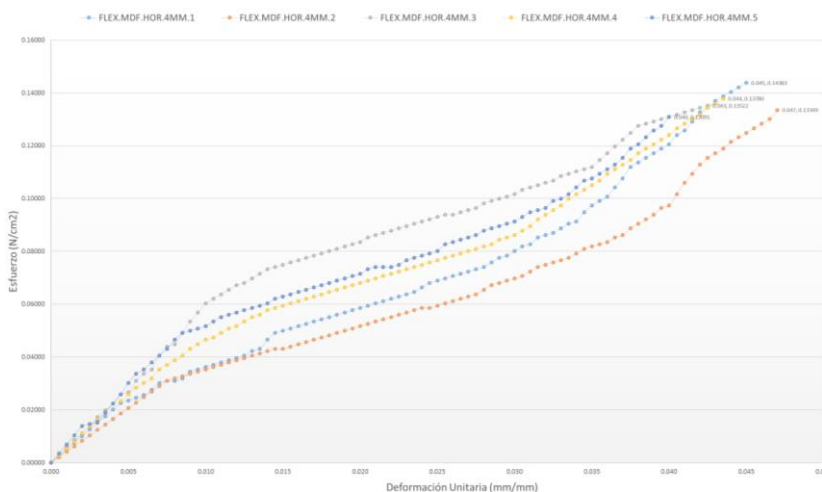


Figura 16: Gráfica Resumen de las Muestras de 4mm

Fuente: Elaboración Propia

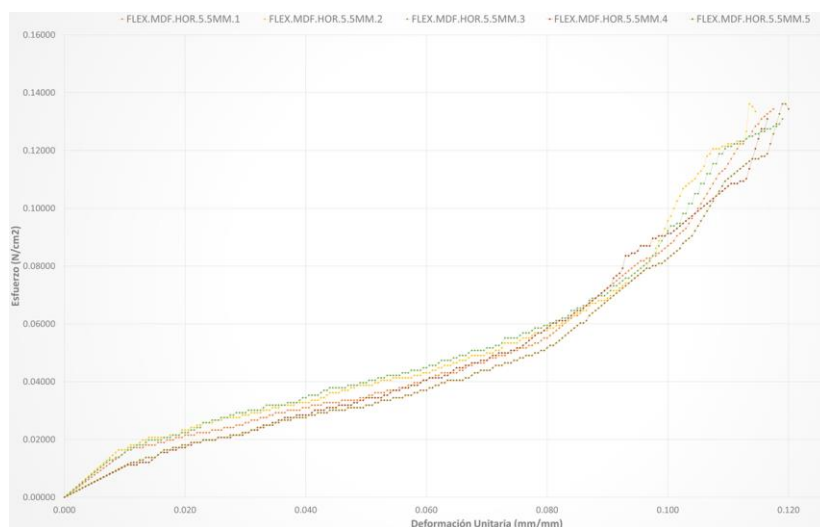


Figura 17: Gráfica Resumen de las Muestras de 5.5mm

Fuente: Elaboración Propia

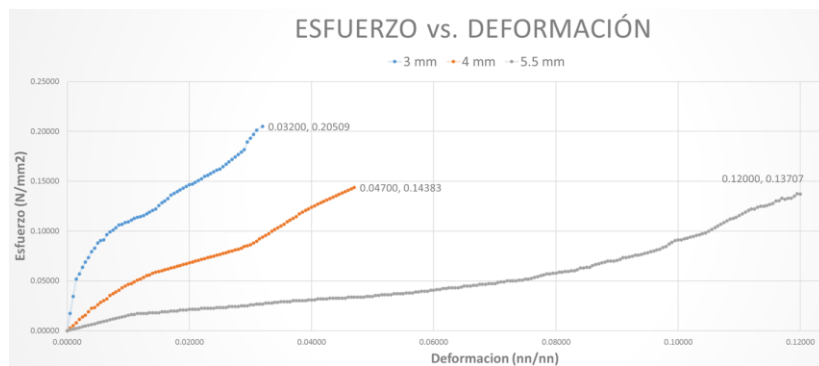


Figura 18: Gráfica Promedio de las Muestras por cada Espesor

Fuente: Elaboración Propia

Módulo de Elasticidad:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \quad (3)$$

Donde:

σ = Esfuerzo

E = módulo de elasticidad (en la zona elástica)

ε = deformación unitaria

Resistencia a la Fluencia

$$\sigma_p = 0.8 \sigma_y \quad (4)$$

Donde:

σ_p = Esfuerzo de Proporcionalidad

σ_y = Esfuerzo de Fluencia

Módulo de Resiliencia

$$u_r = \frac{\sigma_y^2}{2E} \quad (5)$$

Donde:

u_r = Módulo de Resiliencia

E = Modulo de Elasticidad

σ_y = Esfuerzo de Fluencia (esfuerzo en el límite proporcional)

Coefficiente de Poisson

$$\mu = \frac{\varepsilon_{lateral}}{\varepsilon_{longitudinal}} = - \frac{\varepsilon_y}{\varepsilon_x} = \frac{\varepsilon_z}{\varepsilon_x} \quad (6)$$

Donde:

μ = Coeficiente de Poisson

ε = deformación

ε_x = deformación primaria

ϵ_y, ϵ_z = deformaciones secundarias o inducida

Ductilidad

$$\% \text{ de elongación} = (\%EL) = \frac{L_f - L_0}{L_0} \times 100 \quad (8)$$

$$\% \text{ de reducción de área} = (\%AR) = \frac{A_0 - A_f}{A_0} \times 100 \quad (9)$$

Donde:

L_0 = Longitud Inicial

L_f = Longitud Final

A_0 = Área Inicial

A_f = Área Final

Esfuerzo al Limite Proporcional Elástico

$$\sigma_L = \frac{3P_L}{2ab^2} \quad (29)$$

Donde:

σ_L = Esfuerzo al límite proporcional elástico

P_L = Carga en el límite proporcional elástico

a = Ancho de la Probeta

b = Peralte de la probeta

Esfuerzo de Rotura

$$\sigma_R = \frac{3P_R}{2ab^2} \quad (30)$$

Donde:

σ_R = Esfuerzo de Rotura

P_R = Carga de Rotura

a = Ancho de la Probeta

b = Peralte de la probeta

Ensayo de Flexión de Resina de Fibra de Vidrio:

Ensayo de Flexión de Resina Epóxica con Fibra de Vidrio

Para analizar el comportamiento que tiene la Resina de Fibra de Vidrio y lograr determinar las propiedades mecánicas de este material, sometimos a esfuerzos de flexión pura siguiendo las normas de la Flexión Resina Fibra de vidrio ASTM D 7264-07 (D 790-10)

Para realizar los ensayos de flexión de la Resina de Fibra de Vidrio, primero se tiene que medir las dimensiones y el peso de las probetas, utilizando los instrumentos calibrador “Pie de Rey”, regla y una balanza de margen de error.

Posteriormente se instala en la maquina universal, los anillos de carga y se calibran los deformímetros, para luego hacer la toma de datos y registrarlos en los formatos (como se pueden apreciar en las figuras 24 y 25), los datos de carga aplicada y la deformación que arroja el deformímetro, en los diferentes espesores del material.

TIPO DE ENSAYO:		FLEXIÓN ESTÁTICA		MIP 02.04.02	
Estudiantes: Bach. Ing. Arlene Cruz Franco Bach. Ing. Olivera Sotelo Susán		Proyecto: Determinación del comportamiento estructural a la flexión y corte de perfiles de vidrio laminado de fibra de resina de densidad media (MDF) y fibra de vidrio			
Laboratorio: Laboratorio de Facultad de Ingeniería de Materiales de Universidad Nacional de Trujillo		Especie: Resina con fibra de vidrio			
CÓMODO DE MUESTRA <input type="text"/>			TIEMPO DE ENSAYO <input type="text"/>		
DIMENSIONES PARA EL CALIBRO DE ESPESOR					
"a1" cm	"a2" cm	"a3" cm	"a4" cm	"a Promedio" cm	2000 cm ²
"b1" cm	"b2" cm	"b3" cm	"b Promedio" cm	Longitud de Apoyo (cm)	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			DENSIDAD BÁSICA (g/cm ³)		
Peso seco (g)		Muestra (g)		Peso seco (g)	
Nº	CARGA (N)	FLEXIÓN (mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{P \cdot L}{b \cdot d^2}$	DEFORMACIÓN UNITARIA $\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	ÁMBICA
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					

Figura 19: Formato de toma de datos de Ensayo de Flexión Resina Fibra de Vidrio 1

Fuente: Elaboración Propia

TIPO DE ENSAYO:		FLEXIÓN ESTÁTICA		MIP 02.04.02	
Estudiantes: Bach. Ing. Arlene Cruz Franco Bach. Ing. Olivera Sotelo Susán		Proyecto: Determinación del comportamiento estructural a la flexión y corte de perfiles de vidrio laminado de fibra de resina de densidad media (MDF) y fibra de vidrio			
Laboratorio: Laboratorio de Facultad de Ingeniería de Materiales de Universidad Nacional de Trujillo		Especie: Resina con fibra de vidrio			
INTERPRETACIÓN DE GRÁFICA					
Nº	ESFUERZO $\sigma = \frac{P \cdot L}{b \cdot d^2}$	DEFORMACIÓN UNITARIA $\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	AJUSTE DE PUNTO DE REGRESIÓN LINEAL Y CUADRÁTICA		
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28			$\sigma_{L.P.}$		$\epsilon_{L.P.}$
29			$\sigma_{L.P.}$		$\epsilon_{L.P.}$
30			MIP		
FOTO: MUESTRA ENSAYADA					

Figura 20: Formato de toma de datos de Ensayo de Flexión Resina Fibra de Vidrio 2

Fuente: Elaboración Propia

Se trabajaron con las fórmulas para utilizar los datos tomados como la carga y la flecha para poder determinar el esfuerzo y flexión y desarrollar en grafico Esfuerzo vs Deformación Unitaria.

$$\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \quad (31)$$

$$DU = 6fbL^{-2} \quad (28)$$

Donde:

P = Carga

L = Luz entre apoyos

a = Ancho de la Probeta

b = Peralte de la Probeta

f = Deflexión (flecha) en el centro de la probeta

b = Peralte de la Probeta

L =Luz entre apoyos

Luego de obtener el grafico Esfuerzo vs Deformación Unitaria promedio por cada espesor, se prosigue a obtener las siguientes características del material:

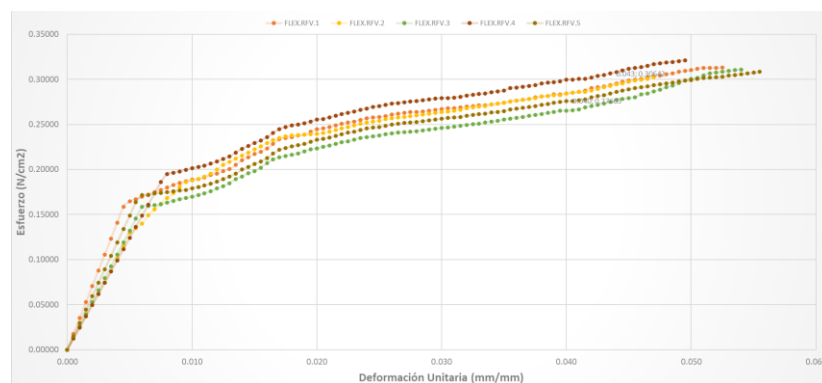


Figura 21: Gráfica Resumen de las Muestras de la Resina de Fibra de Vidrio (RFV)

Fuente: Elaboración Propia

Módulo de Elasticidad:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \quad (3)$$

Donde:

σ = Esfuerzo

E = módulo de elasticidad (en la zona elástica)

ε = deformación unitaria

Resistencia a la Fluencia

$$\sigma_p = 0.8 \sigma_y \quad (4)$$

Donde:

σ_p = Esfuerzo de Proporcionalidad

σ_y = Esfuerzo de Fluencia

Módulo de Resiliencia

$$u_r = \frac{\sigma_y^2}{2E} \quad (5)$$

Donde:

u_r = Módulo de Resiliencia

E = Modulo de Elasticidad

σ_y = Esfuerzo de Fluencia (esfuerzo en el límite proporcional)

Coefficiente de Poisson

$$\mu = \frac{\varepsilon_{lateral}}{\varepsilon_{longitudinal}} = - \frac{\varepsilon_y}{\varepsilon_x} = \frac{\varepsilon_z}{\varepsilon_x} \quad (6)$$

Donde:

μ = Coeficiente de Poisson

ε = deformación

ε_x = deformación primaria

$\varepsilon_y, \varepsilon_z$ = deformaciones secundarias o inducida

Ductilidad

$$\% \text{ de elongación} = (\%EL) = \frac{L_f - L_0}{L_0} \times 100 \quad (8)$$

$$\% \text{ de reducción de área} = (\%AR) = \frac{A_0 - A_f}{A_0} \times 100 \quad (9)$$

Donde:

L_0 = Longitud Inicial

L_f = Longitud Final

A_0 = Área Inicial

A_f = Área Final

Esfuerzo al Limite Proporcional Elástico

$$\sigma_L = \frac{3F_L}{2ab^2} \quad (31)$$

Donde:

σ_L = Esfuerzo al límite proporcional elástico

F_L = Carga en el límite proporcional elástico

a = Ancho de la Probeta

b = Peralte de la probeta

Esfuerzo de Rotura

$$\sigma_R = \frac{3F_R}{2ab^2} \quad (32)$$

Donde:

σ_R = Esfuerzo de Rotura

F_R = Carga de Rotura

a = Ancho de la Probeta

b = Peralte de la probeta

3.4.4 Elaboración de Diseño del Perfil de fibra de densidad media (MDF) y Fibra de Vidrio

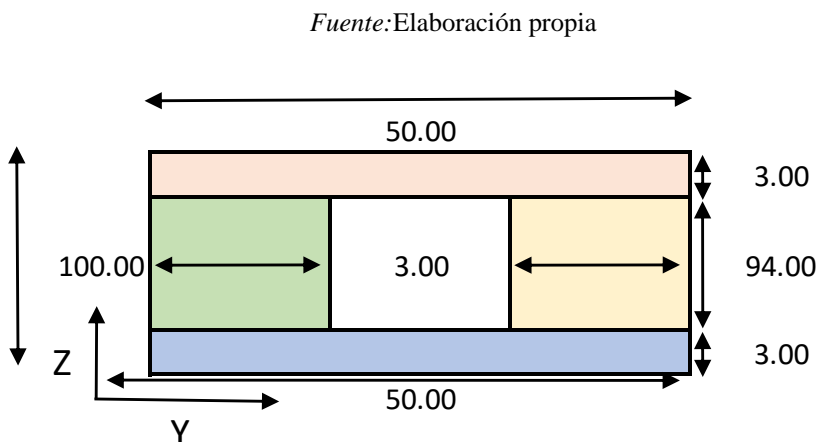
Diseño del perfil metálico de Camposol:

Pre-dimensionamiento:

- Identificamos las medidas del perfil:

Tabla 9: Medidas del perfil metálico

h Mm	b mm	E Mm	e₁ mm	h₁ mm	AREA (cm²)
100	50	3	3	94	8.64



Fuente: Elaboración Propia

- Hallamos la Distancia del centro de Gravedad a Eje Y, con la siguiente fórmula:

$$Z_g = \frac{\sum_{i=1}^n A_n Z_n}{\sum_{i=1}^n A_n} \quad (33)$$

Obteniendo como resultado: 50.00mm

- Hallamos la Distancia del centro de Gravedad a Eje Z, con la siguiente fórmula:

$$y_g = \frac{\sum_{i=1}^n A_n Y_n}{\sum_{i=1}^n Y_n} \quad (34)$$

Obteniendo como resultado: 25.00mm

- Calculamos el Centro de Inercia de cada Eje haciendo uso del Teorema de Steiner:

Teorema de Steiner: Indica que el momento de Inercia es generado por un área con respecto a un eje que no pasa por su centro de gravedad es igual al momento respecto al eje que pasa a través de su centro de gravedad más el área por la distancia entre ejes al cuadrado.

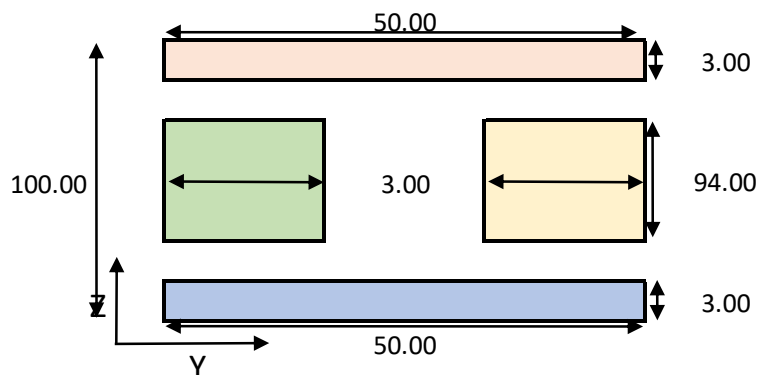


Figura 23: División de dimensiones del Perfil Metálico

Fuente: Elaboración Propia

$$I_p = I_G + A \cdot d^2 \quad (35)$$

Obtenemos el momento de Inercia total respecto del Eje global.

Eje Y: 112.12cm⁴

Obtenemos el momento de Inercia del Eje Z, menor al global.

Eje Z: 6.29cm⁴

- Calculamos los módulos resistentes elásticos, dividiendo el momento de inercia por la posición de las fibras del perfil.

$$W_{eym} = \frac{I_y}{z_{min}} \quad (36)$$

$$W_{eym} = \frac{I_z}{z_{min}} \quad (37)$$

Eje Y: 22.42 cm³

Es el módulo resistente elástico máximo, siendo el eje débil del perfil.

Eje Z: 2.52 cm³

Es el módulo resistente elástico mínimo, es el que marca la resistencia del perfil a fricción.

- Calculamos las líneas neutras plásticas, obteniendo la posición de las líneas neutras plásticas, que son aquellas que parten el área de la sección en dos mitades iguales según la dirección que se está estudiando.

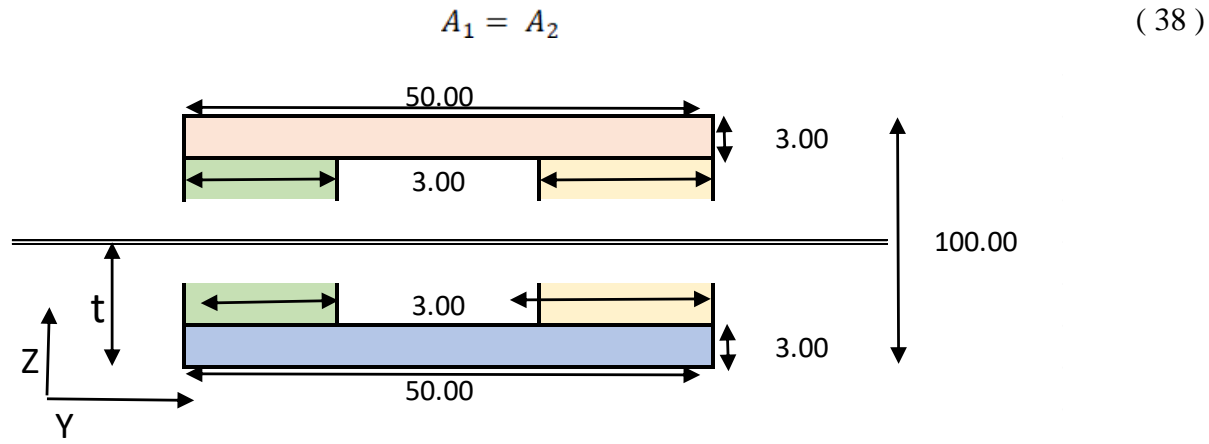


Figura 24: Línea Neutra de Perfil Metálico Eje Y

Fuente: Elaboración Propia

Partimos el perfil dejando la posición del corte por la línea neutra en función de un parámetro igualando el área de ambas partes obtenemos la distancia al origen en la dirección Z de la línea plástica.

Eje Y: 50.00mm

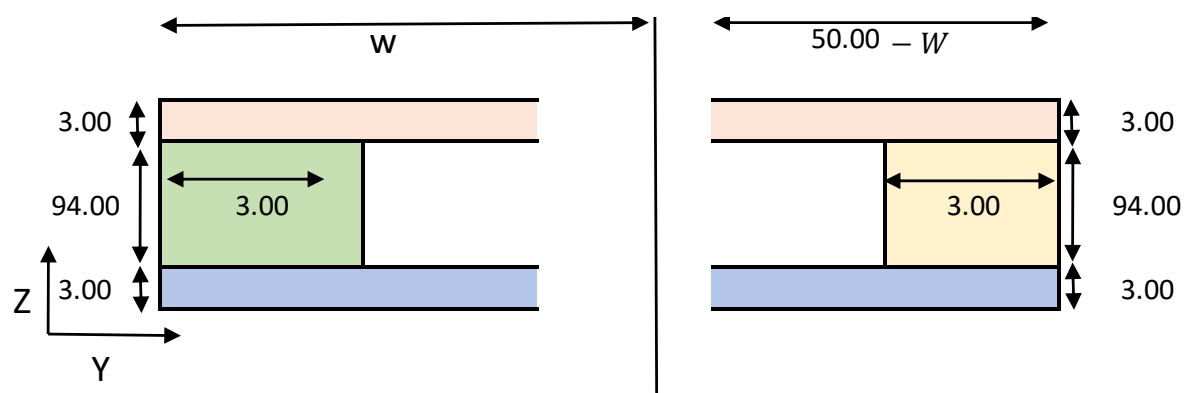


Figura 25: Línea Neutra de Perfil Metálico Eje Z

Fuente: Elaboración Propia

De igual manera obtenemos la distancia la línea neutra plástica en el Eje Z.

Eje Z: 25.00mm

- Calculamos los módulos resistentes plásticos, para ello es necesario obtener el centro de gravedad de cada mitad del perfil, pero no respecto del origen 00 sino respecto de la línea neutra plástica.

$$W_{py} = \frac{A}{2} (Z_{g1} + Z_{g2}) \quad (39)$$

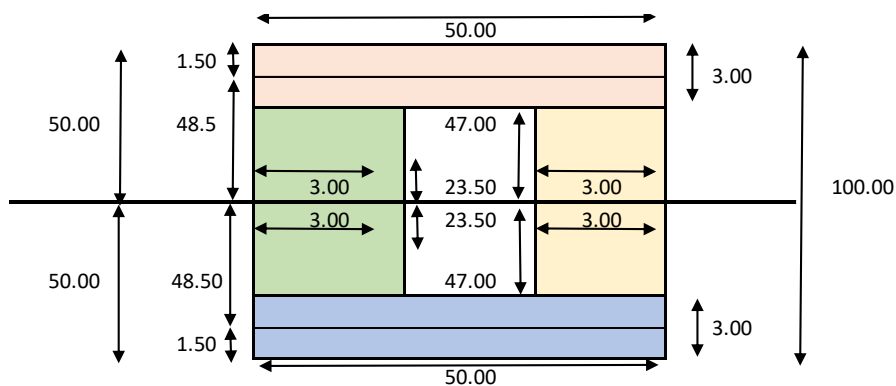


Figura 26: Momento del Perfil Metálico Eje Y

Fuente: Elaboración Propia

Obtenemos:

Eje Y: 2780.40cm³

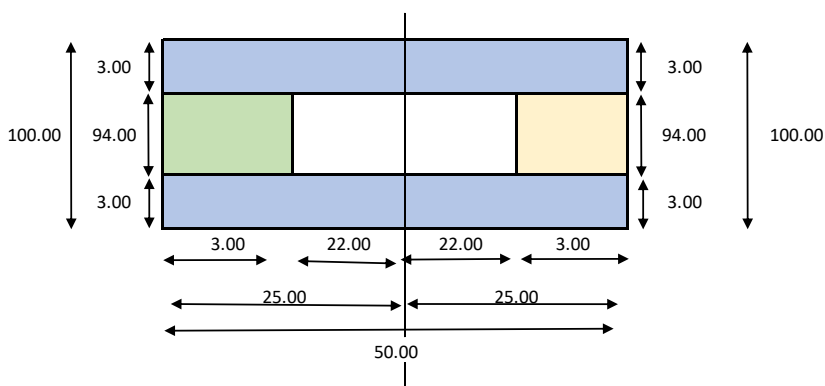


Figura 27: Momento del Perfil Metálico Eje Z

Fuente: Elaboración Propia

Obtenemos:

Eje Z: 1830.74cm³

Cuadro Resumen:

Tabla 10: Resumen de resultados

$Y_g =$	25.00	mm
$Z_g =$	50.00	mm
$I_y =$	112.12	cm ⁴
$I_z =$	6.29	cm ⁴
$W_{eym} =$	22.42	cm ³
$W_{ezm} =$	2.52	cm ³
$W_{ply} =$	2,780.40	cm ³
$W_{plz} =$	1,830.74	cm ³
$A =$	8.64	cm ³

Fuente:Elaboración Propia

Verificación del cumplimiento con las normas establecidas:

Se realizó el análisis de nuestro perfil verificando que cumpla con el reglamento y normas.

Dimensionamiento de Vigas con perfil IPE

Verificación del cumplimiento con las normas establecidas:

Se realizó el análisis de nuestro perfil verificando que cumpla con el reglamento y normas.

- Dimensionamiento de Vigas con perfil IPE

- Peso de la cobertura:

Peso: 1700 KG

Gravedad: 9.81 m/s^2

$$1700 \times 9.81 = 1667.0 \text{ N}$$

$$1667/1000 = 16.677 \text{ KN}$$

- Área:

Largo: 11.13 m

Ancho: 15.35 m

$$11.13 \times 15.35 = 170.85 \text{ m}^2$$

- Carga Distribuida:

Peso de la cobertura: 16.677 KN

Área: 170.85

$$16.677 / 170.85 = 0.09761 \text{ KN/M}$$

- Sub Área:

Largo: 1.375

Ancho: 6.5

$$1.375 \times 6.5 = 8.94$$

- Carga Total Aplicada:

Carga distribuida: $0.09761 / 8.94 = 0.872 \text{ KN}$

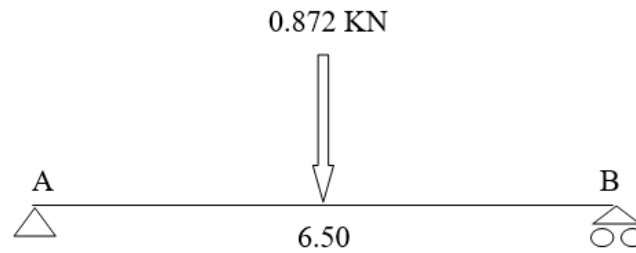


Figura 28: Carga Puntual de Cobertura

Fuente: Elaboración Propia

$$\checkmark \sum M_A = 0$$

$$B_Y (6.50) = 0.13 \times (6.50) \times (3.25)$$

$$B_Y = 0.436 \text{ KN}$$

$$\checkmark \sum F_y = 0$$

$$A_y = (0.134) (6.50) - 0.436$$

$$A_y = 0.436 \text{ KN}$$

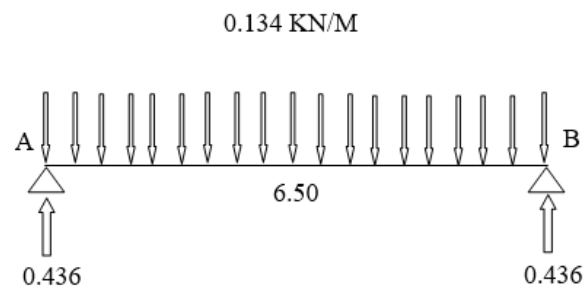


Figura 29: Reacciones de Cobertura

Fuente: Elaboración Propia

$$V_{\max} = 0.44 \text{ KN}$$

$$M_{\max} = 0.709 \text{ KN.M}$$

$$N = \frac{M}{I_y}(Z_G) = 0.032 \text{ KN}$$

- Límite Elástico MDF = 4 mm

$$F_{\max 1}: 9 \text{ kg} = 88.29 \text{ N}$$

$$F_{\max 2}: 9.4 \text{ kg} = 92.21 \text{ N}$$

$$F_{\max 3}: 8.5 \text{ kg} = 83.39 \text{ N}$$

$$F_{\max 4}: 8.7 \text{ kg} = 85.35 \text{ N}$$

$$F_{\max 5}: 8 \text{ kg} = 78.48 \text{ N}$$

$$\text{Promedio: } 8.72 \text{ kg} = 85.54 \text{ N}$$

- Área Aplicada: 0.015 cm^2 ó $1.5 \text{ E}^{-6} \text{ m}^2$

$$L_e = \frac{F_{\max}}{\text{Area}} = 57028.80 \text{ KN/M}^2$$

- Esfuerzos en la sección:

$$\text{Momento Axial (N):} \quad 0.032 \text{ KN}$$

$$\text{Momento Cortante (V):} \quad 0.436 \text{ KN}$$

$$\text{Momento Flector (M):} \quad 0.709 \text{ KN}$$

- Material:

$$\sigma_{el} = 34 \text{ MPa}$$

$$\gamma = 1.05$$

- Predimensionamiento:

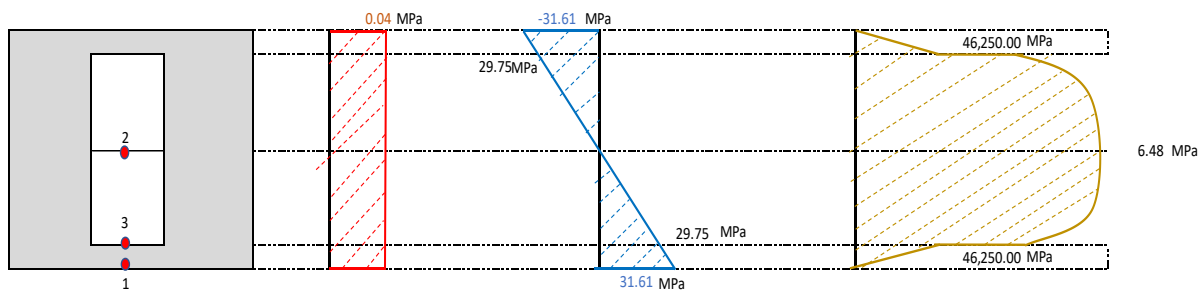


Figura 30: Momento de Perfil Metálico

Fuente: Elaboración Propia

$$\sigma_x = \frac{Mz}{Wz} \leq \sigma_{adm} \quad (40)$$

Calculamos primero:

$$\sigma_{adm} = 32.38 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 > \frac{M_z}{\sigma_{adm}} = 29.89 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_x = \frac{M_z}{W_z} = 31.61 \text{ MPa} \leq \sigma_{adm} = 32.38 \text{ MPa}$$

CUMPLE

- Tensión Equivalente, es obtenida mediante una combinación de las componentes del punto analizado.

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2} \quad (41)$$

Máxima Tensión Normal, lo hallamos del esfuerzo interno de las tensiones perpendiculares y tiene que ser menor o igual al esfuerzo admisible calculado anteriormente.

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2} = 31.65 \text{ MPa} \leq \sigma_{adm} = 32.38 \text{ MPa}$$

CUMPLE

Máxima Tensión Tangencial, indica el eje normal y la dirección donde actúan.

$$\tau_{xy} = \frac{V \cdot s_z}{e \cdot I_z} = 6.48 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2} = 11.23 \text{ MPa} \leq \sigma_{adm} = 32.38 \text{ MPa}$$

CUMPLE

Combinación de Ambas Tensiones:

$$\sigma_X = \frac{N}{A} + \frac{M_z}{W_z} (Y) = 29.75 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xy} = \frac{V \cdot m_z}{e \cdot I_z} = 6.00 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2} = 31.51 \text{ MPa} \leq \sigma_{adm} = 32.38 \text{ MPa}$$

CUMPLE*Elaboración del Diseño del Perfil de MDF:***Pre-dimensionamiento:**

- Identificamos las medidas del perfil:

Tabla 11: Medidas del perfil de MDF

h mm	B Mm	e mm	e₁ mm	h₁ mm	e_v mm	AREA (cm²)
100	50	4	5.5	89	2	9.06

Fuente:Elaboracion Propia

Tabla 12: Espesores del material

MATERIAL	ESPESOR
$E_{mdf_{3mm}}$	3mm
$E_{mdf_{4mm}}$	4mm
$E_{mdf_{5.5mm}}$	5.5mm
$E_{rfv_{pol}}$	2 mm

Fuente:Elaboracion Propia

Tabla 13: Coeficiente de Seccion Transformada

RELACION	FACTOR
$n_1 = \frac{E_{mdf_{3mm}}}{E_{mdf_{4mm}}}$	4.65
$n_1 = \frac{E_{mdf_{5.5mm}}}{E_{mdf_{4mm}}}$	0.69
$n_1 = \frac{E_{rfv_{pol}}}{E_{mdf_{4mm}}}$	5.12

Fuente:Elaboracion Propia

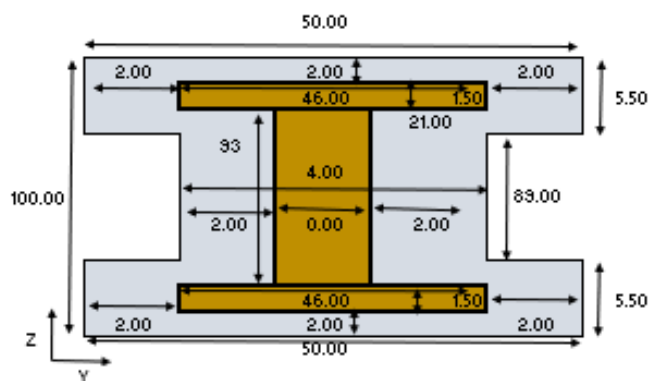


Figura 31: Dimensiones del Perfil MDF y RFV

Fuente: Elaboración Propia

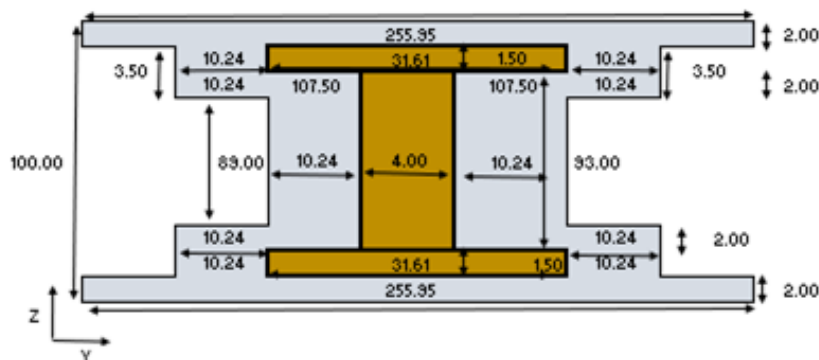


Figura 32: Sección Transformada de Dimensiones del Perfil MDF y RFV

Fuente: Elaboración Propia

- Hallamos la Distancia del centro de Gravedad a Eje Y, con la siguiente fórmula:

$$Z_g = \frac{\sum_{i=1}^n A_n Z_n}{\sum_{i=1}^n A_n} \quad (42)$$

Obteniendo como resultado: 50.04mm

- Hallamos la Distancia del centro de Gravedad a Eje Z, con la siguiente fórmula:

$$y_g = \frac{\sum_{i=1}^n A_n Y_n}{\sum_{i=1}^n A_n} \quad (43)$$

Obteniendo como resultado: 127.98mm

- Calculamos el Momento de Inercia de cada Eje haciendo uso del Teorema de Steiner:

Teorema de Steiner: Indica que el momento de Inercia es generado por un área con respecto a un eje que no pasa por su centro de gravedad es igual al momento respecto al eje que pasa a través de su centro de gravedad más el área por la distancia entre ejes al cuadrado.

$$I_p = I_G + A \cdot d^2 \quad (44)$$

Obtenemos el momento de Inercia total respecto del Eje global.

Eje Y: 622.32cm⁴

Obtenemos el momento de Inercia del Eje Z, menor al global.

Eje Z: 1031.10cm⁴

- Calculamos los módulos resistentes elásticos, dividiendo el momento de inercia por la posición de las fibras del perfil.

$$W_{eym} = \frac{I_y}{Z_{min}} \quad (36)$$

$$W_{eym} = \frac{I_z}{Z_{min}} \quad (37)$$

Es el módulo resistente elástico máximo, del Eje Y:

Eje Y: 124.57 cm³

Es el módulo resistente elástico mínimo, del eje Y:

Eje Y: 124.35 cm³

Es el módulo resistente elástico máximo, es el que marca la resistencia del perfil a fricción, del Eje Z:

Eje Z: 80.57 cm³

Es el módulo resistente elástico máximo, es el que marca la resistencia del perfil a fricción, del Eje Z:

Eje Z: 80.57 cm³

- Calculamos las líneas neutras plásticas, obteniendo la posición de las líneas neutras plásticas, que son aquellas que parten el área de la sección en dos mitades iguales según la dirección que se está estudiando.

$$A_1 = A_2 \tag{38}$$

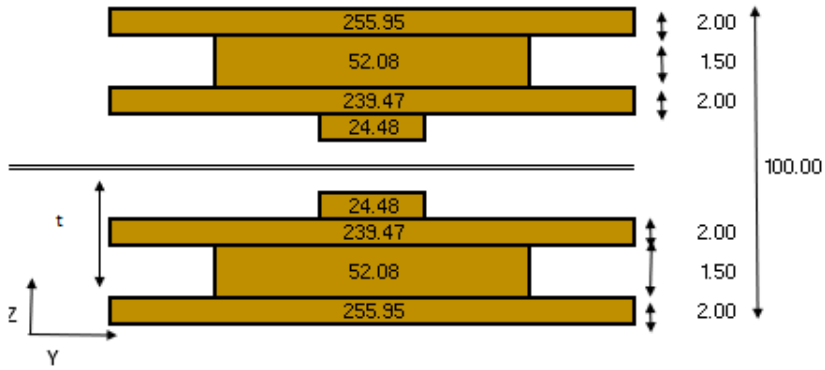


Figura 33: Línea Neutra de Perfil MDF y RFV Eje Y

Fuente: Elaboración Propia

Partimos el perfil dejando la posición del corte por la línea neutra en función de un parámetro igualando el área de ambas partes obtenemos la distancia al origen en la dirección Z de la línea plástica.

Eje Y: 51.75mm

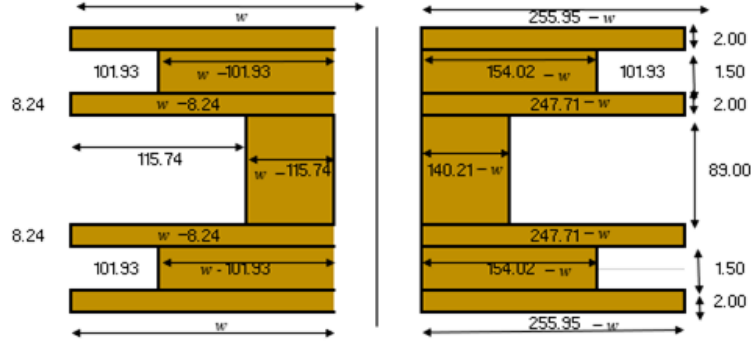


Figura 34: Línea Neutra de Perfil MDF y RFV Eje Z

Fuente: Elaboración Propia

De igual manera obtenemos la distancia la línea neutra plástica en el Eje Z.

Eje Z: 127.98mm

- Calculamos los módulos resistentes plásticos, para ello es necesario obtener el centro de gravedad de cada mitad del perfil, pero no respecto del origen 00 sino respecto de la línea neutra plástica.

$$W_{py} = \frac{A}{2} (Z_{g1} + Z_{g2}) \tag{39}$$

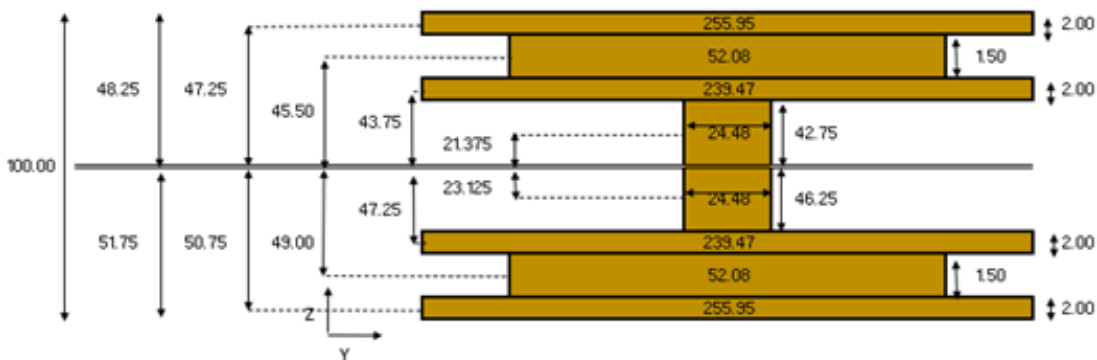


Figura 35: Línea Neutra de Perfil Metálico Eje Y

Fuente: Elaboración Propia

Obtenemos:

Eje Y: 1495860.53cm³

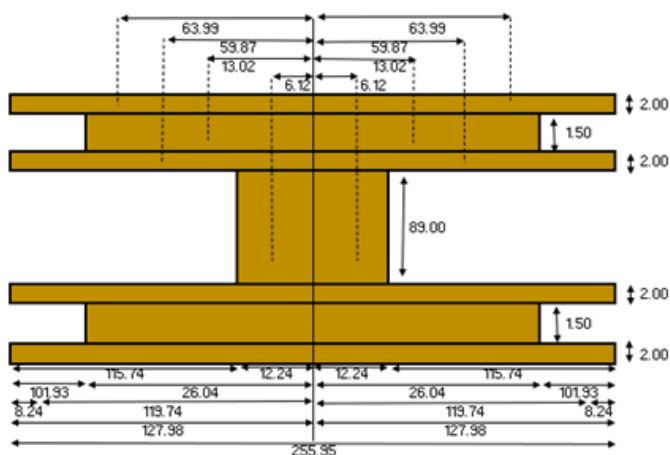


Figura 36: Línea Neutra de Perfil Metálico Eje Y

Fuente: Elaboración Propia

Obtenemos:

Eje Z: 1382223.01cm³

Cuadro Resumen:

Tabla 14: Espesores del material

$Y_g =$	138.91	mm
$Z_g =$	50.20	mm
$I_y =$	827.17	cm ⁴
$I_z =$	1,980.76	cm ⁴
$W_{eym} =$	164.77	cm ³
$W_{ezm} =$	142.60	cm ³
$W_{ply} =$	1,939,925.33	cm ³
$W_{plz} =$	2,258,709.11	cm ³
A =	5,290.36	cm ³

Fuente:Elaboración propia

Verificación del cumplimiento con las normas establecidas:

Se realizó el análisis de nuestro perfil verificando que cumpla con el reglamento y normas.

Dimensionamiento de Vigas con perfil IPE

- Peso de la cobertura:

Peso: 1700 KG

Gravedad: 9.81 m/s^2

$$1700 \times 9.81 = 1667.0 \text{ N}$$

$$1667/1000 = 16.677 \text{ KN}$$

- Área:

Largo: 11.13 m

Ancho: 15.35 m

$$11.13 \times 15.35 = 170.85 \text{ m}$$

- Carga Distribuida:

Peso de la cobertura: 16.677 KN

Área: 170.85

$$16.677 / 170.85 = 0.09761 \text{ KN/M}$$

- Sub Área:

Largo: 1.375

Ancho: 6.5

$$1.375 \times 6.5 = 8.94$$

- Carga Total Aplicada:

$$\text{Carga distribuida: } 0.09761 / 8.94 = 0.872 \text{ KN}$$

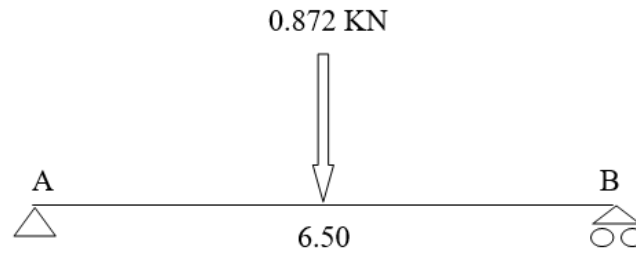


Figura 37: Carga Puntual de Cobertura

Fuente: Elaboración Propia

$$\checkmark \sum M_A = 0$$

$$B_Y (6.50) = 0.13 \times (6.50) \times (3.25)$$

$$B_Y = 0.436 \text{ KN}$$

$$\checkmark \sum F_y = 0$$

$$A_y = (0.134) (6.50) - 0.436$$

$$A_y = 0.436 \text{ KN}$$

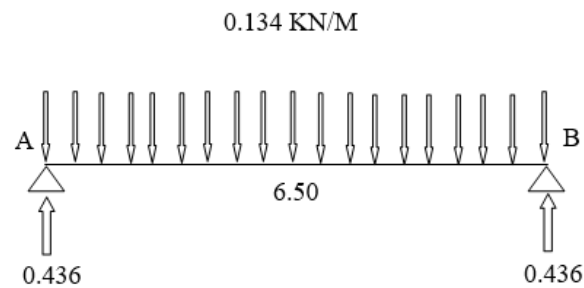


Figura 38: Reacciones de Cobertura

Fuente: Elaboración Propia

$$V_{max} = 0.44 \text{ KN}$$

$$M_{max} = 0.709 \text{ KN.M}$$

$$N = \frac{M}{I_y} (Z_G) = 0.032 \text{ KN}$$

- Límite Elástico MDF = 4 mm

$$F_{\max 1}: 9 \text{ kg} = 88.29 \text{ N}$$

$$F_{\max 2}: 9.4 \text{ kg} = 92.21 \text{ N}$$

$$F_{\max 3}: 8.5 \text{ kg} = 83.39 \text{ N}$$

$$F_{\max 4}: 8.7 \text{ kg} = 85.35 \text{ N}$$

$$F_{\max 5}: 8 \text{ kg} = 78.48 \text{ N}$$

$$\text{Promedio: } 8.72 \text{ kg} = 85.54 \text{ N}$$

- Área Aplicada: 0.015 cm^2 o $1.5 \text{ E}^{-6} \text{ m}^2$

$$L_e = \frac{F_{\max}}{\text{Area}} = 57028.80 \text{ kn/m}^2$$

- Esfuerzos en la sección:

$$\text{Momento Axial (N):} \quad 0.032 \text{ KN}$$

$$\text{Momento Cortante (V):} \quad 0.436 \text{ KN}$$

$$\text{Momento Flector (M):} \quad 0.709 \text{ KN}$$

- Material:

$$\sigma_{el} = 7 \text{ MPa}$$

$$\gamma = 1.05$$

- Predimensionamiento:

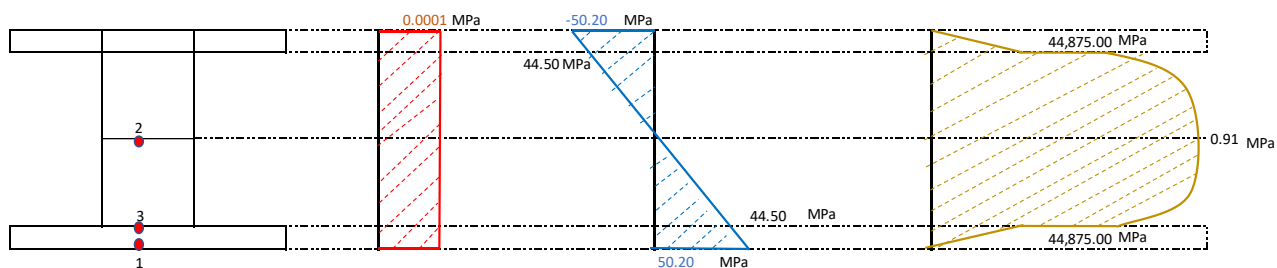


Figura 39: Momento Perfil de MDF y RFV

Fuente: Elaboración Propia

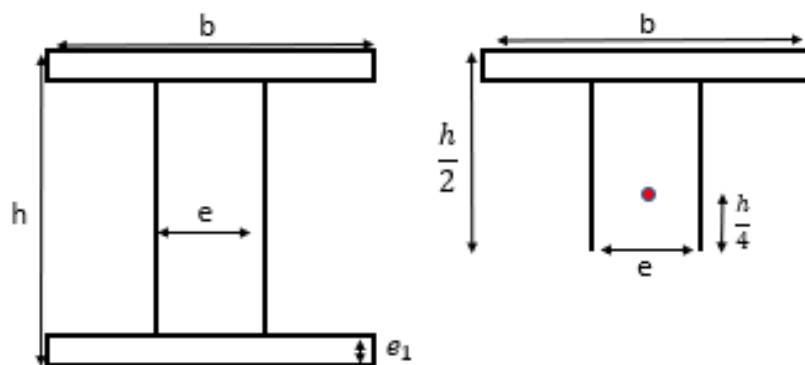


Figura 40: Sección Momento Estático del Perfil

Fuente: Elaboración Propia

$$\sigma_x = \frac{Mz}{Wz} \leq \sigma_{adm} \quad (40)$$

Calculamos primero:

$$\sigma_{adm} = 6.67 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 > \frac{Mz}{\sigma_{adm}} = 106.33 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_x = \frac{Mz}{Wz} = 5.70 \text{ MPa} \leq \sigma_{adm} = 6.67 \text{ MPa}$$

CUMPLE

- Tensión Equivalente, es obtenida mediante una combinación de las componentes del punto analizado.

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2} \quad (41)$$

Máxima Tensión Normal, lo hallamos del esfuerzo interno de las tensiones perpendiculares y tiene que ser menor o igual al esfuerzo admisible calculado anteriormente.

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2} = 5.70 \text{ MPa} \leq \sigma_{adm} = 6.67 \text{ MPa} \quad \text{CUMPLE}$$

Máxima Tensión Tangencial, indica el eje normal y la dirección donde actúan.

$$\tau_{xy} = \frac{V \cdot S_z}{e \cdot I_z} = 0.91 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2} = 1.57 \text{ MPa} \leq \sigma_{adm} = 6.67 \text{ MPa} \quad \text{CUMPLE}$$

Combinación de Ambas Tensiones:

$$\sigma_X = \frac{N}{A} + \frac{M_z}{W_z}(Y) = 5.07 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xy} = \frac{V \cdot m_z}{e \cdot I_z} = 0.57 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2} = 5.16 \text{ MPa} \leq \sigma_{adm} = 6.67 \text{ MPa} \quad \text{CUMPLE}$$

3.4.5 Ensayo para Determinar la Capacidad de Absorción de Agua del Perfil Elaborado de Fibra de Densidad Media (MDF) y Fibra de Vidrio

Para determinar la capacidad de absorción de agua, se tuvo que ejecutar el método de vacío. El método consistió en seleccionar, pesar y medir las 5 muestras solo de madera de densidad media (MDF), y 5 muestras elaboradas de fibra de

madera de densidad media (MDF) cubierta por la resina de fibra de vidrio (RFV), después de los 10 días de secado de la resina, en su estado seco natural.

Luego se sumergieron las muestras totalmente en un recipiente lleno de agua, por un lapso de 30 minutos, luego se realizó el secado de las muestras, utilizando una franela, y se pesó y midió las dimensiones de las 5 muestras en su estado saturado.

Para calcular los porcentajes de su capacidad de absorción de agua de las muestras, que se encuentran en la tabla 15 y 16, se utilizó la siguiente formula:

$$E_v = \frac{m_{2v} - m_1}{m_1} \times 100 \% \quad (11)$$

Donde:

m_1 = Masa de la muestra seca

m_{2v} = Masa de la muestra impregnada con agua tras proceso de vacío y pesada también en vacío.

Tabla 15: Resultados de Prueba de Absorción de Agua de MDF

Muestra	m_1	m_{2v}	(%) Porcentaje
1	45 gr.	48 gr.	6.67%
2	40 gr.	45 gr.	12.50%
3	40 gr.	46 gr.	15.00%
4	43 gr.	47 gr.	9.30%
5	43 gr.	47 gr.	9.30%
Promedio	42.2 gr.	46.6 gr.	10.43%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 16: Resultados de Prueba de Absorción de Agua de RFV

Muestra	m₁	m_{2v}	(%) Porcentaje
1	45 gr.	56 gr.	3.57 %
2	60gr.	61 gr.	1.64 %
3	55 gr.	55 gr.	0.00 %
4	54 gr.	55 gr.	1.82 %
5	56 gr.	56 gr.	0.00 %
Promedio	55.80 gr.	56.60 gr.	1.41 %

Fuente: Elaboración Propia

Con estos resultados se puede inferir, que, debido que la fibra de madera de densidad media (MDF) es un material que sufre muchas deformaciones ante el contacto con el agua, al protegerlo con una capa de resina de fibra de vidrio, se convierte en una muestra totalmente resistente al agua.

IV. RESULTADOS

4.1 Procesamiento de Datos (Cuadros con su respectiva Descripción)

4.1.1 Resistencia de Materiales

Tabla 17: Resultados de la Resistencia de los materiales

N°	MDF						Resina Epóxica con Fibra de Vidrio	
	3mm		4mm		5.5mm		Esfuerzo	Deformación
	Esfuerzo	Deformación	Esfuerzo	Deformación	Esfuerzo	Deformación		
1	0.03	0.19	0.05	0.14	0.12	0.13	0.05	0.31
2	0.03	0.18	0.05	0.13	0.11	0.13	0.05	0.31
3	0.03	0.17	0.04	0.14	0.12	0.13	0.05	0.31
4	0.032	0.229	0.044	0.138	0.117	0.131	0.05	0.321
5	0.031	0.246	0.04	0.131	0.12	0.134	0.056	0.308
PROM	0.031	0.2031	0.044	0.1362	0.118	0.1328	0.0524	0.312

Fuente: Elaboración Propia

4.1.2 Ensayo de Flexión en muestra de Madera de Densidad Media de 3 mm, 4 mm y 5.5 mm

- Ensayo de flexión de MDF de 3mm

Tabla 18: Resultados del Diagrama Esfuerzo vs. Deformación de MDF 3mm

N°	Módulo de Elasticidad	Resistencia a la Fluencia	Módulo de Resiliencia	Coefficiente de Poisson	Esfuerzo Último	Ductilidad	Tenacidad	Esfuerzo al Límite Proporcional Elástico	Esfuerzo de Rotura
1	25.800	0.185	0.00004	0.3330	0.0310	0.40%	0.20%	0.00377	0.0516
2	23.685	0.182	0.00003	0.3000	0.0290	0.33%	0.70%	0.00341	0.04737
3	17.223	0.174	0.00009	0.3330	0.0310	0.40%	0.20%	0.00367	0.05167
4	27.130	0.229	0.00004	0.3333	0.0315	0.40%	0.20%	0.00429	0.05426
5	27.560	0.246	0.00001	0.1250	0.0305	0.27%	0.33%	0.00436	0.05512
PROM	24.280	0.203	0.00004	0.2850	0.0310	0.36%	0.20%	0.00392	0.0520

Fuente: Elaboración Propia

▪ *Ensayo de flexión de MDF de 4mm.*

Tabla 19: Resultados del Diagrama Esfuerzo vs. Deformación de MDF 4mm

N°	Módulo de Elasticidad	Resistencia a la Fluencia	Módulo de Resiliencia	Coefficiente de Poisson	Esfuerzo Último	Ductilidad	Tenacidad	Esfuerzo al Límite Proporcional Elástico	Esfuerzo de Rotura
1	4.5080	0.1440	0.00005	0.3300	0.0450	0.40%	0.20%	0.0030	0.0340
2	3.8750	0.1330	0.00010	0.3000	0.0470	0.33%	0.27%	0.0030	0.0350
3	5.1680	0.1350	0.00006	0.1000	0.0425	0.33%	0.07%	0.0034	0.0320
4	5.5980	0.1380	0.00004	0.2500	0.0435	0.13%	0.47%	0.0031	0.0330
5	6.8900	0.1310	0.00001	0.1300	0.0400	0.27%	0.33%	0.0028	0.0300
PROM	5.2080	0.1360	0.00006	0.2200	0.0436	0.29%	0.27%	0.00306	0.0330

Fuente: Elaboración Propia

▪ *Ensayo de flexión de MDF de 5.5mm.*

Tabla 20: Resultados del Diagrama Esfuerzo vs. Deformación de MDF 5.5mm

N°	Módulo de Elasticidad	Resistencia a la Fluencia	Módulo de Resiliencia	Coefficiente de Poisson	Esfuerzo Último	Ductilidad	Tenacidad	Esfuerzo al Límite Proporcional Elástico	Esfuerzo de Rotura
1	1.4870	0.1340	0.00009	0.0330	0.1180	0.40%	0.20%	0.0058	0.0640
2	1.8180	0.1360	0.00003	0.0300	0.1150	0.33%	0.27%	0.0058	0.0620
3	1.6150	0.1310	0.00005	0.0100	0.1190	0.33%	0.07%	0.0063	0.0650
4	1.0200	0.1310	0.00006	0.0250	0.1170	0.13%	0.47%	0.0055	0.0640
5	1.0880	0.1360	0.00006	0.1250	0.1200	0.27%	0.33%	0.0006	0.0650
PROM	3.5780	0.1340	0.00006	0.0450	0.117	0.29%	0.27%	0.00583	0.0640

Fuente: Elaboración Propia

4.1.3 Ensayo de Flexión en muestra de Resina Fibra de Vidrio

Tabla 21: Resultados del Diagrama Esfuerzo vs. Deformación de Resina Fibra de Vidrio

N°	Módulo de Elasticidad	Resistencia a la Fluencia	Módulo de Resiliencia	Coefficiente de Poisson	Esfuerzo Último	Ductilidad	Tenacidad	Esfuerzo al Límite Proporcional Elástico	Esfuerzo de Rotura	
1	31.694	0.313	0.0004	0.027	0.0525	0.50	-0.30	0.0126	0.1829	0.061
2	25.924	0.308	0.00031	0.044	0.0505	0.53	-0.47	0.0117	0.1555	0.061
3	22.78	0.312	0.311	0.00064	0.02	0.54	-0.33	0.07	0.01206	0.191
4	24.361	0.321	0.00079	0.02	0.0495	0.13	-0.47	0.0119	0.24361	0.062
5	28.565	0.308	0.075	0.075	0.0555	0.27	-0.33	0.013	0.20570	0.067
PROM	26.665	0.312	0.00054	0.073	0.0524	0.353	-0.33	0.01226	0.19581	0.063

Fuente: Elaboración Propia

4.1.4 Comparación del diseño de los perfiles metálico y MDF con fibra de vidrio

- *Diseño del perfil metálico*

Tabla 22: Resultados del diseño del perfil metálico

DATO OBTENIDO	FÓRMULA	RESULTADO	ESFUERZO ADMISIBLE
Máxima Tensión Normal	$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2}$	31.65 MPa	32.38 MPa CUMPLE
Máxima Tensión Tangencial	$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2}$	11.23 MPa $\leq \sigma_{adm}$	32.38 MPa CUMPLE
Combinación de Ambas Tensiones	$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2}$	31.51 MPa	32.38 MPa CUMPLE

Fuente: Elaboración Propia

▪ *Diseño del perfil de MDF con fibra de vidrio*

Tabla 23: Resultados del diseño del perfil de MDF con fibra de vidrio

DATO OBTENIDO	FÓRMULA	RESULTADO	ESFUERZO ADMISIBLE
Máxima Tensión Normal	$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2}$	5.70 MPa	6.67 MPa CUMPLE
Máxima Tensión Tangencial	$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2}$	1.57 MPa $\leq \sigma_{adm}$	6.67 MPa CUMPLE
Combinación de Ambas Tensiones	$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2}$	5.16 MPa	6.67 MPa CUMPLE

Fuente: Elaboración Propia

4.2 Contrastación y Prueba de Hipótesis

Se consiguió determinar el diseño de un nuevo perfil en I elaborado de Madera de Densidad Media (MDF) cubierta con fibra de vidrio, por lo que nuestra tesis es una tesis descriptiva. El resultado de nuestra tesis, se presenta detalladamente en las tablas: 17, 18, 19, 20, 21, comprobando que nuestro nuevo diseño de perfil de MDF cubierto con resina de vidrio puede sustituir estructuralmente al perfil metálico existente del invernadero de Camposol, también se comprobó que la resina con fibra de vidrio funciona como una capa impermeabilizante para obtener una alta resistencia en zonas con alta humedad. Además, la unión de la madera de densidad media (MDF) y de la resina con fibra de vidrio mejoran su comportamiento estructural del perfil.

Tabla 24: Comparación de los resultados del Diseño de perfil Metálico y MDF con fibra de vidrio

DATO OBTENIDO	DISEÑO DEL PERFIL METÁLICO	DISEÑO DEL PERFIL DE MDF CON FIBRA DE VIDRIO
Máxima Tensión Normal	31.65MPa $\leq \sigma_{adm}$ 32.38MPa	5.70MPa $\leq \sigma_{adm}$ 6.67MPa
Máxima Tensión Tangencial	11.23MPa $\leq \sigma_{adm}$ 32.38MPa	1.57MPa $\leq \sigma_{adm}$ 6.67MPa
Combinación de Ambas Tensiones	31.51MPa $\leq \sigma_{adm}$ 32.38MPa	5.16MPa $\leq \sigma_{adm}$ 6.67MPa

Fuente: Elaboración Propia

V. DISCUSIÓN

La determinación de la Resistencia a la Flexión, Adherencia de Materiales y Capacidad de Absorción de Agua con de los materiales de Madera de Densidad Media (MDF) y Resina de Fibra de Vidrio se realizó en base a la norma NTP 251.017, ASTM 2197 e ISO 10545-3 respectivamente; además el comportamiento estructural del nuevo perfil elaborado de Madera de Densidad Media (MDF) y Resina de Fibra de Vidrio, fue evaluado al someterse a esfuerzos de tracción, cortante y flexión, para obtener tensiones normales y tangenciales en tres puntos importantes del perfil para utilizar el criterio de Von Mises y obtener el cálculo de la tensión equivalente analizando la combinación de esfuerzos.

Con el análisis del ensayo de flexión de los materiales de la Madera de Densidad Media (MDF) y Resina de Fibra de Vidrio se determinaron que en los valores de Módulo de Elasticidad, Resistencia a la Fluencia, Coeficiente de Poisson, Esfuerzo Ultimo, Ductilidad, Tenacidad, Esfuerzo al Limite Proporcional Elástico y Esfuerzo de Rotura; varían los resultados según el tipo de material tanto como madera de Densidad Media (MDF) y Resina de fibra de vidrio; así como el espesor de las muestras como las de 3mm, 4mm y 5.5mm. Estos resultados guardan relación con lo expuesto por Bustamante (2018) en la investigación “Caracterización Térmica y Mecánica de Materiales de Construcción” en el cual concluye que los valores de los resultados pueden variar debido a que dependen del método de elaboración de los materiales.

Se tomaron en cuenta los resultados del diseño elaborado del perfil metálico existente, para evaluar el reemplazo con el nuevo diseño del perfil de madera de densidad media (MDF) y resina de fibra de vidrio.

Comprobamos con el ensayo de absorción de agua que se le realizó a la resina con fibra de vidrio, funciona como una capa impermeabilizante para obtener una alta resistencia en zonas con alta humedad, además al ser unido con la madera de densidad media (MDF), mejora su comportamiento estructural del perfil.

Con el nuevo análisis del diseño del perfil de madera de densidad media (MDF) y resina de fibra de vidrio, se determinaron los mismos factores del diseño del perfil metálico ya existente, que son: Máxima Tensión Normal, que según la teoría de (Lamé o Raquine), concluye que no deben pasar las tensiones obtenidas respectivamente, en los ensayos de tracción y compresión simple, la Máxima Tensión Tangencial que según la teoría de (Coulomb) o (Ley de Guest), concluye que no debe pasar la mitad de la tensión límite de tracción determinada en el ensayo de tracción simple, y la Combinación de Ambas Tensiones.

Al comparar ambos diseños, concluimos que el perfil elaborado con madera de densidad media (MDF) y resina de fibra de vidrio, se puede reemplazar como perfil metálico ya existente, ya que los esfuerzos hallados: Máxima Tensión Normal: 5.70 MPa; Máxima Tensión Tangencial: 1.57 MPa y la Combinación ambas tensiones: 5.16 MPa en nuestro diseño son menores al Esfuerzo Admisible de la madera de densidad media (MDF) y resina de fibra de vidrio de nuestro diseño, que es: 6.67 MPa.

CONCLUSIONES

- Se determinó el módulo de elasticidad, resistencia de la fluencia, ductilidad, módulo de resiliencia, esfuerzo último, límite elástico y esfuerzo de rotura de fibra de densidad media (MDF) y de la fibra de vidrio con resina de cada muestra. En 3mm: 24.80, 0.203, 0.00004, 0.2850, 0.0310, 0.36%, 0.20%, 0.00392, 0.0520, 0.031, respectivamente. En 4mm: 5.2080, 0.1360, 0.00006, 0.2200, 0.0436, 0.29%, 0.27%, 0.00306, 0.01733, 0.0330, respectivamente. En 5.5mm: 3.5780, 0.1340, 0.00006, 0.0450, 0.117, 0.29%, 0.27%, 0.00583, 0.00751, 0.0640, respectivamente.
- Se realizó un nuevo diseño del perfil hecho de fibra de densidad media (MDF) y fibra de vidrio con resina.
- Se evaluó la resistencia del nuevo perfil hecho de fibra de densidad media (MDF) y fibra de vidrio con resina ante factores ambientales, determinando la Máxima Tensión Normal: 5.70MPa, Máxima Tensión Tangencial: 1.57 MPa y Combinación de Ambas tensiones: 5.16MPa, siendo menores al esfuerzo admisible hallado.
- Se aplicó el nuevo diseño del perfil en I hecho de fibra de densidad media (MDF) y fibra de vidrio con resina a un invernadero de Camposol, debido a que las tensiones cumplen según la normativa, siendo menores al esfuerzo admisible: 6.67MPa.

RECOMENDACIONES

- Mantener las muestras de fibra de Madera de Densidad Media (MDF) y las Resinas de Fibra de Vidrio en un estado libre de humedad.
- Es recomendable estudiar la evolución del endurecimiento de la resina de Fibra de Vidrio durante el tiempo y alterando su resistencia a la flexión.
- Comprobar que los instrumentos de medición, como el “Pie de Rey”, reglas y balanza, se encuentren en buen estado.
- Al utilizar los instrumentos para el corte de la fibra de Madera de Densidad Media (MDF) como la amoladora, debe de estar en buen estado, también se tiene que utilizar todas las medidas de protección como, mascarillas, protección auditiva y visual, guantes de seguridad, guarda de seguridad y mango antivibración.
- Revisar los Deformímetros que se van a utilizar, no presente daños, sin obstrucciones y tenga una correcta instalación en la maquina universal, para hacer la toma de datos para obtener en el ensayo de flexión.
- Utilizar programas de computo que ayuden en el calculo riguroso y exacto para el diseño de perfil generando trabajar en un menor tiempo.
- Se tiene que tener en cuentaq que al tomar los datos del dia y lugar donde se aplican los ensayos para una mejor apreciación de las fallas.
- Se recomienda utilizar los valores que se han obtenidos en este estudio y comparar con las características de los perfiles metalicos.
- Se recomienda aplanar esta investigacion, variando los tamaños y espesores del MDF y las capas de la Resina de Fibra de Vidrio; y/o el diseño del tipo del perfil.

- Es recomendable realizar estudios similares en diferentes regiones del Perú, para obtener diferentes resultados del perfil al ser expuesto a otros factores climáticos.
- Se recomienda realizar los estudios del ensayo de compresión al Método de Densidad Media (MDF).

REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS

- BAÑO, V., CETRANGOLO, G., O'NEIL, H., & MORQUIO, A. (2014). *Diagrama Tensión-Deformación de la Madera Libre de Defectos de Pinus Elliottii de Procedencia Uruguaya*. Universidad de la República, Montevideo, Uruguay; Laboratorio Tecnológico del Uruguay, Montevideo, Uruguay., Fac. de Ingeniería, Montevideo.
- FEDERACIÓN DE ENSEÑANZA DE CC.OO. DE ANDALUCÍA. (Julio de 2011). *Tipos de Esfuerzos Físicos*. Temas para la Educación. Pag. 18.
- M. ALEJANDRO, M. MAYORI (s.f.). *Resistencia de Materiales Aplicada* (Vol. Primera Edición). La Paz, Bolivia: Yucatán Hermosa. Pag. 17
- MOTT, ROBERT L. (2009). *Resistencia de Materiales*. México, México: 5ta Edición. pag. 19 – 24
- SALAZAR, JORGE E. (2007) *Resistencia de Materiales para Estudiantes de Ingeniería*. 1era Edición. Pag. 18.
- TRUJILLO, J. E. (2007). *Resistencia de Materiales Básica para Estudiantes de Ingeniería* (Primera edición ed.). Manizales, Colombia. Pag. 39 – 44
- STRASSE, L. (2013). *Adherencia*. Geretsried - Alemania
- ASTM, C. (2014) Norma D 143. *Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber*. Editorial Annual book of ASTM standards
- ASTM, C. (2015) Norma D 7264-07. *Standard Test Method for Flexural Properties of Polymer Matrix Composite Materials*. Editorial Annual book of ASTM standards

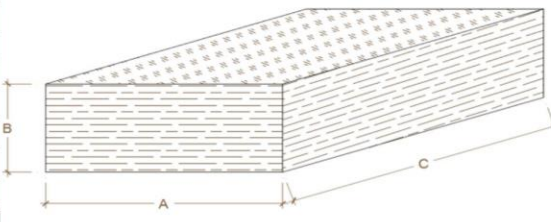
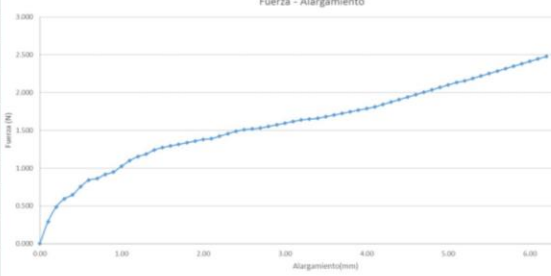
- ASTM, C. (2017) Norma D 3359. *Standard Test Methods for Rating Adhesion by Tape Test*. Editorial Annual book of ASTM standards
- ASTM, C. (2015) Norma D 198. *Standard Test Methods of Static Tests of Lumber in Structural Sizes*. Editorial Annual book of ASTM standards
- ASTM, C. (2017) Norma D 3030. *Standard Test Method for Volatile Matter (Including Water) of Vinyl Chloride Resins*. Editorial Annual book of ASTM standards
- ASTM, C. (2016) Norma D4442. *Standard Test Methods for Direct Moisture Content Measurement of Wood and Wood-Based Materials*. Editorial Annual book of ASTM standards.
- ALEJANDRO. (16 de Abril de 2015). *Maderas Santana*. Obtenido de Características de los tableros o madera MDF: <https://www.maderasantana.com/caracteristicas-tableros-madera-mdf/#>
- *Area Tecnología*. (s.f.). Obtenido de Fibra de Vidrio: <https://www.areatecnologia.com/materiales/fibra-de-vidrio.html>
- FEDERACIÓN DE ENSEÑANZA DE CC.OO. DE ANDALUCIA. (15 de Julio de 2011). *Temas para la Educación*. Obtenido de Federación de Enseñanza de CC.OO. de Andalucía: <https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd8567.pdf>
- *Grupos Hierros Alfonso*. (2014). Obtenido de Perfiles Estructurales - vigas: <https://www.grupohierrosalfonso.com/productos/perfiles-estructurales-vigas.html>
- Instron. (s.f.). *Instron*. Obtenido de <https://www.instron.com.ar/es-ar/our-company/library/glossary/f/flexure-test>

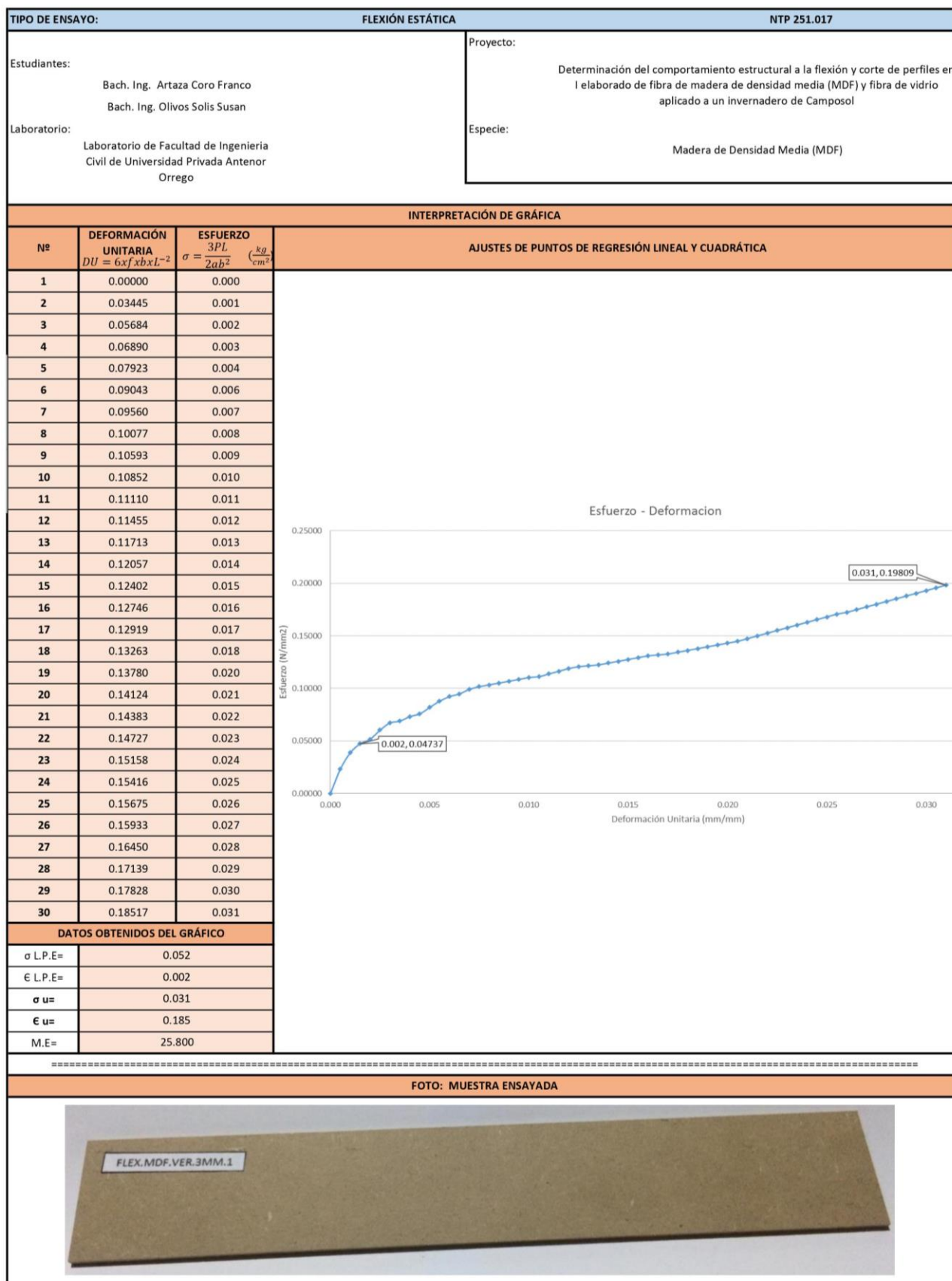
- JULIÁN, P. P., & ANA, G. (2011). *Definición*. Obtenido de Definición de Resina: <https://definicion.de/resina/>
- *TIPOS DE ESFUERZOS FÍSICOS*. (15 de Julio de 2011). Obtenido de Temas para la educacion: <https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd8567.pdf>
- *Equipos y Laboratorio de Colombia*. (2011). Obtenido de https://www.equiposylaboratorio.com/sitio/contenidos_mo.php?it=9597
- *Diagrama esfuerzo – deformación unitaria* (27 de Noviembre de 2011). Obtenido de <http://mecatronica4b.blogspot.com/2011/11/diagrama-esfuerzo-deformacion-unitaria.html>
- *Módulo de elasticidad* (24 de Junio del 2014) Obtenido de http://www.mecapedia.uji.es/modulo_de_elasticidad.htm

ANEXOS

ANEXO N° 1

**RESULTADOS DE ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA DE MADERA DE
DENSIDAD MEDIA (MDF) DE 3 MM**

TIPO DE ENSAYO:		FLEXIÓN ESTÁTICA		NTP 251.017	
Estudiantes: Bach. Ing. Artaza Coro Franco Bach. Ing. Olivos Solis Susan			Proyecto: Determinación del comportamiento estructural a la flexión y corte de perfiles en I elaborado de fibra de madera de densidad media (MDF) y fibra de vidrio aplicado a un invernadero de Camposol		
Laboratorio: Laboratorio de Facultad de Ingeniería Civil de Universidad Privada Antenor Orrego			Especie: Madera de Densidad Media (MDF)		
CÓDIGO DE MUESTRA FLEX.MDF.HOR.3MM.1			TIEMPO DE ENSAYO 6 min 42 seg		
DIMENSIONES PARA EL CALCULO DE ESFUERZOS					
A cm	5.00				
B cm	30.00				
C cm	0.30				
Espesor de Muestra (mm)	3.00				
Longitud de Apoyo (cm)	15.00				
A.B cm ²	150.00				
A.B.C cm ³	45.00				
2A.B2 (cm ³)	9000.00				
Peso Neto (gr)	41.70				
					
Nº	CARGA (kg)	FLECHA (f)(mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2gb^2} \left(\frac{kg}{cm^2}\right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6fxbxL^{-2}$	GRÁFICA
1	0.000	0.000	0.000	0.00000	<p style="text-align: center;">Fuerza - Alargamiento</p> 
2	0.200	0.431	0.001	0.03445	
3	0.400	0.711	0.002	0.05684	
4	0.600	0.861	0.003	0.06890	
5	0.800	0.990	0.004	0.07923	
6	1.100	1.130	0.006	0.09043	
7	1.300	1.195	0.007	0.09560	
8	1.500	1.260	0.008	0.10077	
9	1.700	1.324	0.009	0.10593	
10	1.900	1.356	0.010	0.10852	
11	2.100	1.389	0.011	0.11110	
12	2.400	1.432	0.012	0.11455	
13	2.600	1.464	0.013	0.11713	
14	2.800	1.507	0.014	0.12057	
15	3.000	1.550	0.015	0.12402	
16	3.200	1.593	0.016	0.12746	
17	3.400	1.615	0.017	0.12919	
18	3.600	1.658	0.018	0.13263	
19	3.900	1.722	0.0195	0.1378	
20	4.100	1.766	0.0205	0.1412	
21	4.300	1.798	0.0215	0.1438	
22	4.500	1.841	0.0225	0.1473	
23	4.700	1.895	0.0235	0.1516	
24	4.900	1.927	0.0245	0.1542	
25	5.100	1.959	0.0255	0.1567	
26	5.300	1.992	0.0265	0.1593	
27	5.600	2.056	0.0280	0.1645	
28	5.800	2.142	0.0290	0.1714	
29	6.000	2.228	0.0300	0.1783	
30	6.200	2.315	0.0310	0.1852	



TIPO DE ENSAYO:		FLEXIÓN ESTÁTICA		NTP 251.017	
Estudiantes:			Proyecto:		
Bach. Ing. Artaza Coro Franco			Determinación del comportamiento estructural a la flexión y corte de perfiles en l		
Bach. Ing. Olivos Solis Susan			elaborado de fibra de madera de densidad media (MDF) y fibra de vidrio aplicado a		
Laboratorio:			Especie:		
Laboratorio de Facultad de Ingeniería Civil de			Madera de Densidad Media (MDF)		
Universidad Privada Antenor Orrego					
CÓDIGO DE MUESTRA		TIEMPO DE ENSAYO			
FLEX.MDF.HOR.3MM.2		6 min 37 seg			
=====					
DIMENSIONES PARA EL CALCULO DE ESFUERZOS					
A cm		5.00			
B cm		30.00			
C cm		0.30			
Espesor de Muestra (mm)		3.00			
Longitud de Apoyo (cm)		15.00			
A.B cm ²		150.00			
A.B.C cm ³		45.00			
2A.B2 (cm ³)		9000.00			
Peso Neto (gr)		43.10			
=====					
Nº	CARGA (kg)	FLECHA (f)(mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6xfxbxL^{-2}$	GRÁFICA
1	0.000	0.000	0.000	0.00000	
2	0.200	0.377	0.001	0.03014	
3	0.400	0.646	0.002	0.05167	
4	0.600	0.807	0.003	0.06459	
5	0.800	0.958	0.004	0.07665	
6	1.000	1.077	0.005	0.08612	
7	1.200	1.141	0.006	0.09129	
8	1.400	1.238	0.007	0.09904	
9	1.600	1.292	0.008	0.10335	
10	1.800	1.313	0.009	0.10507	
11	2.000	1.346	0.010	0.10766	
12	2.200	1.367	0.011	0.10938	
13	2.400	1.389	0.012	0.11110	
14	2.600	1.432	0.013	0.11455	
15	2.800	1.453	0.014	0.11627	
16	3.000	1.486	0.015	0.11885	
17	3.200	1.539	0.016	0.12316	
18	3.400	1.583	0.017	0.12660	
19	3.600	1.636	0.0180	0.1309	
20	3.800	1.679	0.0190	0.1344	
21	4.000	1.733	0.0200	0.1387	
22	4.200	1.794	0.0210	0.1435	
23	4.400	1.844	0.0220	0.1476	
24	4.600	1.906	0.0230	0.1524	
25	4.800	1.967	0.0240	0.1573	
26	5.000	2.028	0.0250	0.1622	
27	5.200	2.089	0.0260	0.1671	
28	5.400	2.150	0.0270	0.1720	
29	5.600	2.211	0.0280	0.1768	
30	5.800	2.272	0.0290	0.1817	
=====					

TIPO DE ENSAYO:	FLEXIÓN ESTÁTICA	NTP 251.017
Estudiantes: Bach. Ing. Artaza Coro Franco Bach. Ing. Olivos Solis Susan Laboratorio: Laboratorio de Facultad de Ingeniería Civil de Universidad Privada Antenor Orrego	Proyecto: Determinación del comportamiento estructural a la flexión y corte de perfiles en I elaborado de fibra de madera de densidad media (MDF) y fibra de vidrio aplicado a un invernadero de Camposol Especie: Madera de Densidad Media (MDF)	

INTERPRETACIÓN DE GRÁFICA

Nº	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = \frac{6fx}{bh^3}L^{-2}$	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2}$ ($\frac{kg}{cm^2}$)	AJUSTES DE PUNTOS DE REGRESIÓN LINEAL Y CUADRÁTICA																																																																																										
1	0.00000	0.000	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>1</td><td>0.00000</td><td>0.000</td></tr> <tr><td>2</td><td>0.03014</td><td>0.001</td></tr> <tr><td>3</td><td>0.05167</td><td>0.002</td></tr> <tr><td>4</td><td>0.06459</td><td>0.003</td></tr> <tr><td>5</td><td>0.07665</td><td>0.004</td></tr> <tr><td>6</td><td>0.08612</td><td>0.005</td></tr> <tr><td>7</td><td>0.09129</td><td>0.006</td></tr> <tr><td>8</td><td>0.09904</td><td>0.007</td></tr> <tr><td>9</td><td>0.10335</td><td>0.008</td></tr> <tr><td>10</td><td>0.10507</td><td>0.009</td></tr> <tr><td>11</td><td>0.10766</td><td>0.010</td></tr> <tr><td>12</td><td>0.10938</td><td>0.011</td></tr> <tr><td>13</td><td>0.11110</td><td>0.012</td></tr> <tr><td>14</td><td>0.11455</td><td>0.013</td></tr> <tr><td>15</td><td>0.11627</td><td>0.014</td></tr> <tr><td>16</td><td>0.11885</td><td>0.015</td></tr> <tr><td>17</td><td>0.12316</td><td>0.016</td></tr> <tr><td>18</td><td>0.12660</td><td>0.017</td></tr> <tr><td>19</td><td>0.13091</td><td>0.018</td></tr> <tr><td>20</td><td>0.13435</td><td>0.019</td></tr> <tr><td>21</td><td>0.13866</td><td>0.020</td></tr> <tr><td>22</td><td>0.14354</td><td>0.021</td></tr> <tr><td>23</td><td>0.14756</td><td>0.022</td></tr> <tr><td>24</td><td>0.15244</td><td>0.023</td></tr> <tr><td>25</td><td>0.15732</td><td>0.024</td></tr> <tr><td>26</td><td>0.16220</td><td>0.025</td></tr> <tr><td>27</td><td>0.16708</td><td>0.026</td></tr> <tr><td>28</td><td>0.17196</td><td>0.027</td></tr> <tr><td>29</td><td>0.17684</td><td>0.028</td></tr> <tr><td>30</td><td>0.18172</td><td>0.029</td></tr> </table> </div> <div style="width: 65%;"> </div> </div>	1	0.00000	0.000	2	0.03014	0.001	3	0.05167	0.002	4	0.06459	0.003	5	0.07665	0.004	6	0.08612	0.005	7	0.09129	0.006	8	0.09904	0.007	9	0.10335	0.008	10	0.10507	0.009	11	0.10766	0.010	12	0.10938	0.011	13	0.11110	0.012	14	0.11455	0.013	15	0.11627	0.014	16	0.11885	0.015	17	0.12316	0.016	18	0.12660	0.017	19	0.13091	0.018	20	0.13435	0.019	21	0.13866	0.020	22	0.14354	0.021	23	0.14756	0.022	24	0.15244	0.023	25	0.15732	0.024	26	0.16220	0.025	27	0.16708	0.026	28	0.17196	0.027	29	0.17684	0.028	30	0.18172	0.029
1	0.00000	0.000																																																																																											
2	0.03014	0.001																																																																																											
3	0.05167	0.002																																																																																											
4	0.06459	0.003																																																																																											
5	0.07665	0.004																																																																																											
6	0.08612	0.005																																																																																											
7	0.09129	0.006																																																																																											
8	0.09904	0.007																																																																																											
9	0.10335	0.008																																																																																											
10	0.10507	0.009																																																																																											
11	0.10766	0.010																																																																																											
12	0.10938	0.011																																																																																											
13	0.11110	0.012																																																																																											
14	0.11455	0.013																																																																																											
15	0.11627	0.014																																																																																											
16	0.11885	0.015																																																																																											
17	0.12316	0.016																																																																																											
18	0.12660	0.017																																																																																											
19	0.13091	0.018																																																																																											
20	0.13435	0.019																																																																																											
21	0.13866	0.020																																																																																											
22	0.14354	0.021																																																																																											
23	0.14756	0.022																																																																																											
24	0.15244	0.023																																																																																											
25	0.15732	0.024																																																																																											
26	0.16220	0.025																																																																																											
27	0.16708	0.026																																																																																											
28	0.17196	0.027																																																																																											
29	0.17684	0.028																																																																																											
30	0.18172	0.029																																																																																											
2	0.03014	0.001																																																																																											
3	0.05167	0.002																																																																																											
4	0.06459	0.003																																																																																											
5	0.07665	0.004																																																																																											
6	0.08612	0.005																																																																																											
7	0.09129	0.006																																																																																											
8	0.09904	0.007																																																																																											
9	0.10335	0.008																																																																																											
10	0.10507	0.009																																																																																											
11	0.10766	0.010																																																																																											
12	0.10938	0.011																																																																																											
13	0.11110	0.012																																																																																											
14	0.11455	0.013																																																																																											
15	0.11627	0.014																																																																																											
16	0.11885	0.015																																																																																											
17	0.12316	0.016																																																																																											
18	0.12660	0.017																																																																																											
19	0.13091	0.018																																																																																											
20	0.13435	0.019																																																																																											
21	0.13866	0.020																																																																																											
22	0.14354	0.021																																																																																											
23	0.14756	0.022																																																																																											
24	0.15244	0.023																																																																																											
25	0.15732	0.024																																																																																											
26	0.16220	0.025																																																																																											
27	0.16708	0.026																																																																																											
28	0.17196	0.027																																																																																											
29	0.17684	0.028																																																																																											
30	0.18172	0.029																																																																																											

DATOS OBTENIDOS DEL GRÁFICO

σ L.P.E=	0.047
ε L.P.E=	0.002
σ u=	0.002
ε u=	0.002
M.E=	23.685

FOTO: MUESTRA ENSAYADA



TIPO DE ENSAYO:		FLEXIÓN ESTÁTICA		NTP 251.017		
Estudiantes:			Proyecto:			
Bach. Ing. Artaza Coro Franco			Determinación del comportamiento estructural a la flexión y corte de perfiles en I elaborado de fibra de madera de densidad media (MDF) y fibra de vidrio aplicado a un invernadero de Camposol			
Bach. Ing. Olivos Solis Susan			Especie:			
Laboratorio:			Madera de Densidad Media (MDF)			
Laboratorio de Facultad de Ingeniería Civil de Universidad Privada Antenor Orrego						
CÓDIGO DE MUESTRA		TIEMPO DE ENSAYO				
FLEX.MDF.HOR.3MM.3		7 min 34 seg				
=====						
DIMENSIONES PARA EL CALCULO DE ESFUERZOS						
A cm	5.00					
B cm	30.00					
C cm	0.30					
Espesor de Muestra (mm)	3.00					
Longitud de Apoyo (cm)	15.00					
A.B cm ²	150.00					
A.B.C cm ³	45.00					
2A.B2 (cm ³)	9000.00					
Peso Neto (gr)	42.00					
=====						
Nº	CARGA (kg)	FLECHA (f)(mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2}\right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6fxbxL^{-2}$	GRÁFICA	
1	0.000	0.000	0.000	0.00000		
2	0.200	0.258	0.001	0.02067		
3	0.400	0.517	0.002	0.04134		
4	0.600	0.700	0.003	0.05598		
5	0.800	0.818	0.004	0.06545		
6	1.100	1.077	0.006	0.08612		
7	1.300	1.173	0.007	0.09388		
8	1.500	1.238	0.008	0.09904		
9	1.700	1.324	0.009	0.10593		
10	1.900	1.346	0.010	0.10766		
11	2.100	1.378	0.011	0.11024		
12	2.400	1.421	0.012	0.11368		
13	2.600	1.464	0.013	0.11713		
14	2.800	1.507	0.014	0.12057		
15	3.000	1.572	0.015	0.12574		
16	3.200	1.626	0.016	0.13005		
17	3.400	1.701	0.017	0.13608		
18	3.600	1.744	0.018	0.13952		
19	3.900	1.809	0.0195	0.1447		
20	4.100	1.841	0.0205	0.1473		
21	4.300	1.884	0.0215	0.1507		
22	4.500	1.938	0.0225	0.1550		
23	4.700	1.970	0.0235	0.1576		
24	4.900	2.013	0.0245	0.1611		
25	5.100	2.045	0.0255	0.1636		
26	5.300	2.067	0.0265	0.1654		
27	5.600	2.099	0.0280	0.1679		
28	5.800	2.110	0.0290	0.1688		
29	6.000	2.132	0.0300	0.1705		
30	6.200	2.175	0.0310	0.1740		
=====						

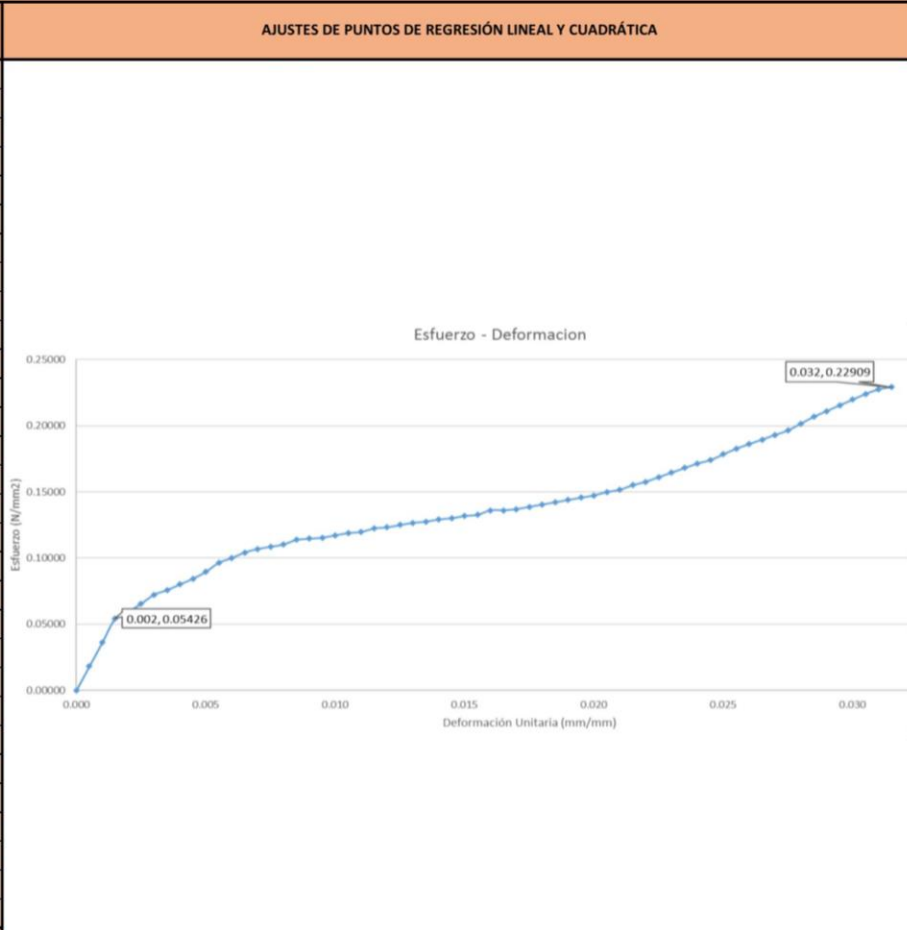
TIPO DE ENSAYO:		FLEXIÓN ESTÁTICA		NTP 251.017	
Estudiantes:			Proyecto:		
Bach. Ing. Artaza Coro Franco			Determinación del comportamiento estructural a la flexión y corte de perfiles en I elaborado de fibra de madera de densidad media (MDF) y fibra de vidrio aplicado a un invernadero de Camposol		
Bach. Ing. Olivos Solis Susan			Especie:		
Laboratorio:			Madera de Densidad Media (MDF)		
Laboratorio de Facultad de Ingeniería Civil de Universidad Privada Antenor Orrego					
INTERPRETACIÓN DE GRÁFICA					
Nº	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6xfxbxL^{-2}$	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2}\right)$	AJUSTES DE PUNTOS DE REGRESIÓN LINEAL Y CUADRÁTICA		
1	0.00000	0.000	<p style="text-align: center;">Esfuerzo - Deformación</p>		
2	0.02067	0.001			
3	0.04134	0.002			
4	0.05598	0.003			
5	0.06545	0.004			
6	0.08612	0.006			
7	0.09388	0.007			
8	0.09904	0.008			
9	0.10593	0.009			
10	0.10766	0.010			
11	0.11024	0.011			
12	0.11368	0.012			
13	0.11713	0.013			
14	0.12057	0.014			
15	0.12574	0.015			
16	0.13005	0.016			
17	0.13608	0.017			
18	0.13952	0.018			
19	0.14469	0.020			
20	0.14727	0.021			
21	0.15072	0.022			
22	0.15502	0.023			
23	0.15761	0.024			
24	0.16105	0.025			
25	0.16364	0.026			
26	0.16536	0.027			
27	0.16794	0.028			
28	0.16880	0.029			
29	0.17053	0.030			
30	0.17397	0.031			
DATOS OBTENIDOS DEL GRÁFICO					
$\sigma_{L.P.E} =$	0.052				
$\epsilon_{L.P.E} =$	0.003				
$\sigma_u =$	0.031				
$\epsilon_u =$	0.174				
M.E.=	17.223				
FOTO: MUESTRA ENSAYADA					

TIPO DE ENSAYO:		FLEXIÓN ESTÁTICA		NTP 251.017		
Estudiantes: Bach. Ing. Artaza Coro Franco Bach. Ing. Olivos Solis Susan Laboratorio: Laboratorio de Facultad de Ingeniería Civil de Universidad Privada Antenor Orrego			Proyecto: Determinación del comportamiento estructural a la flexión y corte de perfiles en I elaborado de fibra de madera de densidad media (MDF) y fibra de vidrio aplicado a un invernadero de Camposol Especie: Madera de Densidad Media (MDF)			
CÓDIGO DE MUESTRA		TIEMPO DE ENSAYO				
FLEX.MDF.HOR.3MM.4		6 min 51 seg				
DIMENSIONES PARA EL CALCULO DE ESFUERZOS						
A cm	5.00					
B cm	30.00					
C cm	0.30					
Espesor de Muestra (mm)	3.00					
Longitud de Apoyo (cm)	15.00					
A.B cm ²	150.00					
A.B.C cm ³	45.00					
2A.B2 (cm ³)	9000.00					
Peso Neto (gr)	41.90					
Nº	CARGA (kg)	FLECHA (f)(mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6xfxbxL^{-2}$	GRÁFICA	
1	0.000	0.000	0.000	0.0000		
2	0.200	0.614	0.001	0.04909		
3	0.400	0.743	0.002	0.05943		
4	0.700	0.947	0.004	0.07579		
5	0.900	1.055	0.005	0.08440		
6	1.100	1.173	0.006	0.09388		
7	1.300	1.270	0.007	0.10163		
8	1.500	1.324	0.008	0.10593		
9	1.700	1.389	0.009	0.11110		
10	2.000	1.432	0.010	0.11455		
11	2.200	1.464	0.011	0.11713		
12	2.400	1.507	0.012	0.12057		
13	2.600	1.550	0.013	0.12402		
14	2.800	1.583	0.014	0.12660		
15	3.000	1.615	0.015	0.12919		
16	3.300	1.669	0.017	0.13349		
17	3.500	1.701	0.018	0.13608		
18	3.700	1.744	0.019	0.13952		
19	3.900	1.787	0.0195	0.1430		
20	4.100	1.841	0.0205	0.1473		
21	4.300	1.906	0.0215	0.1524		
22	4.600	2.024	0.0230	0.1619		
23	4.800	2.110	0.0240	0.1688		
24	5.000	2.196	0.0250	0.1757		
25	5.200	2.293	0.0260	0.1834		
26	5.400	2.379	0.0270	0.1903		
27	5.600	2.487	0.0280	0.1989		
28	5.900	2.638	0.0295	0.2110		
29	6.100	2.756	0.0305	0.2205		
30	6.300	2.864	0.0315	0.2291		

TIPO DE ENSAYO:	FLEXIÓN ESTÁTICA	NTP 251.017
Estudiantes: Bach. Ing. Artaza Coro Franco Bach. Ing. Olivos Solis Susan Laboratorio: Laboratorio de Facultad de Ingeniería Civil de Universidad Privada Antenor Orrego	Proyecto: Determinación del comportamiento estructural a la flexión y corte de perfiles en I elaborado de fibra de madera de densidad media (MDF) y fibra de vidrio aplicado a un invernadero de Camposol Especie: Madera de Densidad Media (MDF)	

INTERPRETACIÓN DE GRÁFICA

Nº	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = \frac{6fx}{bx^2}L^{-2}$	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2}\right)$
1	0.00000	0.000
2	0.04909	0.001
3	0.05943	0.002
4	0.07579	0.004
5	0.08440	0.005
6	0.09388	0.006
7	0.10163	0.007
8	0.10593	0.008
9	0.11110	0.009
10	0.11455	0.010
11	0.11713	0.011
12	0.12057	0.012
13	0.12402	0.013
14	0.12660	0.014
15	0.12919	0.015
16	0.13349	0.017
17	0.13608	0.018
18	0.13952	0.019
19	0.14297	0.020
20	0.14727	0.021
21	0.15244	0.022
22	0.16191	0.023
23	0.16880	0.024
24	0.17569	0.025
25	0.18344	0.026
26	0.19033	0.027
27	0.19895	0.028
28	0.21100	0.030
29	0.22048	0.031
30	0.22909	0.032

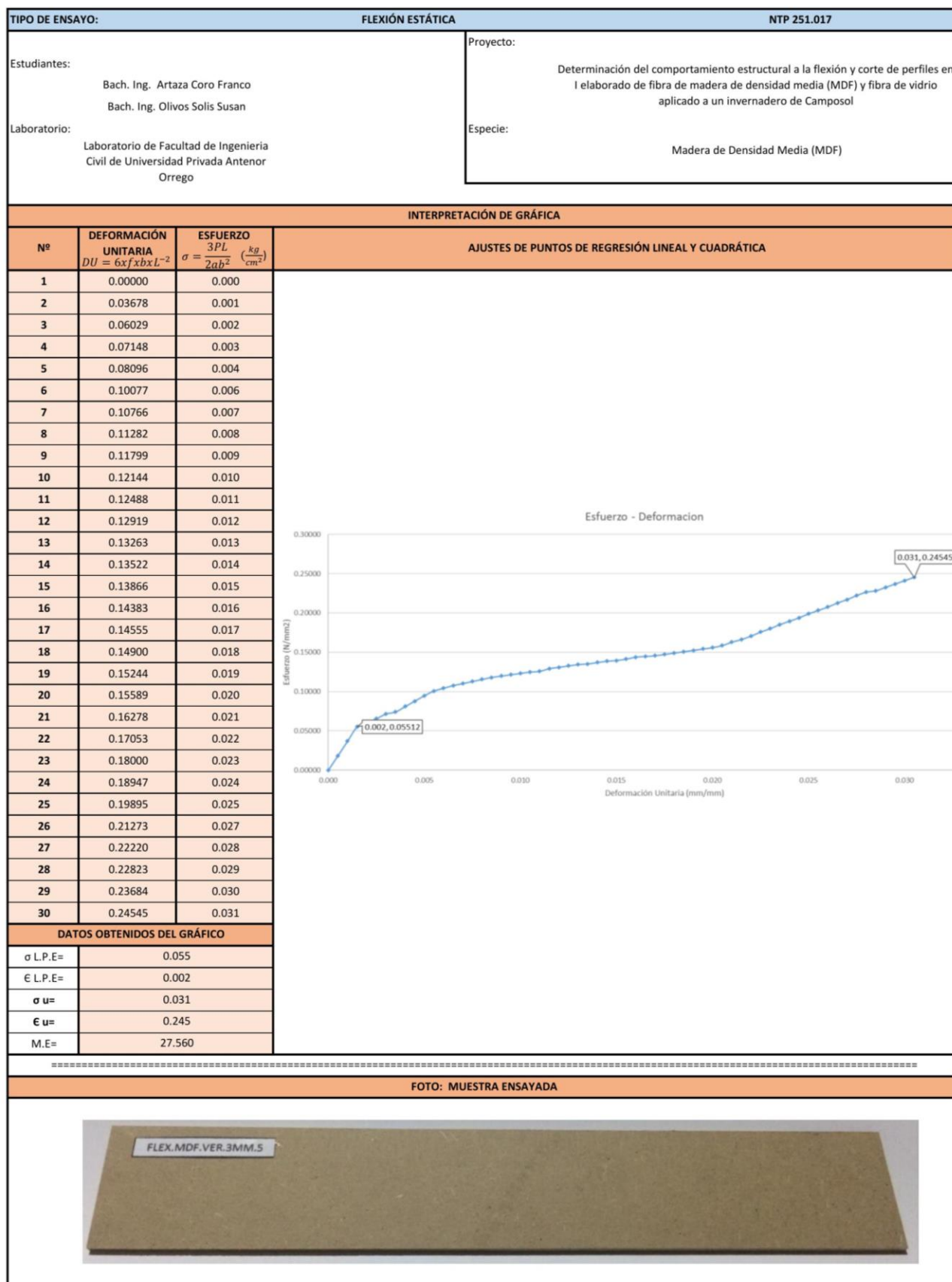


DATOS OBTENIDOS DEL GRÁFICO	
σ L.P.E=	0.054
ϵ L.P.E=	0.002
σ u=	2.660
ϵ u=	0.032
M.E=	27.130

FOTO: MUESTRA ENSAYADA



TIPO DE ENSAYO:		FLEXIÓN ESTÁTICA		NTP 251.017	
Estudiantes: Bach. Ing. Artaza Coro Franco Bach. Ing. Olivos Solís Susan			Proyecto: Determinación del comportamiento estructural a la flexión y corte de perfiles en l elaborado de fibra de madera de densidad media (MDF) y fibra de vidrio aplicado a un invernadero de Camposol		
Laboratorio: Laboratorio de Facultad de Ingeniería Civil de Universidad Privada Antenor Orrego			Especie: Madera de Densidad Media (MDF)		
CÓDIGO DE MUESTRA		TIEMPO DE ENSAYO			
FLEX.MDF.HOR.3MM.5		6 min 44 seg			
DIMENSIONES PARA EL CALCULO DE ESFUERZOS					
A cm	5.00				
B cm	30.00				
C cm	0.30				
Espesor de Muestra (mm)	3.00				
Longitud de Apoyo (cm)	15.00				
A.B cm ²	150.00				
A.B.C cm ³	45.00				
2A.B2 (cm ³)	9000.00				
Peso Neto (gr)	42.80				
Nº	CARGA (kg)	FLECHA (f)(mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6xfxbxL^{-2}$	GRÁFICA
1	0.000	0.000	0.000	0.00000	
2	0.200	0.460	0.001	0.03678	
3	0.400	0.754	0.002	0.06029	
4	0.600	0.894	0.003	0.07148	
5	0.800	1.012	0.004	0.08096	
6	1.100	1.260	0.006	0.10077	
7	1.300	1.346	0.007	0.10766	
8	1.500	1.410	0.008	0.11282	
9	1.700	1.475	0.009	0.11799	
10	1.900	1.518	0.010	0.12144	
11	2.100	1.561	0.011	0.12488	
12	2.300	1.615	0.012	0.12919	
13	2.500	1.658	0.013	0.13263	
14	2.700	1.690	0.014	0.13522	
15	2.900	1.733	0.015	0.13866	
16	3.200	1.798	0.016	0.14383	
17	3.400	1.819	0.017	0.14555	
18	3.600	1.862	0.018	0.14900	
19	3.800	1.906	0.0190	0.1524	
20	4.000	1.949	0.0200	0.1559	
21	4.200	2.035	0.0210	0.1628	
22	4.400	2.132	0.0220	0.1705	
23	4.600	2.250	0.0230	0.1800	
24	4.800	2.368	0.0240	0.1895	
25	5.000	2.487	0.0250	0.1989	
26	5.300	2.659	0.0265	0.2127	
27	5.500	2.778	0.0275	0.2222	
28	5.700	2.853	0.0285	0.2282	
29	5.900	2.961	0.0295	0.2368	
30	6.100	3.068	0.0305	0.2455	



RESULTADOS DE ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA DE MADERA DE
DENSIDAD MEDIA (MDF) DE 4 MM

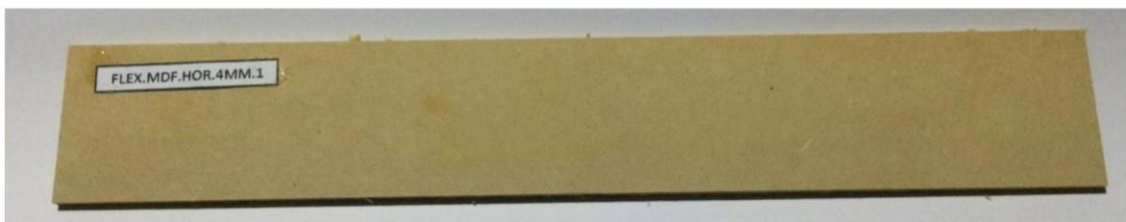
TIPO DE ENSAYO:		FLEXIÓN ESTÁTICA		NTP 251.017	
Estudiantes:			Proyecto:		
Bach. Ing. Artaza Coro Franco			Determinación del comportamiento estructural a la flexión y corte de perfiles en l		
Bach. Ing. Olivos Solis Susan			elaborado de fibra de madera de densidad media (MDF) y fibra de vidrio aplicado a		
Laboratorio:			Especie:		
Laboratorio de Facultad de Ingeniería Civil de			Madera de Densidad Media (MDF)		
Universidad Privada Antenor Orrego					
CÓDIGO DE MUESTRA		TIEMPO DE ENSAYO			
FLEX.MDF.HOR.4MM.1		7 min 04 seg			
=====					
DIMENSIONES PARA EL CALCULO DE ESFUERZOS					
A cm			5.00		
B cm			30.00		
C cm			0.40		
Espesor de Muestra (mm)			4.00		
Longitud de Apoyo (cm)			15.00		
A.B cm ²			150.00		
A.B.C cm ³			60.00		
2A.B2 (cm ³)			9000.00		
Peso Neto (gr)			54.30		
=====					
Nº	CARGA (kg)	FLECHA (f)(mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2}\right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6xfxbxL^{-2}$	GRÁFICA
1	0.000	0.000	0.000	0.00000	
2	0.300	0.094	0.002	0.00749	
3	0.600	0.188	0.003	0.01507	
4	0.900	0.282	0.005	0.02254	
5	1.200	0.319	0.006	0.02555	
6	1.500	0.388	0.008	0.03100	
7	1.800	0.431	0.009	0.03445	
8	2.100	0.463	0.011	0.03703	
9	2.400	0.495	0.012	0.03962	
10	2.700	0.538	0.014	0.04306	
11	3.000	0.624	0.015	0.04995	
12	3.400	0.667	0.017	0.05340	
13	3.700	0.700	0.019	0.05598	
14	4.000	0.732	0.020	0.05856	
15	4.400	0.775	0.022	0.06201	
16	4.700	0.807	0.024	0.06459	
17	5.000	0.861	0.025	0.06890	
18	5.400	0.904	0.027	0.07234	
19	5.700	0.947	0.0285	0.0758	
20	6.000	1.001	0.0300	0.0801	
21	6.300	1.066	0.0315	0.0853	
22	6.600	1.109	0.0330	0.0887	
23	6.900	1.184	0.0345	0.0947	
24	7.200	1.260	0.0360	0.1008	
25	7.500	1.400	0.0375	0.1120	
26	7.800	1.464	0.0390	0.1171	
27	8.100	1.550	0.0405	0.1240	
28	8.400	1.658	0.0420	0.1326	
29	8.700	1.733	0.0435	0.1387	
30	9.000	1.798	0.0450	0.1438	
=====					

TIPO DE ENSAYO:	FLEXIÓN ESTÁTICA	NTP 251.017
Estudiantes:	Proyecto: Determinación del comportamiento estructural a la flexión y corte de perfiles en I elaborado de fibra de madera de densidad media (MDF) y fibra de vidrio aplicado a un invernadero de Camposol	
Laboratorio:	Especie: Madera de Densidad Media (MDF)	
Bach. Ing. Artaza Coro Franco Bach. Ing. Olivos Solis Susan Laboratorio de Facultad de Ingeniería Civil de Universidad Privada Antenor Orrego		

INTERPRETACIÓN DE GRÁFICA

Nº	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = \frac{6fx}{bx^2} L^{-2}$	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2}$ ($\frac{kg}{cm^2}$)	AJUSTES DE PUNTOS DE REGRESIÓN LINEAL Y CUADRÁTICA
1	0.00000	0.000	<div style="text-align: center;">Esfuerzo - Deformación</div>
2	0.00749	0.002	
3	0.01507	0.003	
4	0.02254	0.005	
5	0.02555	0.006	
6	0.03100	0.008	
7	0.03445	0.009	
8	0.03703	0.011	
9	0.03962	0.012	
10	0.04306	0.014	
11	0.04995	0.015	
12	0.05340	0.017	
13	0.05598	0.019	
14	0.05856	0.020	
15	0.06201	0.022	
16	0.06459	0.024	
17	0.06890	0.025	
18	0.07234	0.027	
19	0.07579	0.029	
20	0.08010	0.030	
21	0.08526	0.032	
22	0.08871	0.033	
23	0.09474	0.035	
24	0.10077	0.036	
25	0.11196	0.038	
26	0.11713	0.039	
27	0.12402	0.041	
28	0.13263	0.042	
29	0.13866	0.044	
30	0.14383	0.045	
DATOS OBTENIDOS DEL GRÁFICO			
σ L.P.E=	0.023		
ϵ L.P.E=	0.005		
σ u=	0.045		
ϵ u=	0.144		
M.E=	4.508		

FOTO: MUESTRA ENSAYADA



TIPO DE ENSAYO:		FLEXIÓN ESTÁTICA		NTP 251.017	
Estudiantes:			Proyecto:		
Bach. Ing. Artaza Coro Franco			Determinación del comportamiento estructural a la flexión y corte de perfiles en l		
Bach. Ing. Olivos Solis Susan			elaborado de fibra de madera de densidad media (MDF) y fibra de vidrio aplicado a		
Laboratorio:			Especie:		
Laboratorio de Facultad de Ingeniería Civil de			Madera de Densidad Media (MDF)		
Universidad Privada Antenor Orrego					
CÓDIGO DE MUESTRA		TIEMPO DE ENSAYO			
FLEX.MDF.HOR.4MM.2		7 min 12 seg			
=====					
DIMENSIONES PARA EL CALCULO DE ESFUERZOS					
A cm		5.00			
B cm		30.00			
C cm		0.30			
Espesor de Muestra (mm)		3.00			
Longitud de Apoyo (cm)		15.00			
A.B cm ²		150.00			
A.B.C cm ³		45.00			
2A.B2 (cm ³)		9000.00			
Peso Neto (gr)		54.40			
=====					
Nº	CARGA (kg)	FLECHA (f)(mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2}\right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6fxbxL^{-2}$	GRÁFICA
1	0.000	0.000	0.000	0.00000	
2	0.300	0.078	0.002	0.00620	
3	0.600	0.155	0.003	0.01240	
4	0.900	0.233	0.005	0.01860	
5	1.200	0.310	0.006	0.02480	
6	1.500	0.388	0.008	0.03100	
7	1.800	0.420	0.009	0.03359	
8	2.100	0.452	0.011	0.03617	
9	2.400	0.484	0.012	0.03876	
10	2.700	0.517	0.014	0.04134	
11	3.000	0.538	0.015	0.04306	
12	3.400	0.581	0.017	0.04651	
13	3.700	0.614	0.019	0.04909	
14	4.000	0.646	0.020	0.05167	
15	4.400	0.689	0.022	0.05512	
16	4.700	0.721	0.024	0.05770	
17	5.000	0.743	0.025	0.05943	
18	5.400	0.786	0.027	0.06287	
19	5.700	0.840	0.0285	0.0672	
20	6.200	0.904	0.0310	0.0723	
21	6.700	0.969	0.0335	0.0775	
22	7.000	1.023	0.0350	0.0818	
23	7.300	1.066	0.0365	0.0853	
24	7.600	1.130	0.0380	0.0904	
25	7.900	1.206	0.0395	0.0965	
26	8.200	1.324	0.0410	0.1059	
27	8.500	1.443	0.0425	0.1154	
28	8.800	1.518	0.0440	0.1214	
29	9.100	1.583	0.0455	0.1266	
30	9.400	1.669	0.0470	0.1335	
=====					

TIPO DE ENSAYO:	FLEXIÓN ESTÁTICA	NTP 251.017
Estudiantes:	Bach. Ing. Artaza Coro Franco Bach. Ing. Olivos Solis Susan	Proyecto: Determinación del comportamiento estructural a la flexión y corte de perfiles en I elaborado de fibra de madera de densidad media (MDF) y fibra de vidrio aplicado a un invernadero de Camposol
Laboratorio:	Laboratorio de Facultad de Ingeniería Civil de Universidad Privada Antenor Orrego	Especie: Madera de Densidad Media (MDF)

INTERPRETACIÓN DE GRÁFICA

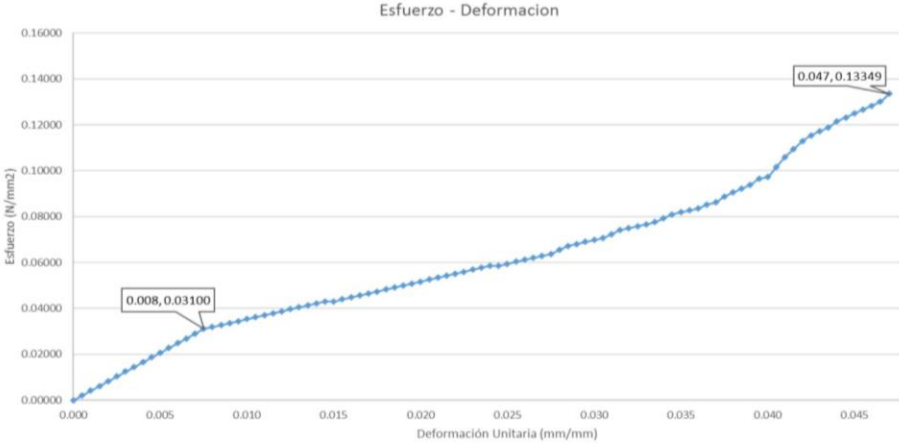
Nº	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = \frac{3PL}{6x^2bx}L^{-2}$	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2}$ ($\frac{kg}{cm^2}$)	AJUSTES DE PUNTOS DE REGRESIÓN LINEAL Y CUADRÁTICA
1	0.00000	0.000	
2	0.00620	0.002	
3	0.01240	0.003	
4	0.01860	0.005	
5	0.02480	0.006	
6	0.03100	0.008	
7	0.03359	0.009	
8	0.03617	0.011	
9	0.03876	0.012	
10	0.04134	0.014	
11	0.04306	0.015	
12	0.04651	0.017	
13	0.04909	0.019	
14	0.05167	0.020	
15	0.05512	0.022	
16	0.05770	0.024	
17	0.05943	0.025	
18	0.06287	0.027	
19	0.06718	0.029	
20	0.07234	0.031	
21	0.07751	0.034	
22	0.08182	0.035	
23	0.08526	0.037	
24	0.09043	0.038	
25	0.09646	0.040	
26	0.10593	0.041	
27	0.11541	0.043	
28	0.12144	0.044	
29	0.12660	0.046	
30	0.13349	0.047	
DATOS OBTENIDOS DEL GRÁFICO			
σ L.P.E=	0.031		
ϵ L.P.E=	0.008		
σ u=	0.008		
ϵ u=	0.008		
M.E=	3.875		

FOTO: MUESTRA ENSAYADA



TIPO DE ENSAYO:		FLEXIÓN ESTÁTICA		NTP 251.017		
Estudiantes:			Proyecto:			
Bach. Ing. Artaza Coro Franco			Determinación del comportamiento estructural a la flexión y corte de perfiles en l			
Bach. Ing. Olivos Solis Susan			elaborado de fibra de madera de densidad media (MDF) y fibra de vidrio aplicado a			
Laboratorio:			Especie:			
Laboratorio de Facultad de Ingeniería Civil de			Madera de Densidad Media (MDF)			
Universidad Privada Antenor Orrego						
CÓDIGO DE MUESTRA		TIEMPO DE ENSAYO				
FLEX.MDF.HOR.4MM.3		6 min 54 seg				
=====						
DIMENSIONES PARA EL CALCULO DE ESFUERZOS						
A cm		5.00				
B cm		30.00				
C cm		0.40				
Espesor de Muestra (mm)		4.00				
Longitud de Apoyo (cm)		15.00				
A.B cm ²		150.00				
A.B.C cm ³		60.00				
2A.B2 (cm ³)		9000.00				
Peso Neto (gr)		55.80				
=====						
Nº	CARGA (kg)	FLECHA (f)(mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6xfxbxL^{-2}$	GRÁFICA	
1	0.000	0.000		0.00000		
2	0.300	0.108	0.002	0.00861		
3	0.600	0.215	0.003	0.01722		
4	0.900	0.323	0.005	0.02584		
5	1.200	0.420	0.006	0.03359		
6	1.500	0.549	0.008	0.04392		
7	1.800	0.667	0.009	0.05340		
8	2.100	0.775	0.011	0.06201		
9	2.400	0.840	0.012	0.06718		
10	2.600	0.872	0.013	0.06976		
11	2.900	0.926	0.015	0.07407		
12	3.200	0.958	0.016	0.07665		
13	3.500	0.990	0.018	0.07923		
14	3.800	1.023	0.019	0.08182		
15	4.100	1.066	0.021	0.08526		
16	4.400	1.098	0.022	0.08785		
17	4.700	1.130	0.024	0.09043		
18	5.000	1.163	0.025	0.09301		
19	5.300	1.184	0.0265	0.0947		
20	5.600	1.227	0.0280	0.0982		
21	5.900	1.260	0.0295	0.1008		
22	6.200	1.303	0.0310	0.1042		
23	6.500	1.335	0.0325	0.1068		
24	6.700	1.367	0.0335	0.1094		
25	7.000	1.400	0.0350	0.1120		
26	7.400	1.529	0.0370	0.1223		
27	7.600	1.593	0.0380	0.1275		
28	7.900	1.626	0.0395	0.1300		
29	8.200	1.658	0.0410	0.1326		
30	8.500	1.690	0.0425	0.1352		
=====						

TIPO DE ENSAYO: FLEXIÓN ESTÁTICA		NTP 251.017
Estudiantes:	Bach. Ing. Artaza Coro Franco Bach. Ing. Olivos Solis Susan	Proyecto: Determinación del comportamiento estructural a la flexión y corte de perfiles en I elaborado de fibra de madera de densidad media (MDF) y fibra de vidrio aplicado a un invernadero de Camposol
Laboratorio:	Laboratorio de Facultad de Ingeniería Civil de Universidad Privada Antenor Orrego	Especie: Madera de Densidad Media (MDF)

INTERPRETACIÓN DE GRÁFICA

Nº	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = \frac{3PL}{6xfxbxL^{-2}}$	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2}\right)$
1	0.00000	0.000
2	0.00861	0.002
3	0.01722	0.003
4	0.02584	0.005
5	0.03359	0.006
6	0.04392	0.008
7	0.05340	0.009
8	0.06201	0.011
9	0.06718	0.012
10	0.06976	0.013
11	0.07407	0.015
12	0.07665	0.016
13	0.07923	0.018
14	0.08182	0.019
15	0.08526	0.021
16	0.08785	0.022
17	0.09043	0.024
18	0.09301	0.025
19	0.09474	0.027
20	0.09818	0.028
21	0.10077	0.030
22	0.10421	0.031
23	0.10679	0.033
24	0.10938	0.034
25	0.11196	0.035
26	0.12230	0.037
27	0.12746	0.038
28	0.13005	0.040
29	0.13263	0.041
30	0.13522	0.043
DATOS OBTENIDOS DEL GRÁFICO		
σ L.P.E=	0.026	
ϵ L.P.E=	0.005	
σ u=	0.043	
ϵ u=	0.135	
M.E=	5.168	

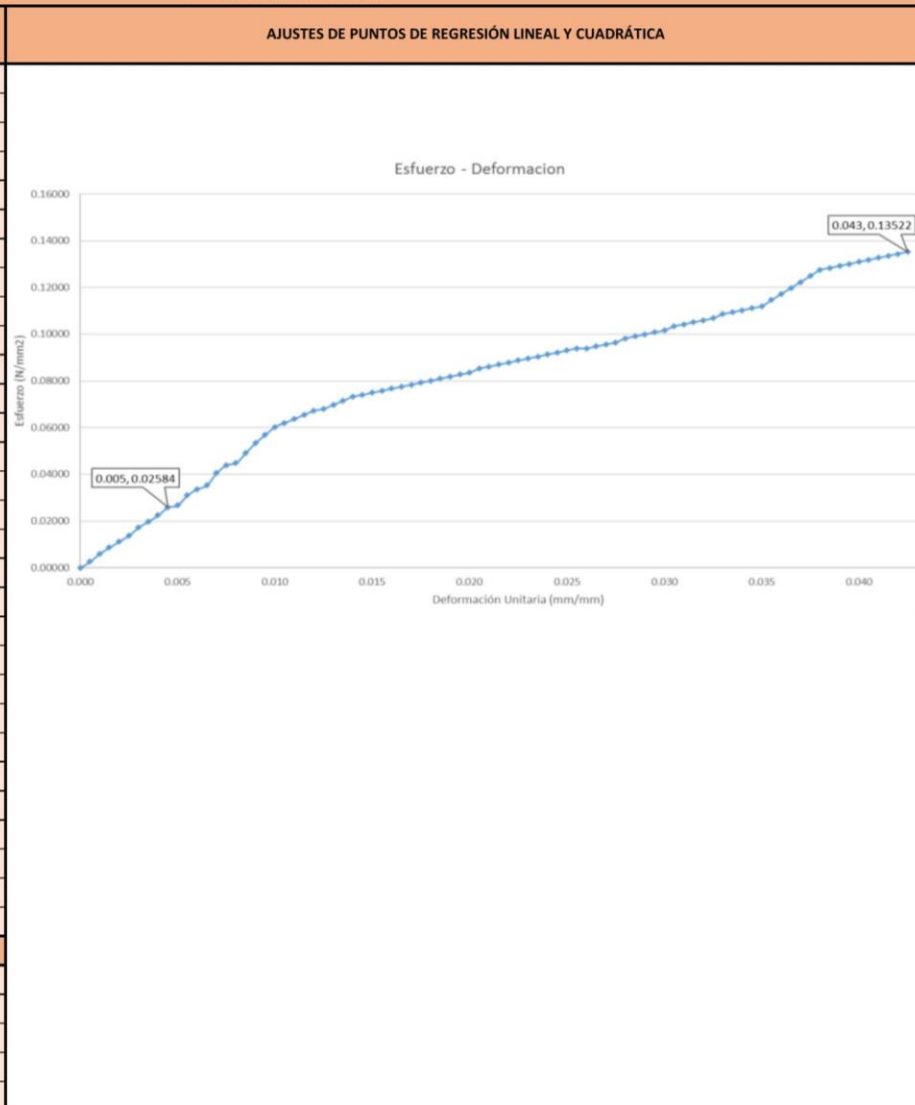


FOTO: MUESTRA ENSAYADA

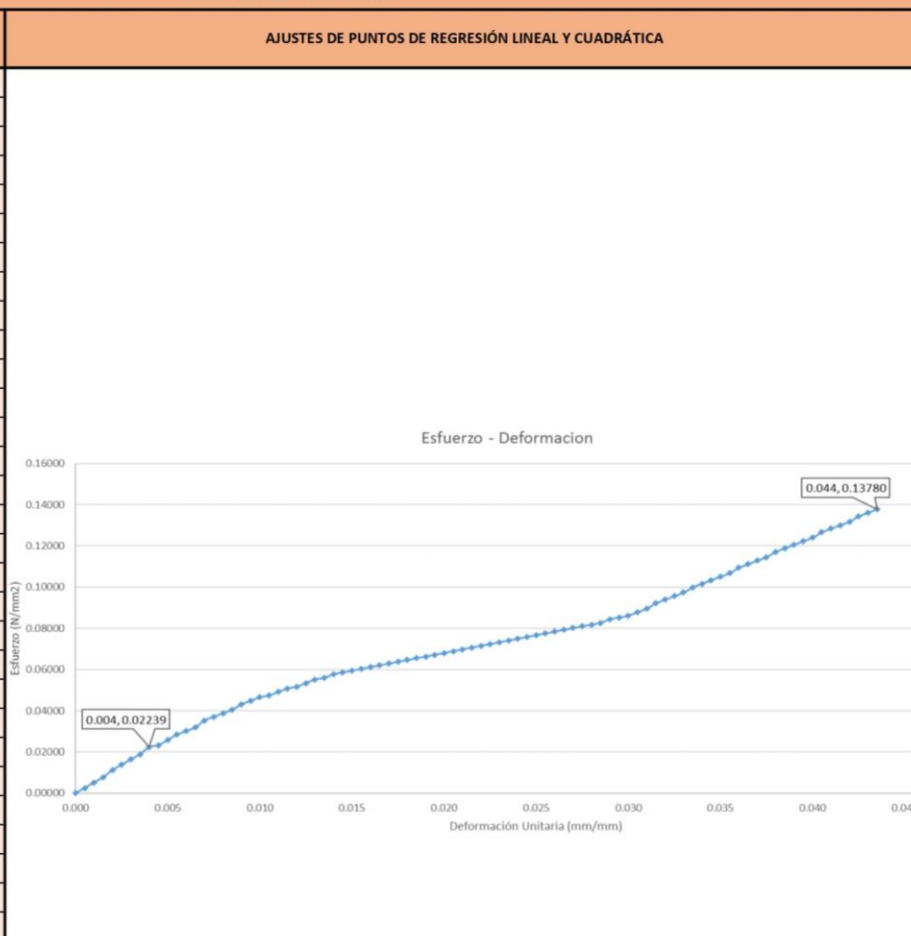


TIPO DE ENSAYO:		FLEXIÓN ESTÁTICA		NTP 251.017	
Estudiantes:			Proyecto:		
Bach. Ing. Artaza Coro Franco			Determinación del comportamiento estructural a la flexión y corte de perfiles en l		
Bach. Ing. Olivios Solis Susan			elaborado de fibra de madera de densidad media (MDF) y fibra de vidrio aplicado a		
Laboratorio:			Especie:		
Laboratorio de Facultad de Ingeniería Civil de			Madera de Densidad Media (MDF)		
Universidad Privada Antenor Orrego					
CÓDIGO DE MUESTRA		TIEMPO DE ENSAYO			
FLEX.MDF.HOR.4MM.4		6 min 57 seg			
DIMENSIONES PARA EL CALCULO DE ESFUERZOS					
A cm	5.00				
B cm	30.00				
C cm	0.40				
Espesor de Muestra (mm)	4.00				
Longitud de Apoyo (cm)	15.00				
A.B cm ²	150.00				
A.B.C cm ³	60.00				
2A.B2 (cm ³)	9000.00				
Peso Neto (gr)	54.60				
Nº	CARGA (kg)	FLECHA (f)(mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2}$ ($\frac{kg}{cm^2}$)	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6xfxbxL^{-2}$	GRÁFICA
1	0.000	0.000	0.000	0.00000	
2	0.300	0.097	0.002	0.00775	
3	0.600	0.205	0.003	0.01636	
4	0.900	0.291	0.005	0.02325	
5	1.200	0.377	0.006	0.03014	
6	1.500	0.463	0.008	0.03703	
7	1.800	0.538	0.009	0.04306	
8	2.100	0.592	0.011	0.04737	
9	2.400	0.646	0.012	0.05167	
10	2.700	0.700	0.014	0.05598	
11	3.000	0.743	0.015	0.05943	
12	3.300	0.775	0.017	0.06201	
13	3.600	0.807	0.018	0.06459	
14	3.900	0.840	0.020	0.06718	
15	4.200	0.872	0.021	0.06976	
16	0.500	0.172	0.003	0.01378	
17	4.800	0.937	0.024	0.07493	
18	5.100	0.969	0.026	0.07751	
19	5.400	1.001	0.0270	0.0801	
20	5.700	1.033	0.0285	0.0827	
21	6.000	1.077	0.0300	0.0861	
22	6.300	1.152	0.0315	0.0922	
23	6.600	1.217	0.0330	0.0973	
24	6.900	1.292	0.0345	0.1033	
25	7.200	1.367	0.0360	0.1094	
26	7.500	1.432	0.0375	0.1145	
27	7.800	1.507	0.0390	0.1206	
28	8.100	1.583	0.0405	0.1266	
29	8.400	1.647	0.0420	0.1318	
30	8.700	1.722	0.0435	0.1378	

TIPO DE ENSAYO:	FLEXIÓN ESTÁTICA	NTP 251.017
Estudiantes: Bach. Ing. Artaza Coro Franco Bach. Ing. Olivos Solis Susan	Proyecto: Determinación del comportamiento estructural a la flexión y corte de perfiles en I elaborado de fibra de madera de densidad media (MDF) y fibra de vidrio aplicado a un invernadero de Camposol	
Laboratorio: Laboratorio de Facultad de Ingeniería Civil de Universidad Privada Antenor Orrego	Especie: Madera de Densidad Media (MDF)	

INTERPRETACIÓN DE GRÁFICA

Nº	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = \frac{6fx}{bxL^2}$	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2}$ ($\frac{kg}{cm^2}$)
1	0.00000	0.000
2	0.00775	0.002
3	0.01636	0.003
4	0.02325	0.005
5	0.03014	0.006
6	0.03703	0.008
7	0.04306	0.009
8	0.04737	0.011
9	0.05167	0.012
10	0.05598	0.014
11	0.05943	0.015
12	0.06201	0.017
13	0.06459	0.018
14	0.06718	0.020
15	0.06976	0.021
16	0.01378	0.003
17	0.07493	0.024
18	0.07751	0.026
19	0.08010	0.027
20	0.08268	0.029
21	0.08612	0.030
22	0.09215	0.032
23	0.09732	0.033
24	0.10335	0.035
25	0.10938	0.036
26	0.11455	0.038
27	0.12057	0.039
28	0.12660	0.041
29	0.13177	0.042
30	0.13780	0.044



DATOS OBTENIDOS DEL GRÁFICO	
$\sigma_{L.P.E} =$	0.022
$\epsilon_{L.P.E} =$	0.004
$\sigma_u =$	0.044
$\epsilon_u =$	0.138
M.E =	5.598

FOTO: MUESTRA ENSAYADA



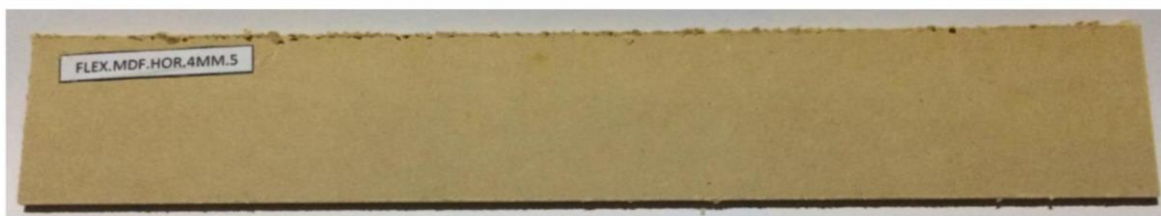
TIPO DE ENSAYO:		FLEXIÓN ESTÁTICA		NTP 251.017		
Estudiantes: Bach. Ing. Artaza Coro Franco Bach. Ing. Olivos Solis Susan			Proyecto: Determinación del comportamiento estructural a la flexión y corte de perfiles en l elaborado de fibra de madera de densidad media (MDF) y fibra de vidrio aplicado a un invernadero de Camposol			
Laboratorio: Laboratorio de Facultad de Ingeniería Civil de Universidad Privada Antenor Orrego			Especie: Madera de Densidad Media (MDF)			
CÓDIGO DE MUESTRA		TIEMPO DE ENSAYO				
FLEX.MDF.HOR.4MM.5		6 min 44 seg				
=====						
DIMENSIONES PARA EL CALCULO DE ESFUERZOS						
A cm		5.00				
B cm		30.00				
C cm		0.40				
Espesor de Muestra (mm)		4.00				
Longitud de Apoyo (cm)		15.00				
A.B cm ²		150.00				
A.B.C cm ³		60.00				
2A.B2 (cm ³)		9000.00				
Peso Neto (gr)		54.20				
=====						
Nº	CARGA (kg)	FLECHA (f)(mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2gb^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6fxbxL^{-2}$	GRÁFICA	
1	0.000	0.000	0.000	0.00000		
2	0.300	0.129	0.002	0.01033		
3	0.600	0.194	0.003	0.01550		
4	0.900	0.323	0.005	0.02584		
5	1.200	0.441	0.006	0.03531		
6	1.500	0.538	0.008	0.04306		
7	1.800	0.624	0.009	0.04995		
8	2.100	0.667	0.011	0.05340		
9	2.400	0.711	0.012	0.05684		
10	2.700	0.743	0.014	0.05943		
11	2.900	0.775	0.015	0.06201		
12	3.200	0.807	0.016	0.06459		
13	3.400	0.829	0.017	0.06632		
14	3.700	0.861	0.019	0.06890		
15	3.900	0.883	0.020	0.07062		
16	4.100	0.915	0.021	0.07321		
17	4.400	0.926	0.022	0.07407		
18	4.600	0.958	0.023	0.07665		
19	4.900	0.990	0.0245	0.0792		
20	5.100	1.033	0.0255	0.0827		
21	5.400	1.066	0.0270	0.0853		
22	5.700	1.109	0.0285	0.0887		
23	6.000	1.141	0.0300	0.0913		
24	6.300	1.195	0.0315	0.0956		
25	6.600	1.249	0.0330	0.0999		
26	6.900	1.335	0.0345	0.1068		
27	7.100	1.367	0.0355	0.1094		
28	7.400	1.443	0.0370	0.1154		
29	7.700	1.539	0.0385	0.1232		
30	8.000	1.636	0.0400	0.1309		
=====						

TIPO DE ENSAYO:	FLEXIÓN ESTÁTICA	NTP 251.017
Estudiantes:	Bach. Ing. Artaza Coro Franco Bach. Ing. Olivos Solis Susan	Proyecto: Determinación del comportamiento estructural a la flexión y corte de perfiles en I elaborado de fibra de madera de densidad media (MDF) y fibra de vidrio aplicado a un invernadero de Camposol
Laboratorio:	Laboratorio de Facultad de Ingeniería Civil de Universidad Privada Antenor Orrego	Especie: Madera de Densidad Media (MDF)

INTERPRETACIÓN DE GRÁFICA

Nº	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6fx/bxL^{-2}$	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2}\right)$	AJUSTES DE PUNTOS DE REGRESIÓN LINEAL Y CUADRÁTICA
1	0.00000	0.000	<p style="text-align: center;">Esfuerzo - Deformacion</p>
2	0.01033	0.002	
3	0.01550	0.003	
4	0.02584	0.005	
5	0.03531	0.006	
6	0.04306	0.008	
7	0.04995	0.009	
8	0.05340	0.011	
9	0.05684	0.012	
10	0.05943	0.014	
11	0.06201	0.015	
12	0.06459	0.016	
13	0.06632	0.017	
14	0.06890	0.019	
15	0.07062	0.020	
16	0.07321	0.021	
17	0.07407	0.022	
18	0.07665	0.023	
19	0.07923	0.025	
20	0.08268	0.026	
21	0.08526	0.027	
22	0.08871	0.029	
23	0.09129	0.030	
24	0.09560	0.032	
25	0.09990	0.033	
26	0.10679	0.035	
27	0.10938	0.036	
28	0.11541	0.037	
29	0.12316	0.039	
30	0.13091	0.040	
DATOS OBTENIDOS DEL GRÁFICO			
σ L.P.E=	0.014		
ϵ L.P.E=	0.002		
σ u=	0.040		
ϵ u=	0.131		
M.E=	6.890		

FOTO: MUESTRA ENSAYADA



RESULTADOS DE ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA DE MADERA DE
DENSIDAD MEDIA (MDF) DE 5.5 MM

TIPO DE ENSAYO:		FLEXIÓN ESTÁTICA		NTP 251.017	
Estudiantes:			Proyecto:		
Bach. Ing. Artaza Coro Franco			Determinación del comportamiento estructural a la flexión y corte de perfiles en l		
Bach. Ing. Olivios Solis Susan			elaborado de fibra de madera de densidad media (MDF) y fibra de vidrio aplicado a		
Laboratorio:			Especie:		
Laboratorio de Facultad de Ingeniería Civil de			Madera de Densidad Media (MDF)		
Universidad Privada Antenor Orrego					
CÓDIGO DE MUESTRA			TIEMPO DE ENSAYO		
FLEX.MDF.HOR.5.5MM.1			8 min 44 seg		
DIMENSIONES PARA EL CALCULO DE ESFUERZOS					
A cm		5.00			
B cm		30.00			
C cm		0.55			
Espesor de Muestra (mm)		5.50			
Longitud de Apoyo (cm)		15.00			
A.B cm ²		150.00			
A.B.C cm ³		82.50			
2A.B2 (cm ³)		9000.00			
Peso Neto (gr)		65.60			
Nº	CARGA (kg)	FLECHA (f)(mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2}\right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6xfxbxL^{-2}$	GRÁFICA
1	0.000	0.000	0.000	0.00000	
2	0.700	0.068	0.004	0.00543	
3	1.500	0.145	0.008	0.01163	
4	2.300	0.215	0.012	0.01722	
5	3.100	0.237	0.016	0.01895	
6	3.900	0.258	0.020	0.02067	
7	4.700	0.280	0.024	0.02239	
8	5.500	0.301	0.028	0.02411	
9	6.300	0.334	0.032	0.02670	
10	7.100	0.366	0.036	0.02928	
11	7.900	0.388	0.040	0.03100	
12	8.700	0.409	0.044	0.03273	
13	9.500	0.420	0.048	0.03359	
14	10.300	0.452	0.052	0.03617	
15	11.100	0.474	0.056	0.03789	
16	11.900	0.506	0.060	0.04048	
17	12.700	0.538	0.064	0.04306	
18	13.500	0.571	0.068	0.04565	
19	14.300	0.603	0.0715	0.0482	
20	15.100	0.646	0.0755	0.0517	
21	15.900	0.689	0.0795	0.0551	
22	16.700	0.764	0.0835	0.0611	
23	17.500	0.850	0.0875	0.0680	
24	18.300	0.937	0.0915	0.0749	
25	19.100	1.023	0.0955	0.0818	
26	19.900	1.077	0.0995	0.0861	
27	20.700	1.184	0.1035	0.0947	
28	21.500	1.356	0.1075	0.1085	
29	22.300	1.507	0.1115	0.1206	
30	22.900	1.679	0.1145	0.1344	

TIPO DE ENSAYO:	FLEXIÓN ESTÁTICA	NTP 251.017
Estudiantes: Bach. Ing. Artaza Coro Franco Bach. Ing. Olivos Solis Susan	Proyecto: Determinación del comportamiento estructural a la flexión y corte de perfiles en I elaborado de fibra de madera de densidad media (MDF) y fibra de vidrio aplicado a un invernadero de Camposol	
Laboratorio: Laboratorio de Facultad de Ingeniería Civil de Universidad Privada Antenor Orrego	Especie: Madera de Densidad Media (MDF)	

INTERPRETACIÓN DE GRÁFICA

Nº	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = \frac{6fx}{bxL^2}$	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2}$ ($\frac{kg}{cm^2}$)	AJUSTES DE PUNTOS DE REGRESIÓN LINEAL Y CUADRÁTICA
1	0.00000	0.000	<div style="text-align: center;">Esfuerzo - Deformacion</div>
2	0.00543	0.004	
3	0.01163	0.008	
4	0.01722	0.012	
5	0.01895	0.016	
6	0.02067	0.020	
7	0.02239	0.024	
8	0.02411	0.028	
9	0.02670	0.032	
10	0.02928	0.036	
11	0.03100	0.040	
12	0.03273	0.044	
13	0.03359	0.048	
14	0.03617	0.052	
15	0.03789	0.056	
16	0.04048	0.060	
17	0.04306	0.064	
18	0.04565	0.068	
19	0.04823	0.072	
20	0.05167	0.076	
21	0.05512	0.080	
22	0.06115	0.084	
23	0.06804	0.088	
24	0.07493	0.092	
25	0.08182	0.095	
26	0.08612	0.099	
27	0.09474	0.103	
28	0.10852	0.108	
29	0.12057	0.112	
30	0.13435	0.114	
DATOS OBTENIDOS DEL GRÁFICO			
$\sigma_{L.P.E} =$	0.016		
$\epsilon_{L.P.E} =$	0.011		
$\sigma_u =$	0.117		
$\epsilon_u =$	0.126		
M.E =	1.487		

FOTO: MUESTRA ENSAYADA



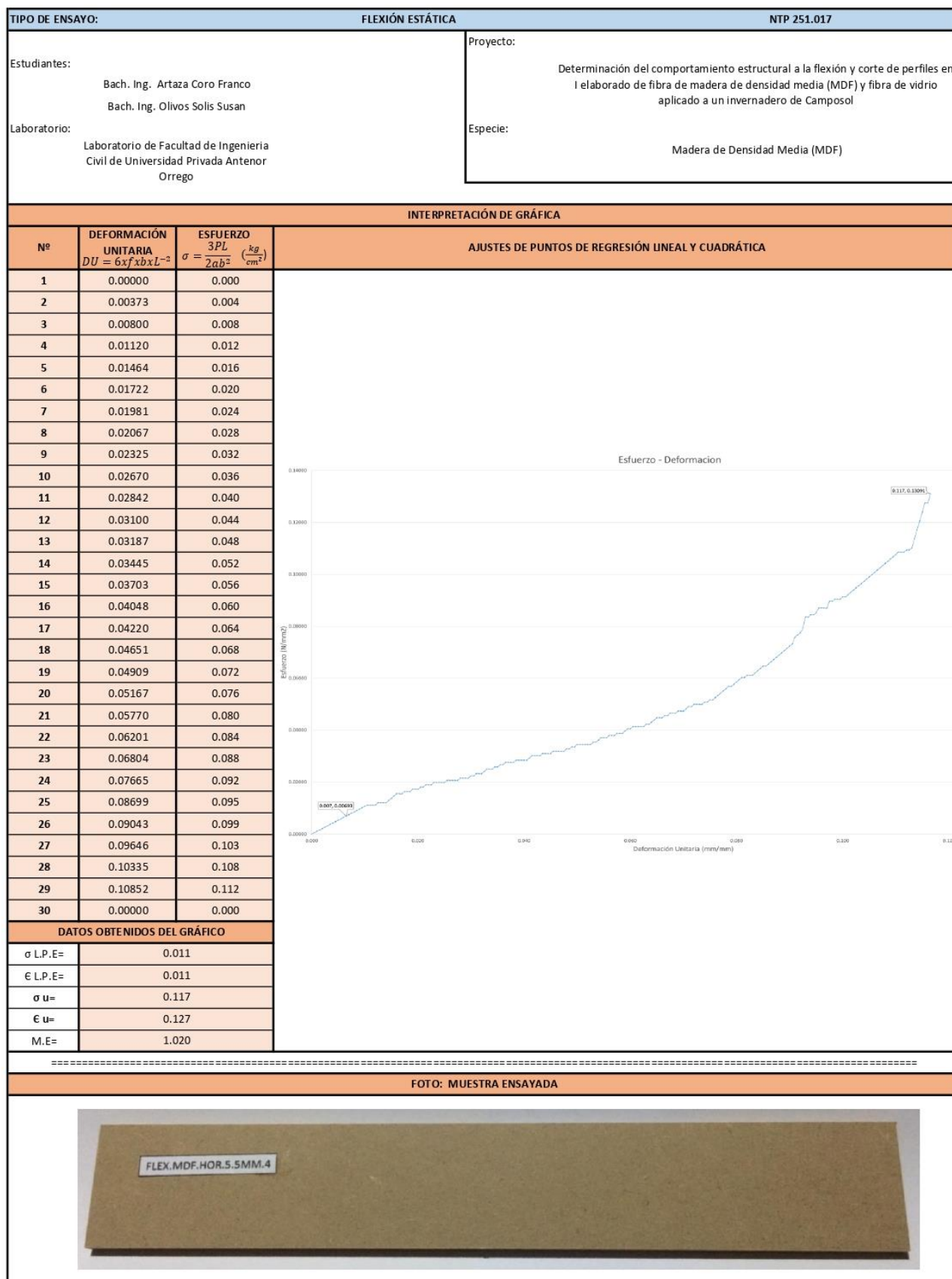
TIPO DE ENSAYO:		FLEXIÓN ESTÁTICA		NTP 251.017	
Estudiantes: Bach. Ing. Artaza Coro Franco Bach. Ing. Olivos Solis Susan			Proyecto: Determinación del comportamiento estructural a la flexión y corte de perfiles en l elaborado de fibra de madera de densidad media (MDF) y fibra de vidrio aplicado a un invernadero de Camposol		
Laboratorio: Laboratorio de Facultad de Ingeniería Civil de Universidad Privada Antenor Orrego			Especie: Madera de Densidad Media (MDF)		
CÓDIGO DE MUESTRA FLEX.MDF.HOR.5.5MM.2			TIEMPO DE ENSAYO 8 min 17 seg		
DIMENSIONES PARA EL CALCULO DE ESFUERZOS					
A cm			5.00		
B cm			30.00		
C cm			0.55		
Espesor de Muestra (mm)			5.50		
Longitud de Apoyo (cm)			15.00		
A.B cm ²			150.00		
A.B.C cm ³			82.50		
2A.B2 (cm ³)			9000.00		
Peso Neto (gr)			64.50		
Nº	CARGA (kg)	FLECHA (f)(mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6xfxbxL^{-2}$	GRÁFICA
1	0.000	0.000	0.000	0.00000	<p style="text-align: center;">Fuerza - Alargamiento</p>
2	0.080	0.074	0.000	0.00591	
3	0.170	0.158	0.001	0.01267	
4	0.226	0.210	0.001	0.01680	
5	0.258	0.240	0.001	0.01920	
6	0.291	0.270	0.001	0.02160	
7	0.323	0.300	0.002	0.02400	
8	0.344	0.320	0.002	0.02560	
9	0.366	0.340	0.002	0.02720	
10	0.388	0.360	0.002	0.02880	
11	0.409	0.380	0.002	0.03040	
12	0.441	0.410	0.002	0.03280	
13	0.474	0.440	0.002	0.03520	
14	0.495	0.460	0.002	0.03680	
15	0.517	0.480	0.003	0.03840	
16	0.538	0.500	0.003	0.04000	
17	0.571	0.530	0.003	0.04240	
18	0.614	0.570	0.003	0.04560	
19	0.635	0.590	0.0032	0.0472	
20	0.678	0.630	0.0034	0.0504	
21	0.721	0.670	0.0036	0.0536	
22	0.764	0.710	0.0038	0.0568	
23	0.840	0.780	0.0042	0.0624	
24	0.894	0.830	0.0045	0.0664	
25	0.969	0.900	0.0048	0.0720	
26	1.163	1.080	0.0058	0.0864	
27	1.356	1.260	0.0068	0.1008	
28	1.507	1.400	0.0075	0.1120	
29	1.539	1.430	0.0077	0.1144	
30	1.669	1.550	0.0083	0.1240	

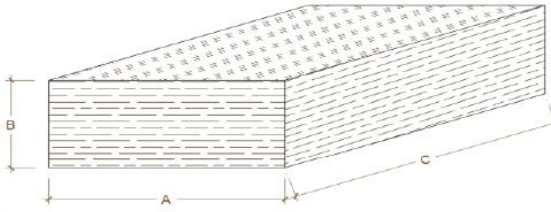

TIPO DE ENSAYO:		FLEXIÓN ESTÁTICA		NTP 251.017	
Estudiantes:			Proyecto:		
Bach. Ing. Artaza Coro Franco			Determinación del comportamiento estructural a la flexión y corte de perfiles en		
Bach. Ing. Olivos Solis Susan			I elaborado de fibra de madera de densidad media (MDF) y fibra de vidrio		
Laboratorio:			Especie:		
Laboratorio de Facultad de Ingeniería			Madera de Densidad Media (MDF)		
Civil de Universidad Privada Antenor					
Orrego					
INTERPRETACIÓN DE GRÁFICA					
Nº	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = \frac{3PL}{6xfxb^3L^{-3}}$	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2}$ ($\frac{kg}{cm^2}$)	AJUSTES DE PUNTOS DE REGRESIÓN LINEAL Y CUADRÁTICA		
1	0.00000	0.000	<p style="text-align: center;">Esfuerzo - Deformacion</p> <p style="text-align: center;">Esfuerzo (Kg/cm²)</p> <p style="text-align: center;">Deformación Unitaria (mm/mm)</p>		
2	0.00591	0.000			
3	0.01267	0.001			
4	0.01680	0.001			
5	0.01920	0.001			
6	0.02160	0.001			
7	0.02400	0.002			
8	0.02560	0.002			
9	0.02720	0.002			
10	0.02880	0.002			
11	0.03040	0.002			
12	0.03280	0.002			
13	0.03520	0.002			
14	0.03680	0.002			
15	0.03840	0.003			
16	0.04000	0.003			
17	0.04240	0.003			
18	0.04560	0.003			
19	0.04720	0.003			
20	0.05040	0.003			
21	0.05360	0.004			
22	0.05680	0.004			
23	0.06240	0.004			
24	0.06640	0.004			
25	0.07200	0.005			
26	0.08640	0.006			
27	0.10080	0.007			
28	0.11200	0.008			
29	0.11440	0.008			
30	0.12400	0.008			
DATOS OBTENIDOS DEL GRÁFICO					
σ L.P.E=	0.016				
ϵ L.P.E=	0.009				
σ u=	0.009				
ϵ u=	0.009				
M.E=	1.818				
FOTO: MUESTRA ENSAYADA					
<p style="text-align: center;">FLEX.MDF.HOR.5MM.2</p>					

TIPO DE ENSAYO:		FLEXIÓN ESTÁTICA		NTP 251.017	
Estudiantes: Bach. Ing. Artaza Coro Franco Bach. Ing. Olivos Solis Susan			Proyecto: Determinación del comportamiento estructural a la flexión y corte de perfiles en l elaborado de fibra de madera de densidad media (MDF) y fibra de vidrio aplicado a un invernadero de Camposol		
Laboratorio: Laboratorio de Facultad de Ingeniería Civil de Universidad Privada Antenor Orrego			Especie: Madera de Densidad Media (MDF)		
CÓDIGO DE MUESTRA FLEX.MDF.HOR.5.5MM.3			TIEMPO DE ENSAYO 8 min 51 seg.		
DIMENSIONES PARA EL CALCULO DE ESFUERZOS					
A cm	5.00				
B cm	30.00				
C cm	0.55				
Espesor de Muestra (mm)	5.50				
Longitud de Apoyo (cm)	15.00				
A.B cm ²	150.00				
A.B.C cm ³	82.50				
2A.B2 (cm ³)	9000.00				
Peso Neto (gr)	64.40				
Nº	CARGA (kg)	FLECHA (f)(mm)			
1	0.000	0.000		0.00000	
2	0.700	0.075	0.004	0.00603	
3	1.500	0.161	0.008	0.01292	
4	2.300	0.215	0.012	0.01722	
5	3.100	0.248	0.016	0.01981	
6	3.900	0.280	0.020	0.02239	
7	4.700	0.323	0.024	0.02584	
8	5.500	0.355	0.028	0.02842	
9	6.300	0.377	0.032	0.03014	
10	7.100	0.398	0.036	0.03187	
11	7.900	0.431	0.040	0.03445	
12	8.700	0.463	0.044	0.03703	
13	9.500	0.484	0.048	0.03876	
14	10.300	0.506	0.052	0.04048	
15	11.100	0.528	0.056	0.04220	
16	11.900	0.560	0.060	0.04478	
17	12.700	0.592	0.064	0.04737	
18	13.500	0.635	0.068	0.05081	
19	14.300	0.657	0.0715	0.0525	
20	15.100	0.700	0.0755	0.0560	
21	15.900	0.743	0.0795	0.0594	
22	16.700	0.786	0.0835	0.0629	
23	17.500	0.861	0.0875	0.0689	
24	18.300	0.915	0.0915	0.0732	
25	19.100	0.990	0.0955	0.0792	
26	19.900	1.130	0.0995	0.0904	
27	20.700	1.270	0.1035	0.1016	
28	21.500	1.443	0.1075	0.1154	
29	22.300	1.529	0.1115	0.1223	
30	23.800	1.636	0.1190	0.1309	

TIPO DE ENSAYO:		FLEXIÓN ESTÁTICA		NTP 251.017	
Estudiantes:			Proyecto:		
Bach. Ing. Artaza Coro Franco			Determinación del comportamiento estructural a la flexión y corte de perfiles en		
Bach. Ing. Olivos Solis Susan			I elaborado de fibra de madera de densidad media (MDF) y fibra de vidrio		
Laboratorio:			Especie:		
Laboratorio de Facultad de Ingeniería			Madera de Densidad Media (MDF)		
Civil de Universidad Privada Antenor					
Orrego					
INTERPRETACIÓN DE GRÁFICA					
Nº	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6xfxbxL^{-2}$	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2}$ ($\frac{kg}{cm^2}$)	AJUSTES DE PUNTOS DE REGRESIÓN LINEAL Y CUADRÁTICA		
1	0.00000	0.000			
2	0.00603	0.004			
3	0.01292	0.008			
4	0.01722	0.012			
5	0.01981	0.016			
6	0.02239	0.020			
7	0.02584	0.024			
8	0.02842	0.028			
9	0.03014	0.032			
10	0.03187	0.036			
11	0.03445	0.040			
12	0.03703	0.044			
13	0.03876	0.048			
14	0.04048	0.052			
15	0.04220	0.056			
16	0.04478	0.060			
17	0.04737	0.064			
18	0.05081	0.068			
19	0.05254	0.072			
20	0.05598	0.076			
21	0.05943	0.080			
22	0.06287	0.084			
23	0.06890	0.088			
24	0.07321	0.092			
25	0.07923	0.095			
26	0.09043	0.099			
27	0.10163	0.103			
28	0.11541	0.108			
29	0.12230	0.112			
30	0.13091	0.119			
DATOS OBTENIDOS DEL GRÁFICO					
$\sigma_{L.P.E} =$	0.013				
$\epsilon_{L.P.E} =$	0.008				
$\sigma_u =$	0.119				
$\epsilon_u =$	0.131				
M.E=	1.615				
FOTO: MUESTRA ENSAYADA					

TIPO DE ENSAYO:		FLEXIÓN ESTÁTICA		NTP 251.017	
Estudiantes:			Proyecto:		
Bach. Ing. Artaza Coro Franco			Determinación del comportamiento estructural a la flexión y corte de perfiles en l		
Bach. Ing. Olivos Solis Susan			elaborado de fibra de madera de densidad media (MDF) y fibra de vidrio aplicado a		
Laboratorio:			Especie:		
Laboratorio de Facultad de Ingeniería Civil de			Madera de Densidad Media (MDF)		
Universidad Privada Antenor Orrego					
CÓDIGO DE MUESTRA		TIEMPO DE ENSAYO			
FLEX.MDF.HOR.5.5MM.4		8 min 40 seg			
DIMENSIONES PARA EL CALCULO DE ESFUERZOS					
A cm	5.00				
B cm	30.00				
C cm	0.55				
Espesor de Muestra (mm)	5.50				
Longitud de Apoyo (cm)	15.00				
A.B cm ²	150.00				
A.B.C cm ³	82.50				
2A.B2 (cm ³)	9000.00				
Peso Neto (gr)	63.90				
Nº	CARGA (kg)	FLECHA (f)(mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2}\right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6xfxbxL^{-2}$	GRÁFICA
1	0.000	0.000	0.000	0.00000	
2	0.700	0.047	0.004	0.00373	
3	1.500	0.100	0.008	0.00800	
4	2.300	0.140	0.012	0.01120	
5	3.100	0.183	0.016	0.01464	
6	3.900	0.215	0.020	0.01722	
7	4.700	0.248	0.024	0.01981	
8	5.500	0.258	0.028	0.02067	
9	6.300	0.291	0.032	0.02325	
10	7.100	0.334	0.036	0.02670	
11	7.900	0.355	0.040	0.02842	
12	8.700	0.388	0.044	0.03100	
13	9.500	0.398	0.048	0.03187	
14	10.300	0.431	0.052	0.03445	
15	11.100	0.463	0.056	0.03703	
16	11.900	0.506	0.060	0.04048	
17	12.700	0.528	0.064	0.04220	
18	13.500	0.581	0.068	0.04651	
19	14.300	0.614	0.0715	0.0491	
20	15.100	0.646	0.0755	0.0517	
21	15.900	0.721	0.0795	0.0577	
22	16.700	0.775	0.0835	0.0620	
23	17.500	0.850	0.0875	0.0680	
24	18.300	0.958	0.0915	0.0767	
25	19.100	1.087	0.0955	0.0870	
26	19.900	1.130	0.0995	0.0904	
27	20.700	1.206	0.1035	0.0965	
28	21.500	1.292	0.1075	0.1033	
29	22.300	1.356	0.1115	0.1085	
30	0.000	0.000	0.0000	0.0000	



TIPO DE ENSAYO:		FLEXIÓN ESTÁTICA		NTP 251.017	
Estudiantes:			Proyecto:		
Bach. Ing. Artaza Coro Franco			Determinación del comportamiento estructural a la flexión y corte de perfiles en I elaborado de fibra de madera de densidad media (MDF) y fibra de vidrio aplicado a un invernadero de Camposol		
Bach. Ing. Olivos Solis Susan			Especie:		
Laboratorio:			Madera de Densidad Media (MDF)		
Laboratorio de Facultad de Ingeniería Civil de Universidad Privada Antenor Orrego					
CÓDIGO DE MUESTRA			TIEMPO DE ENSAYO		
FLEX.MDF.HOR.5.5MM.5			9 min 17 seg		
DIMENSIONES PARA EL CALCULO DE ESFUERZOS					
A cm			5.00		
B cm			30.00		
C cm			0.30		
Espesor de Muestra (mm)			3.00		
Longitud de Apoyo (cm)			15.00		
A.B cm ²			150.00		
A.B.C cm ³			45.00		
2A.B2 (cm ³)			9000.00		
Peso Neto (gr)			64.90		
					
Nº	CARGA (kg)	FLECHA (f)(mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2}\right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6xfxbxL^{-2}$	GRÁFICA
1	0.000	0.000	0.000	0.00000	
2	0.700	0.048	0.004	0.00381	
3	1.500	0.102	0.008	0.00816	
4	2.300	0.151	0.012	0.01206	
5	3.100	0.183	0.016	0.01464	
6	3.900	0.226	0.020	0.01809	
7	4.700	0.248	0.024	0.01981	
8	5.500	0.269	0.028	0.02153	
9	6.300	0.291	0.032	0.02325	
10	7.100	0.323	0.036	0.02584	
11	7.900	0.344	0.040	0.02756	
12	8.700	0.366	0.044	0.02928	
13	9.500	0.388	0.048	0.03100	
14	10.300	0.409	0.052	0.03273	
15	11.100	0.431	0.056	0.03445	
16	11.900	0.463	0.060	0.03703	
17	12.700	0.506	0.064	0.04048	
18	13.500	0.528	0.068	0.04220	
19	14.300	0.571	0.0715	0.0456	
20	15.100	0.603	0.0755	0.0482	
21	15.900	0.635	0.0795	0.0508	
22	16.700	0.711	0.0835	0.0568	
23	17.500	0.797	0.0875	0.0637	
24	18.300	0.883	0.0915	0.0706	
25	19.100	0.969	0.0955	0.0775	
26	19.900	1.023	0.0995	0.0818	
27	20.700	1.120	0.1035	0.0896	
28	21.600	1.303	0.1080	0.1042	
29	22.300	1.410	0.1115	0.1128	
30	24.000	1.679	0.1200	0.1344	

TIPO DE ENSAYO:		FLEXIÓN ESTÁTICA		NTP 251.017	
Estudiantes:			Proyecto:		
Bach. Ing. Artaza Coro Franco			Determinación del comportamiento estructural a la flexión y corte de perfiles en		
Bach. Ing. Olivos Solis Susan			elaborado de fibra de madera de densidad media (MDF) y fibra de vidrio		
Laboratorio:			Especie:		
Laboratorio de Facultad de Ingeniería			Madera de Densidad Media (MDF)		
Civil de Universidad Privada Antenor					
Orrego					
INTERPRETACIÓN DE GRÁFICA					
Nº	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = 6fx/bxL^{-2}$	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2}\right)$	AJUSTES DE PUNTOS DE REGRESIÓN LINEAL Y CUADRÁTICA		
1	0.00000	0.000			
2	0.00381	0.004			
3	0.00816	0.008			
4	0.01206	0.012			
5	0.01464	0.016			
6	0.01809	0.020			
7	0.01981	0.024			
8	0.02153	0.028			
9	0.02325	0.032			
10	0.02584	0.036			
11	0.02756	0.040			
12	0.02928	0.044			
13	0.03100	0.048			
14	0.03273	0.052			
15	0.03445	0.056			
16	0.03703	0.060			
17	0.04048	0.064			
18	0.04220	0.068			
19	0.04565	0.072			
20	0.04823	0.076			
21	0.05081	0.080			
22	0.05684	0.084			
23	0.06373	0.088			
24	0.07062	0.092			
25	0.07751	0.095			
26	0.08182	0.099			
27	0.08957	0.103			
28	0.10421	0.108			
29	0.11282	0.112			
30	0.13435	0.120			
DATOS OBTENIDOS DEL GRÁFICO					
$\sigma_{L.P.E} =$	0.012				
$\epsilon_{L.P.E} =$	0.011				
$\sigma_u =$	0.120				
$\epsilon_u =$	0.128				
M.E =	1.088				
FOTO: MUESTRA ENSAYADA					

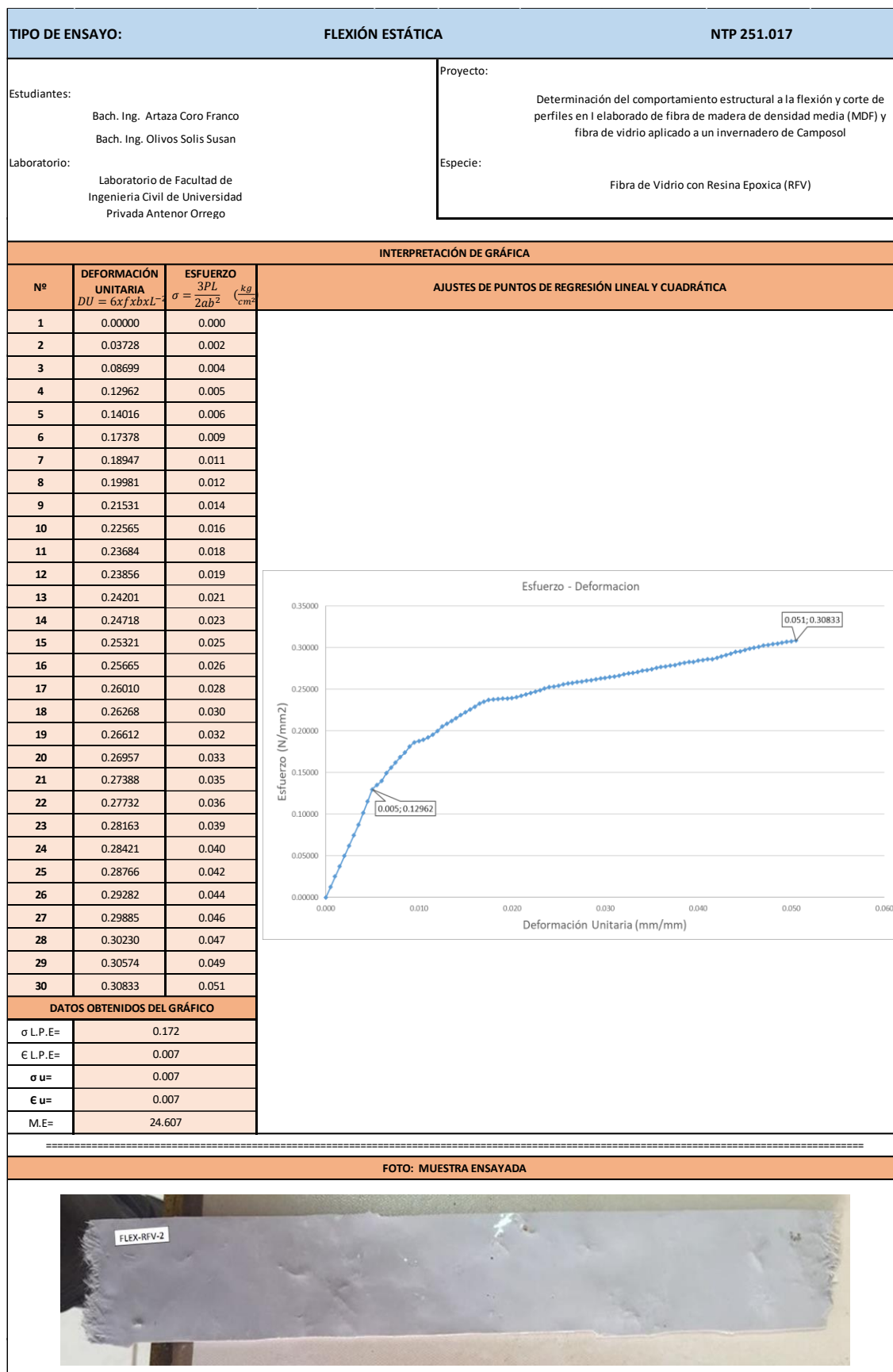
ANEXO N° 2

RESULTADOS DE ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA DE FIBRA DE VIDRIO CON
RESINA EPOXICA

TIPO DE ENSAYO:		FLEXIÓN ESTÁTICA		NTP 251.017	
Estudiantes: Bach. Ing. Artaza Coro Franco Bach. Ing. Olivos Solis Susan Laboratorio: Laboratorio de Facultad de Ingeniería Civil de Universidad Privada Antenor Orrego			Proyecto: Determinación del comportamiento estructural a la flexión y corte de perfiles en I elaborados de fibra de madera de densidad media (MDF) y fibra de vidrio aplicado a un invernadero de Camposol Especie: Fibra de Vidrio con Resina Epóxica (RFV)		
CÓDIGO DE MUESTRA <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">FLEX.MDF.RFV.1</div>			TIEMPO DE ENSAYO <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">13 min 52 seg</div>		
DIMENSIONES PARA EL CALCULO DE ESFUERZOS					
A cm	5.00	Afinal cm	4.96		
B cm	30.00	Bfinal cm	30.15		
C cm	0.26	Cfinal cm	0.26		
Espesor de Muestra (mm)	2.60	Espesor de Muestra final (mm)	2.64		
Longitud de Apoyo (cm)	15.00	Longitud de Apoyo final (cm)	15.00		
A.B cm2	150.00	A.B final cm2	149.54		
A.B.C cm3	39.00	A.B.C final cm3	39.48		
2A.B2 (cm3)	9000.00	2A.B2 final (cm3)	9017.50		
Peso Neto (gr)	54.10	Peso Neto final (gr)	54.10		
Nº	CARGA (kg)	FLECHA (f)(mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2}\right)$		
1	0.000	0.000	0.000	0.00000	
2	0.400	0.880	0.002	0.07043	
3	0.700	1.541	0.004	0.12325	
4	1.100	2.089	0.006	0.16708	
5	1.400	2.185	0.007	0.17483	
6	1.800	2.315	0.009	0.18517	
7	2.200	2.390	0.011	0.19120	
8	2.500	2.476	0.013	0.19809	
9	2.900	2.670	0.015	0.21359	
10	3.300	2.853	0.017	0.22823	
11	3.600	2.950	0.018	0.23598	
12	4.000	3.057	0.020	0.24459	
13	4.300	3.111	0.022	0.24890	
14	4.700	3.187	0.024	0.25493	
15	5.100	3.240	0.026	0.25923	
16	5.400	3.283	0.027	0.26268	
17	5.800	3.316	0.029	0.26526	
18	6.200	3.348	0.031	0.26785	
19	6.500	3.380	0.0325	0.2704	
20	6.900	3.413	0.0345	0.2730	
21	7.200	3.456	0.0360	0.2765	
22	7.600	3.510	0.0380	0.2808	
23	8.000	3.553	0.0400	0.2842	
24	8.300	3.596	0.0415	0.2877	
25	8.700	3.671	0.0435	0.2937	
26	9.100	3.746	0.0455	0.2997	
27	9.400	3.789	0.0470	0.3032	
28	9.800	3.854	0.0490	0.3083	
29	10.100	3.897	0.0505	0.3118	
30	10.500	3.911	0.0525	0.3129	

TIPO DE ENSAYO:		FLEXIÓN ESTÁTICA		NTP 251.017	
Estudiantes:			Proyecto:		
Bach. Ing. Artaza Coro Franco			Determinación del comportamiento estructural a la flexión y corte de perfiles en I elaborado de fibra de madera de densidad media (MDF) y fibra de vidrio aplicado a un invernadero de Camposol		
Bach. Ing. Olivos Solís Susan			Especie:		
Laboratorio:			Fibra de Vidrio con Resina Epóxica (RFV)		
Laboratorio de Facultad de Ingeniería Civil de Universidad Privada Antenor Orrego					
INTERPRETACIÓN DE GRÁFICA					
Nº	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = \frac{6xfxbxL^{-1}}$	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2}$ ($\frac{kg}{cm^2}$)	AJUSTES DE PUNTOS DE REGRESIÓN LINEAL Y CUADRÁTICA		
1	0.0000	0.000			
2	0.07043	0.002			
3	0.12325	0.004			
4	0.16708	0.006			
5	0.17483	0.007			
6	0.18517	0.009			
7	0.19120	0.011			
8	0.19809	0.013			
9	0.21359	0.015			
10	0.22823	0.017			
11	0.23598	0.018			
12	0.24459	0.020			
13	0.24890	0.022			
14	0.25493	0.024			
15	0.25923	0.026			
16	0.26268	0.027			
17	0.26526	0.029			
18	0.26785	0.031			
19	0.27043	0.033			
20	0.27301	0.035			
21	0.27646	0.036			
22	0.28077	0.038			
23	0.28421	0.040			
24	0.28766	0.041			
25	0.29368	0.044			
26	0.29971	0.046			
27	0.30316	0.047			
28	0.30833	0.049			
29	0.31177	0.051			
30	0.31289	0.053			
DATOS OBTENIDOS DEL GRÁFICO					
$\sigma_{L.P.E} =$	0.158				
$\epsilon_{L.P.E} =$	0.005				
$\sigma_u =$	0.053				
$\epsilon_u =$	0.308				
M.E.=	31.694				
FOTO: MUESTRA ENSAYADA					

TIPO DE ENSAYO:		FLEXIÓN ESTÁTICA		NTP 251.017	
Estudiantes: Bach. Ing. Artaza Coro Franco Bach. Ing. Olivos Solis Susan			Proyecto: Determinación del comportamiento estructural a la flexión y corte de perfiles en I elaborado de fibra de madera de densidad media (MDF) y fibra de vidrio aplicado a un invernadero de Camposol		
Laboratorio: Laboratorio de Facultad de Ingeniería Civil de Universidad Privada Antenor Orrego			Especie: Fibra de Vidrio con Resina Epoxica (RFV)		
CÓDIGO DE MUESTRA		TIEMPO DE ENSAYO			
FLEX.RFV.2		13 min 44 seg			
DIMENSIONES PARA EL CALCULO DE ESFUERZOS					
A cm	5.00	Afinal cm	4.95		
B cm	30.00	Bfinal cm	30.16		
C cm	0.25	Cfinal cm	0.26		
Espesor de Muestra (mm)	2.50	Espesor de Muestra final (mm)	2.57		
Longitud de Apoyo (cm)	15.00	Longitud de Apoyo final (cm)	15.00		
A.B cm2	150.00	A.B final cm2	149.29		
A.B.C cm3	37.50	A.B.C final cm3	38.37		
2A.B2 (cm3)	9000.00	2A.B2 final (cm3)	9005.29		
Peso Neto (gr)	58.60	Peso Neto final (gr)	58.60		
Nº	CARGA (kg)	FLECHA (f)(mm)	ESFUERZO UNITARIO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2}\right)$		
1	0.000	0.000	0.000	0.00000	
2	0.300	0.466	0.002	0.03728	
3	0.700	1.087	0.004	0.08699	
4	1.000	1.620	0.005	0.12962	
5	1.200	1.752	0.006	0.14016	
6	1.700	2.172	0.009	0.17378	
7	2.100	2.368	0.011	0.18947	
8	2.400	2.498	0.012	0.19981	
9	2.800	2.691	0.014	0.21531	
10	3.100	2.821	0.016	0.22565	
11	3.500	2.961	0.018	0.23684	
12	3.800	2.982	0.019	0.23856	
13	4.200	3.025	0.021	0.24201	
14	4.500	3.090	0.023	0.24718	
15	4.900	3.165	0.025	0.25321	
16	5.200	3.208	0.026	0.25665	
17	5.600	3.251	0.028	0.26010	
18	5.900	3.283	0.030	0.26268	
19	6.300	3.327	0.0315	0.2661	
20	6.600	3.370	0.0330	0.2696	
21	7.000	3.423	0.0350	0.2739	
22	7.300	3.467	0.0365	0.2773	
23	7.700	3.520	0.0385	0.2816	
24	8.000	3.553	0.0400	0.2842	
25	8.400	3.596	0.0420	0.2877	
26	8.700	3.660	0.0435	0.2928	
27	9.100	3.736	0.0455	0.2989	
28	9.400	3.779	0.0470	0.3023	
29	9.800	3.822	0.0490	0.3057	
30	10.100	3.854	0.0505	0.3083	



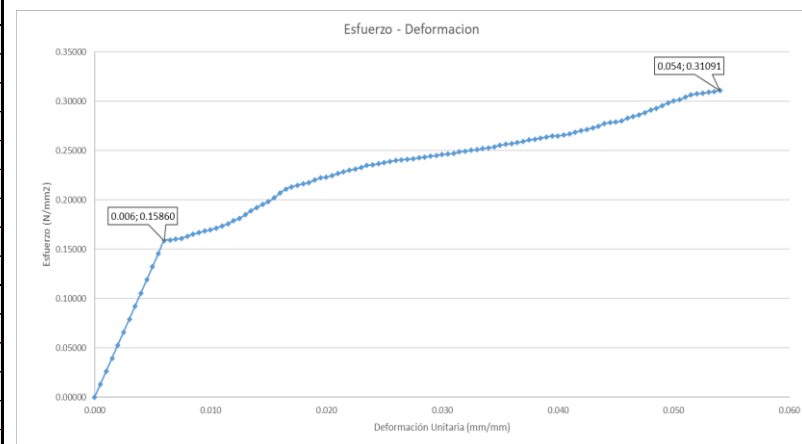
TIPO DE ENSAYO:		FLEXIÓN ESTÁTICA		NTP 251.017	
Estudiantes: Bach. Ing. Artaza Coro Franco Bach. Ing. Olivos Solis Susan Laboratorio: Laboratorio de Facultad de Ingeniería Civil de Universidad Privada Antenor Orrego			Proyecto: Determinación del comportamiento estructural a la flexión y corte de perfiles en I elaborado de fibra de madera de densidad media (MDF) y fibra de vidrio aplicado a un invernadero de Camposol Especie: Fibra de Vidrio con Resina Epoxica (RFV)		
CÓDIGO DE MUESTRA		TIEMPO DE ENSAYO			
FLEX.RFV.3		13 min 39 seg			
DIMENSIONES PARA EL CALCULO DE ESFUERZOS					
A cm	5.00	Afinal cm	4.98		
B cm	30.00	Bfinal cm	30.10		
C cm	0.25	Cfinal cm	0.25		
Espesor de Muestra (mm)	2.50	Espesor de Muestra final (mm)	2.52		
Longitud de Apoyo (cm)	15.00	Longitud de Apoyo final (cm)	15.00		
A.B cm2	150.00	A.B final cm2	149.90		
A.B.C cm3	37.50	A.B.C final cm3	37.77		
2A.B2 (cm3)	9000.00	2A.B2 final (cm3)	9023.86		
Peso Neto (gr)	65.70	Peso Neto final (gr)	65.70		
Nº	CARGA (kg)	FLECHA (f)(mm)	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$		
1	0.000	0.000		0.00000	
2	0.400	0.661	0.002	0.05287	
3	0.700	1.156	0.004	0.09252	
4	1.100	1.817	0.006	0.14538	
5	1.400	2.004	0.007	0.16032	
6	1.600	2.042	0.008	0.16334	
7	2.200	2.171	0.011	0.17367	
8	2.500	2.268	0.013	0.18142	
9	2.900	2.445	0.015	0.19563	
10	3.300	2.639	0.017	0.21114	
11	3.600	2.704	0.018	0.21630	
12	4.000	2.790	0.020	0.22319	
13	4.300	2.855	0.022	0.22836	
14	4.700	2.935	0.024	0.23482	
15	5.100	2.989	0.026	0.23913	
16	5.400	3.016	0.027	0.24128	
17	5.800	3.054	0.029	0.24430	
18	6.200	3.091	0.031	0.24731	
19	6.500	3.129	0.0325	0.2503	
20	6.900	3.172	0.0345	0.2538	
21	7.200	3.215	0.0360	0.2572	
22	7.600	3.269	0.0380	0.2615	
23	8.000	3.312	0.0400	0.2650	
24	8.300	3.361	0.0415	0.2688	
25	8.700	3.436	0.0435	0.2749	
26	9.100	3.500	0.0455	0.2800	
27	9.400	3.580	0.0470	0.2864	
28	9.800	3.696	0.0490	0.2957	
29	10.100	3.769	0.0505	0.3015	
30	10.500	3.854	0.0525	0.3083	

TIPO DE ENSAYO:		FLEXIÓN ESTÁTICA	NTP 251.017
Estudiantes:		Proyecto:	
Bach. Ing. Artaza Coro Franco		Determinación del comportamiento estructural a la flexión y corte de perfiles en I elaborado de fibra de madera de densidad media (MDF) y fibra de vidrio aplicado a un invernadero de Camposol	
Bach. Ing. Olivos Solis Susan		Especie:	
Laboratorio:		Fibra de Vidrio con Resina Epoxica (RFV)	
Laboratorio de Facultad de Ingeniería Civil de Universidad Privada Antenor Orrego			

INTERPRETACIÓN DE GRÁFICA

Nº	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = \frac{6xfx}{bxL^2}$	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$
1	0.00000	0.000
2	0.05287	0.002
3	0.09252	0.004
4	0.14538	0.006
5	0.16032	0.007
6	0.16334	0.008
7	0.17367	0.011
8	0.18142	0.013
9	0.19563	0.015
10	0.21114	0.017
11	0.21630	0.018
12	0.22319	0.020
13	0.22836	0.022
14	0.23482	0.024
15	0.23913	0.026
16	0.24128	0.027
17	0.24430	0.029
18	0.24731	0.031
19	0.25032	0.033
20	0.25377	0.035
21	0.25721	0.036
22	0.26152	0.038
23	0.26497	0.040
24	0.26884	0.042
25	0.27487	0.044
26	0.28004	0.046
27	0.28636	0.047
28	0.29567	0.049
29	0.30152	0.051
30	0.30833	0.053

AJUSTES DE PUNTOS DE REGRESIÓN LINEAL Y CUADRÁTICA

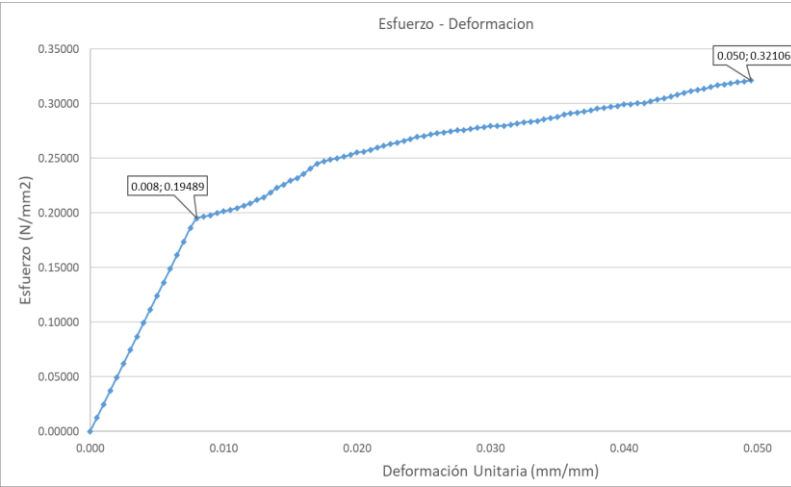
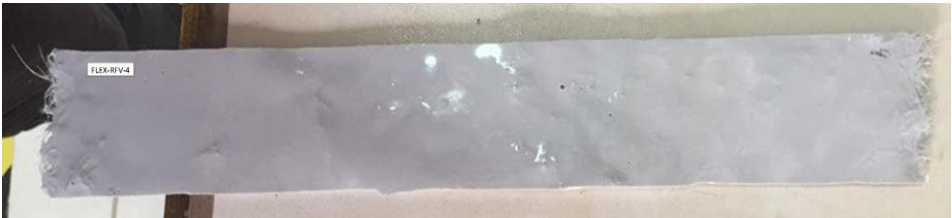


DATOS OBTENIDOS DEL GRÁFICO	
$\sigma_{L.P.E} =$	0.172
$\epsilon_{L.P.E} =$	0.007
$\sigma_u =$	0.054
$\epsilon_u =$	0.312
M.E.=	24.546

FOTO: MUESTRA ENSAYADA



TIPO DE ENSAYO:		FLEXIÓN ESTÁTICA		NTP 251.017	
Estudiantes: Bach. Ing. Artaza Coro Franco Bach. Ing. Olivos Solis Susán Laboratorio: Laboratorio de Facultad de Ingeniería Civil de Universidad Privada Antenor Orrego			Proyecto: Determinación del comportamiento estructural a la flexión y corte de perfiles en I elaborado de fibra de madera de densidad media (MDF) y fibra de vidrio aplicado a un invernadero de Camposol Especie: Fibra de Vidrio con Resina Epoxica (RFV)		
CÓDIGO DE MUESTRA		TIEMPO DE ENSAYO			
FLEX.RFV.4		14 min 07 seg			
DIMENSIONES PARA EL CALCULO DE ESFUERZOS					
A cm	5.00	Afinal cm	4.97		
B cm	30.00	Bfinal cm	30.04		
C cm	0.24	Cfinal cm	0.25		
Espesor de Muestra (mm)	2.40	Espesor de Muestra final (mm)	2.48		
Longitud de Apoyo (cm)	15.00	Longitud de Apoyo final (cm)	15.00		
A.B cm2	150.00	A.B final cm2	149.30		
A.B.C cm3	36.00	A.B.C final cm3	37.03		
2A.B2 (cm3)	9000.00	2A.B2 final (cm3)	8969.87		
Peso Neto (gr)	61.40	Peso Neto final (gr)	61.40		
Nº	CARGA (kg)	FLECHA (f)(mm)	ESFUERZO UNITARIO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2}\right)$		
1	0.000	0.000	0.000	0.00000	
2	0.300	0.465	0.002	0.03719	
3	0.700	1.085	0.004	0.08677	
4	1.000	1.549	0.005	0.12396	
5	1.400	2.169	0.007	0.17354	
6	1.700	2.455	0.009	0.19639	
7	2.000	2.517	0.010	0.20135	
8	2.400	2.608	0.012	0.20867	
9	2.700	2.732	0.014	0.21857	
10	3.100	2.899	0.016	0.23192	
11	3.400	3.060	0.017	0.24484	
12	3.800	3.141	0.019	0.25130	
13	4.100	3.200	0.021	0.25604	
14	4.400	3.265	0.022	0.26120	
15	4.800	3.346	0.024	0.26766	
16	5.100	3.394	0.026	0.27154	
17	5.500	3.443	0.028	0.27541	
18	5.800	3.470	0.029	0.27757	
19	6.100	3.491	0.0305	0.2793	
20	6.500	3.534	0.0325	0.2827	
21	6.800	3.572	0.0340	0.2857	
22	7.200	3.636	0.0360	0.2909	
23	7.500	3.669	0.0375	0.2935	
24	7.900	3.723	0.0395	0.2978	
25	8.200	3.755	0.0410	0.3004	
26	8.500	3.798	0.0425	0.3038	
27	8.900	3.873	0.0445	0.3099	
28	9.200	3.916	0.0460	0.3133	
29	9.600	3.981	0.0480	0.3185	
30	9.900	4.013	0.0495	0.3211	

TIPO DE ENSAYO:		FLEXIÓN ESTÁTICA		NTP 251.017	
Estudiantes:			Proyecto:		
Bach. Ing. Artaza Coro Franco			Determinación del comportamiento estructural a la flexión y corte de perfiles en I elaborado de fibra de madera de densidad media (MDF) y fibra de vidrio aplicado a un invernadero de Camposol		
Bach. Ing. Olivos Solis Susan			Especie:		
Laboratorio:			Fibra de Vidrio con Resina Epoxica (RFV)		
Laboratorio de Facultad de Ingeniería Civil de Universidad Privada Antenor Orrego					
INTERPRETACIÓN DE GRÁFICA					
Nº	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = \frac{6fx}{bx^2}$	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2}$ ($\frac{kg}{cm^2}$)	AJUSTES DE PUNTOS DE REGRESIÓN LINEAL Y CUADRÁTICA		
1	0.00000	0.000			
2	0.03719	0.002			
3	0.08677	0.004			
4	0.12396	0.005			
5	0.17354	0.007			
6	0.19639	0.009			
7	0.20135	0.010			
8	0.20867	0.012			
9	0.21857	0.014			
10	0.23192	0.016			
11	0.24484	0.017			
12	0.25130	0.019			
13	0.25604	0.021			
14	0.26120	0.022			
15	0.26766	0.024			
16	0.27154	0.026			
17	0.27541	0.028			
18	0.27757	0.029			
19	0.27929	0.031			
20	0.28273	0.033			
21	0.28575	0.034			
22	0.29092	0.036			
23	0.29350	0.038			
24	0.29781	0.039			
25	0.30039	0.041			
26	0.30383	0.042			
27	0.30986	0.044			
28	0.31331	0.046			
29	0.31848	0.048			
30	0.32106	0.050			
DATOS OBTENIDOS DEL GRÁFICO					
$\sigma_{L.P.E} =$	0.174				
$\epsilon_{L.P.E} =$	0.007				
$\sigma_u =$	0.050				
$\epsilon_u =$	0.304				
M.E =	24.791				
FOTO: MUESTRA ENSAYADA					
					

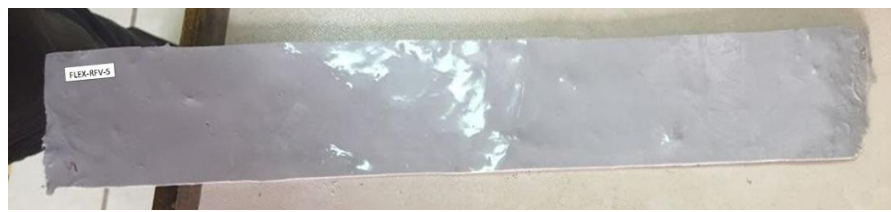
TIPO DE ENSAYO:		FLEXIÓN ESTÁTICA		NTP 251.017	
Estudiantes: Bach. Ing. Artaza Coro Franco Bach. Ing. Olivos Solís Susan			Proyecto: Determinación del comportamiento estructural a la flexión y corte de perfiles en I elaborado de fibra de madera de densidad media (MDF) y fibra de vidrio aplicado a un invernadero de Camposol		
Laboratorio: Laboratorio de Facultad de Ingeniería Civil de Universidad Privada Antenor Orrego			Especie: Fibra de Vidrio con Resina Epoxica (RFV)		
CÓDIGO DE MUESTRA		TIEMPO DE ENSAYO			
FLEX.RFV.5		14 min 21 seg			
DIMENSIONES PARA EL CALCULO DE ESFUERZOS					
A cm	5.00	Afinal cm	4.97		
B cm	30.00	Bfinal cm	30.08		
C cm	0.25	Cfinal cm	0.26		
Espesor de Muestra (mm)	2.50	Espesor de Muestra final (mm)	2.56		
Longitud de Apoyo (cm)	15.00	Longitud de Apoyo final (cm)	15.00		
A.B cm ²	150.00	A.B final cm ²	149.50		
A.B.C cm ³	37.50	A.B.C final cm ³	38.27		
2A.B2 (cm ³)	9000.00	2A.B2 final (cm ³)	8993.78		
Peso Neto (gr)	51.30	Peso Neto final (gr)			
Nº	CARGA (kg)	FLECHA (f)(mm)	ESFUERZO UNITARIO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2} \left(\frac{kg}{cm^2}\right)$		
1	0.000	0.000	0.000	0.000	
2	0.400	0.744	0.002	0.060	
3	0.800	1.488	0.004	0.119	
4	1.100	2.045	0.006	0.164	
5	1.500	2.175	0.008	0.174	
6	1.900	2.218	0.010	0.177	
7	2.300	2.304	0.012	0.184	
8	2.700	2.444	0.014	0.196	
9	3.100	2.611	0.016	0.209	
10	3.400	2.772	0.017	0.222	
11	3.800	2.853	0.019	0.228	
12	4.200	2.944	0.021	0.236	
13	4.600	3.025	0.023	0.242	
14	5.000	3.090	0.025	0.247	
15	5.400	3.144	0.027	0.251	
16	5.700	3.170	0.029	0.254	
17	6.100	3.214	0.031	0.257	
18	6.500	3.257	0.033	0.261	
19	6.900	3.300	0.0345	0.2640	
20	7.300	3.353	0.0365	0.2683	
21	7.700	3.407	0.0385	0.2726	
22	8.000	3.450	0.0400	0.2760	
23	8.400	3.499	0.0420	0.2799	
24	8.800	3.574	0.0440	0.2859	
25	9.200	3.639	0.0460	0.2911	
26	9.600	3.694	0.0480	0.2955	
27	10.000	3.739	0.0500	0.2991	
28	10.300	3.773	0.0515	0.3019	
29	10.700	3.811	0.0535	0.3049	
30	11.100	3.854	0.0555	0.3083	

TIPO DE ENSAYO:	FLEXIÓN ESTÁTICA	NTP 251.017
Estudiantes:	Bach. Ing. Artaza Coro Franco Bach. Ing. Olivos Solis Susan	Proyecto: Determinación del comportamiento estructural a la flexión y corte de perfiles en I elaborado de fibra de madera de densidad media (MDF) y fibra de vidrio aplicado a un invernadero de Camposol
Laboratorio:	Laboratorio de Facultad de Ingeniería Civil de Universidad Privada Antenor Orrego	Especie: Fibra de Vidrio con Resina Epoxica (RFV)

INTERPRETACIÓN DE GRÁFICA

Nº	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = \frac{3PL}{6xfxbxL^2}$	ESFUERZO $\sigma = \frac{3PL}{2ab^2}$ ($\frac{kg}{cm^2}$)	AJUSTES DE PUNTOS DE REGRESIÓN LINEAL Y CUADRÁTICA
1	0.00000	0.000	
2	0.05950	0.002	
3	0.11901	0.004	
4	0.16364	0.006	
5	0.17397	0.008	
6	0.17742	0.010	
7	0.18431	0.012	
8	0.19550	0.014	
9	0.20885	0.016	
10	0.22177	0.017	
11	0.22823	0.019	
12	0.23555	0.021	
13	0.24201	0.023	
14	0.24718	0.025	
15	0.25148	0.027	
16	0.25364	0.029	
17	0.25708	0.031	
18	0.26053	0.033	
19	0.26397	0.035	
20	0.26828	0.036	
21	0.27258	0.039	
22	0.27603	0.040	
23	0.27990	0.042	
24	0.28593	0.044	
25	0.29110	0.046	
26	0.29551	0.048	
27	0.29914	0.050	
28	0.30187	0.052	
29	0.30488	0.054	
30	0.30833	0.056	
DATOS OBTENIDOS DEL GRÁFICO			
$\sigma_{L.P.E} =$	0.171		
$\epsilon_{L.P.E} =$	0.006		
$\sigma_u =$	0.056		
$\epsilon_u =$	0.314		
M.E.=	28.565		

FOTO: MUESTRA ENSAYADA



ANEXO N° 3

MUESTREO DE ANALISIS DE CONSISTENCIA DE RESINA



ANEXO N°4

CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE AGUA

MUESTRA 1:**MUESTRA 2:**

MUESTRA 3:**MUESTRA 4:**

MUESTRA 5:**MUESTRA DE ENSAYO 1:**

MUESTRA DE ENSAYO 2:



MUESTRA DE ENSAYO 3:



MUESTRA DE ENSAYO 4:**MUESTRA DE ENSAYO 5:**

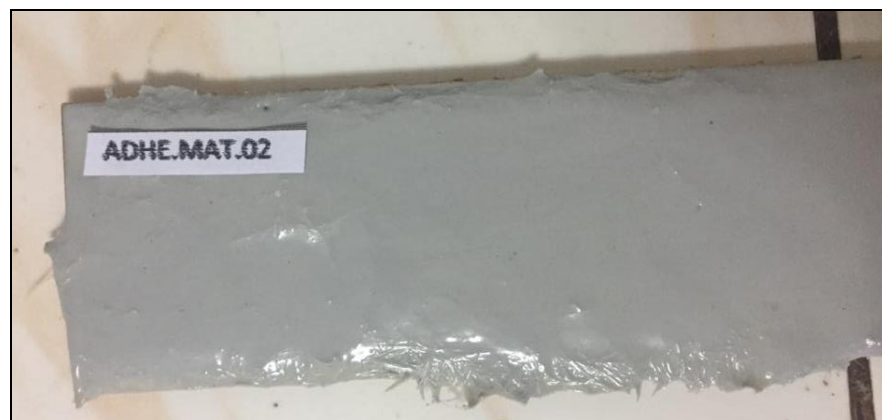
ANEXO N°5

MUESTREO DE ENSAYO DE ADHERENCIA DE MATERIALES

MUESTRA 1:



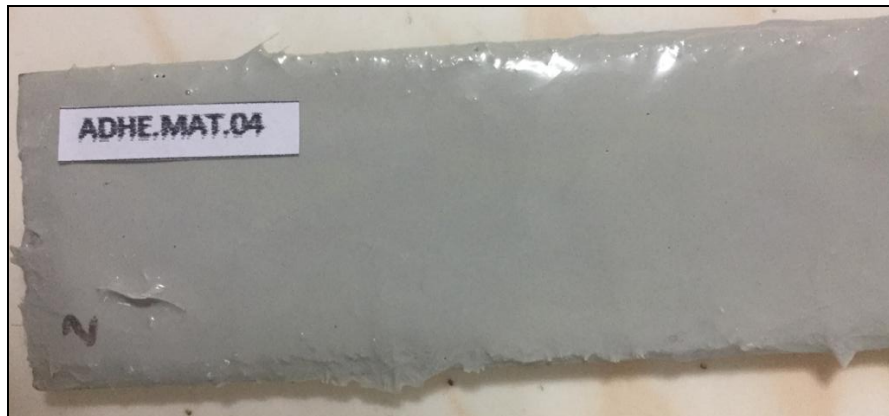
MUESTRA 2:



MUESTRA 3:



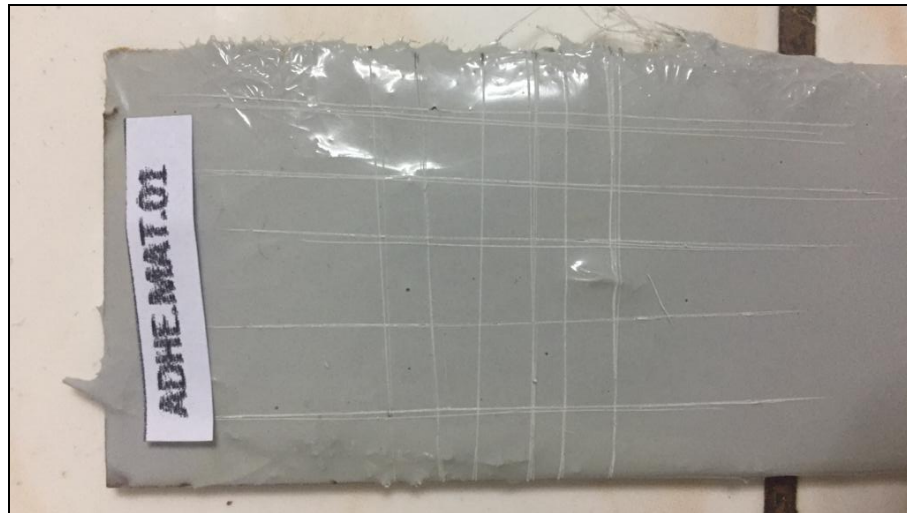
MUESTRA 4:



MUESTRA 5:



MUESTRA DE ENSAYO 1:



MUESTRA DE ENSAYO 2:



MUESTRA DE ENSAYO 3:



MUESTRA DE ENSAYO 4:

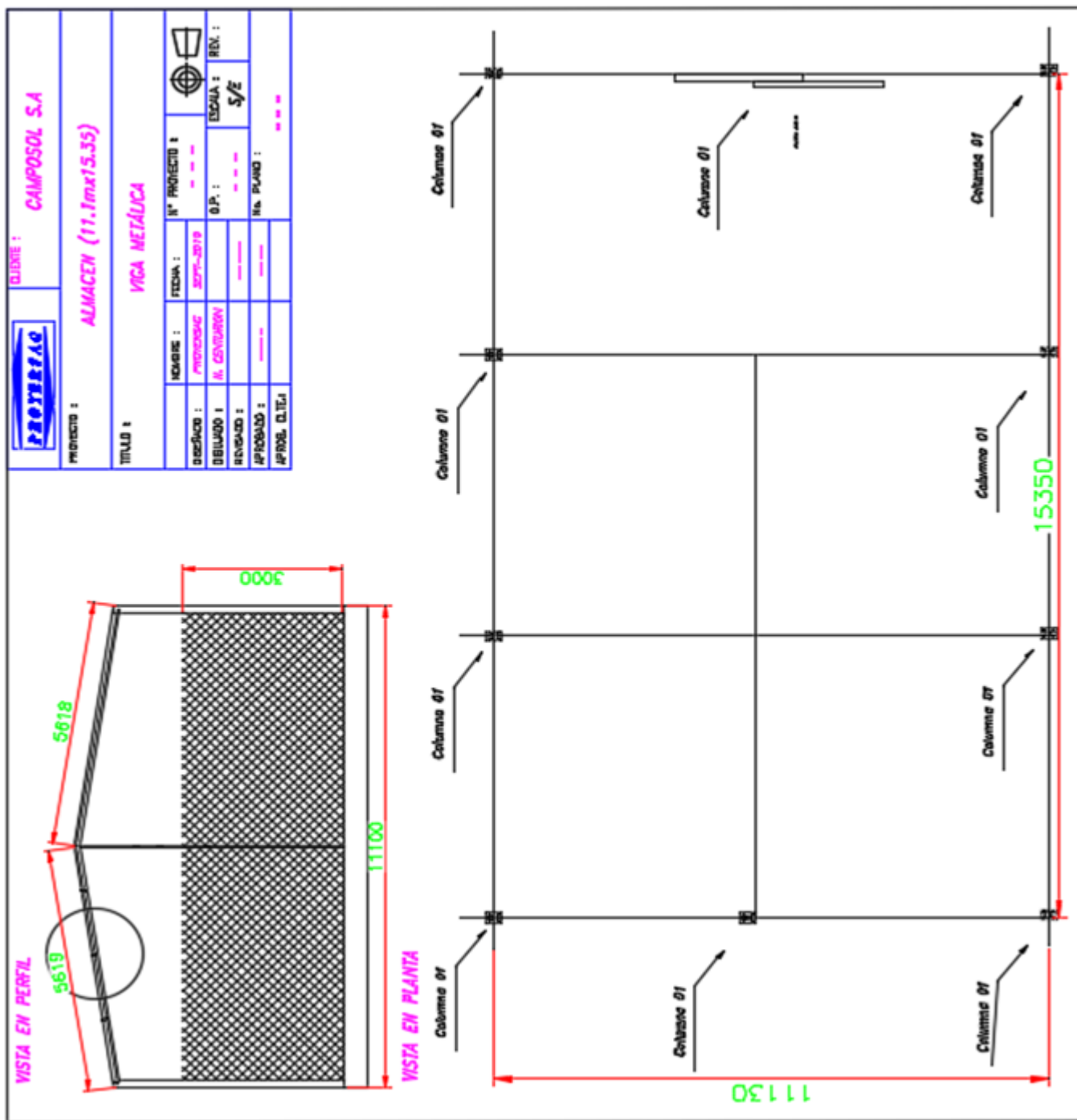


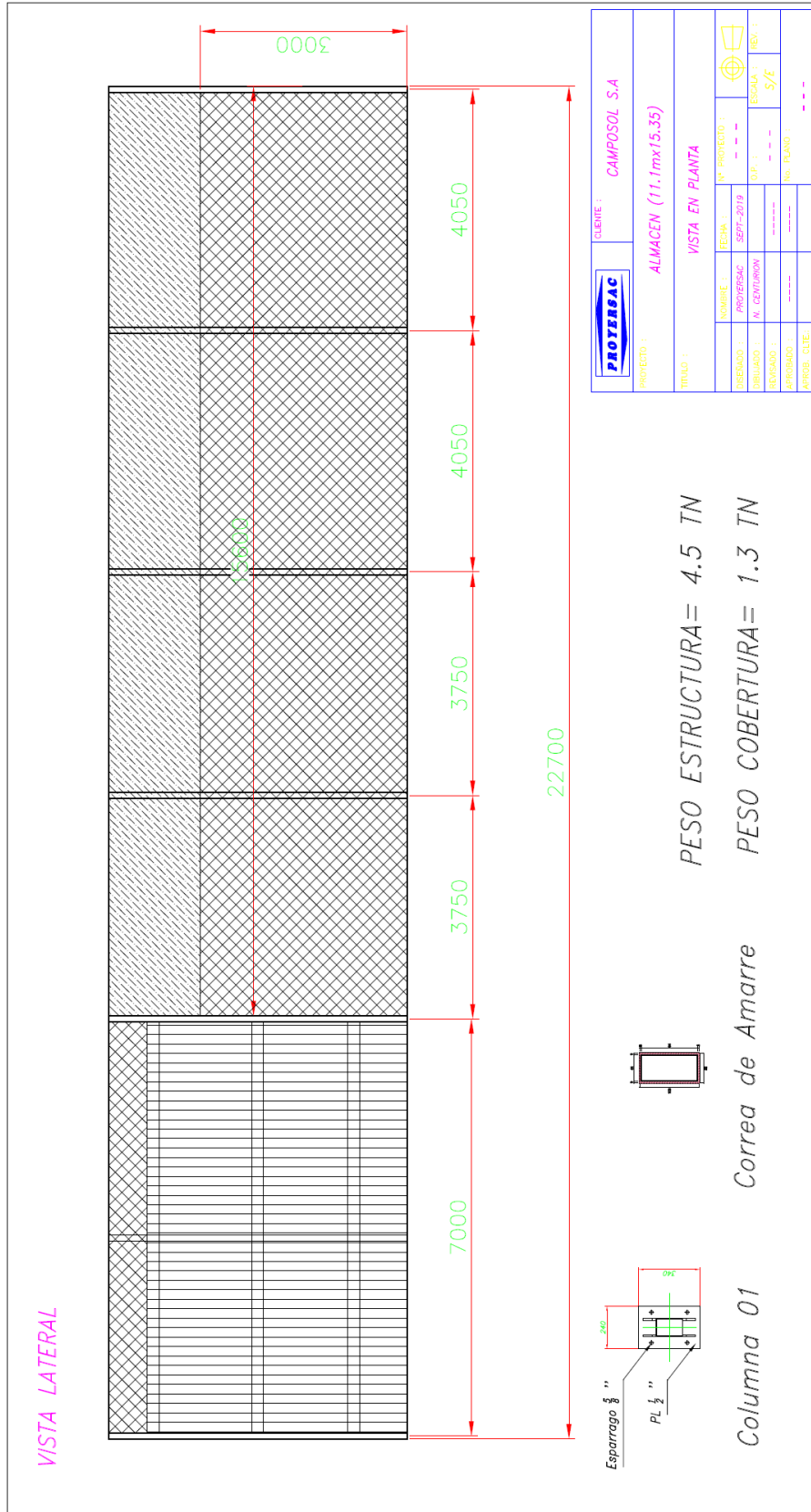
MUESTRA DE ENSAYO 5:

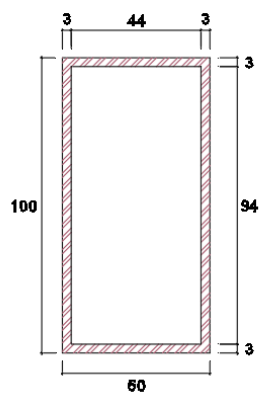


ANEXO N°6

- PLANOS ESTRUCTURALES DE DEL INVERNADERO DE CAMPOSOL







Correa de Amarre

ANEXO N°7

- FICHA TÉCNICA DEL SIKA

BUILDING TRUST



HOJA TÉCNICA

Sikadur®-301

Resina de Impregnación de Alta Resistencia y Alto Módulo

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Sistema epóxico de dos componentes, 100% de contenido de sólidos, de alta resistencia y alto módulo, admite presencia de humedad.

USOS

Como resina de impregnación de los tejidos SikaWrap®, para refuerzo de estructuras.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Largo tiempo abierto después de mezclado.
- Fácil de mezclar.
- Admite presencia de humedad antes, durante y después de curado.
- Adhesivo de alta resistencia y alto módulo.
- Excelente adherencia a concreto, mampostería, metales, madera y a la mayoría de materiales de construcción.
- Completamente compatible y desarrollado específicamente para el sistema SikaWrap®.
- Resistencia a más altas temperaturas comparado con los epóxicos convencionales.
- Alta resistencia a flujo plástico (creep) ante cargas permanentes.
- Alta resistencia a abrasión e impacto.
- Libre de solventes, cumple VOC.

DATOS BÁSICOS

FORMA

COLORES

Gris Claro

ASPECTO:

Viscoso

PRESENTACIÓN

Juego de 4 kg.

ALMACENAMIENTO

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL

1 año en su envase original, bien cerrado, almacenado en un lugar fresco y seco (4°C a 35°C) y bajo techo. Transportar con las precauciones normales para productos químicos.

DATOS TÉCNICOS	<p>DENSIDAD 1.31 kg/L</p> <p>VISCOSIDAD (MEZCLADO) Aproximadamente 2,700 cps</p> <p>DATOS TÍPICOS PARA SIKADUR 301 (CONDICIONES DE CURADO DEL MATERIAL A 23°C Y 50% H.R.)</p> <p>VIDA EN EL RECIPIENTE 40 minutos (masa de 1 galón)</p> <p>TIEMPO DE CONTACTO 90 minutos</p> <p>TEMPERATURA DE FLEXIÓN(HDT) 47°C</p> <p>PROPIEDADES MECÁNICAS DE TENSIÓN (ASTM D-638) RESISTENCIA A TENSIÓN A LOS 7 DÍAS 8,000 psi (52.0 MPa)</p> <p>MÓDULO DE ELASTICIDAD 290 ksi (2,000 MPa)</p> <p>ELONGACIÓN A LA ROTURA 3.5%</p> <p>PROPIEDADES DE FLEXIÓN (ASTM D-790) MÓDULO TANGENTE 500,000 psi (3448 MPa)</p> <p>RESISTENCIA A TENSIÓN A 7 DÍAS 13,000 psi (90.0 MPa)</p> <p>DEFORMACIÓN UNITARIA DE FLUENCIA 3.0%</p> <p>PROPIEDADES DE COMPRESIÓN (ASTM D-695) RESISTENCIA A COMPRESIÓN 1 día: 4,000 psi (27.6 MPa) 3 día: 11,900 psi (82.1 MPa) 7 día: 13,900 psi (96.0 MPa)</p> <p>MÓDULO DE COMPRESIÓN 250 ksi (1,725 MPa)</p>
-----------------------	---

INFORMACIÓN DEL SISTEMA

DETALLES DE APLICACIÓN	<p>CONSUMO / DOSIS Aproximadamente 1.5 kg/m² a 1.6 kg/m² (SikaWrap®-600C)</p>
MÉTODO DE APLICACIÓN	<p>PREPERACION DE LA SUPERFICIE La superficie debe estar limpia, sana y libre de humedad superficial. Remover polvo, lechada, grasa, compuestos curadores, impregnaciones, grasas, partículas extrañas, material suelto o cualquier otro elemento que impida la adherencia por medios mecánicos como chorro de arena. Para mejores resultados el sustrato debe estar seco. Sin embargo, una condición de base saturada superficialmente seca (SSS) es aceptable.</p> <p>MEZCLADO Premezclar cada componente por separado. Mezcle la unidad completa, no divida las unidades. Vierta el contenido de la parte B en la parte A. Mezcle vigorosamente por 5 minutos usando un mezclador mecánico de bajas revoluciones (400-600 rpm) hasta que la mezcla sea uniforme.</p>

RECOMENDACIONES PREVIAS PARA LA APLICACIÓN DE SIKADUR-301

- Temperatura del sustrato $\pm 8^{\circ}\text{C}$
- Máxima humedad relativa en toda la aplicación: 85%
- Contenido máximo de humedad: 4%
- El sustrato debe estar al menos 3°C sobre la temperatura del punto de rocío.
- Se debe medir el punto de rocío durante toda la aplicación.
- Hacer una prueba de adherencia, la cual no debe ser menor a 1.5 N/Mm²
- Para pequeñas aplicaciones: 4 mínimas
- Para grandes aplicaciones 1 cada 10 m
- Para nivelar la superficie se debe aplicar Sikagrout®-212, Sikadur® 31

METODO DE APLICACIÓN

Aplicación del SikaWrap-600C: aplique la mezcla de Sikadur®-301 a razón de 1,500 a 1,600 g/m².

El producto es sensible a los rayos ultravioleta, en caso de estar a la intemperie, protegerlo con una pintura.

Para mayor información consulte las especificaciones generales de instalación del Sistema SikaWrap®.

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

OBSERVACIONES

La Hoja de Seguridad de este producto se encuentra a disposición del interesado. Agradeceremos solicitarla a nuestro Departamento Comercial, teléfono: 618-6060 o descargarla a través de Internet en nuestra página web: www.sika.com.pe

PRECAUCION DE MANIPULACIÓN

Componente A – Irritante. Contiene resinas epóxicas que pueden causar sensibilidad después de prolongado o repetitivo contacto. Altas concentraciones de vapores pueden causar irritación en vías respiratoria. Evita el contacto con la piel. Úselo solamente con adecuada ventilación.

El uso de gorro y guantes de seguridad es recomendable. Se recomienda el uso de máscaras de protección adecuadas. Retirar las prendas contaminadas.

Componente B – Corrosivo. Contiene aminas. Su contacto con ojos o piel puede causar quemaduras severas. Puede causar sensibilidad después de contacto prolongado o repetitivo. Altas concentraciones de vapor pueden causar irritación en vías respiratorias. Evite el contacto con la piel. Úselo solamente con adecuada ventilación. El uso de gorro y guantes de seguridad es recomendable. Se recomienda el uso de máscaras de protección adecuadas. Retirar las prendas contaminadas. Primeros auxilios. En caso de contacto con la piel lavar muy bien con agua y jabón. Para contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua por lo menos durante 15 minutos y acudir al médico inmediatamente. Para problemas respiratorios llevar a la persona a un lugar con aire fresco. Lavar las prendas antes de usarlas nuevamente.

NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados.

Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe.

“La presente Edición anula y reemplaza la Edición N° 2

la misma que deberá ser destruida”

PARA MÁS INFORMACIÓN SOBRE Sikadur®-301 :

1.- SIKA PRODUCT FINDER: APLICACIÓN DE CATÁLOGO DE PRODUCTOS



2.- SIKA CIUDAD VIRTUAL



Sika Perú S.A.
Refurbishment
Centro industrial "Las Praderas
de Lurín" s/n MZ B, Lotes 5 y 6,
Lurín
Lima
Perú
www.sika.com.pe

Hoja Técnica
Sikadur®-301
21.11.14, Edición 3

Versión elaborada por: Sika Perú S.A.
NA, Departamento Técnico
Telf: 618-6060
Fax: 618-6070
Mail: informacion@pe.sika.com



© 2014 Sika Perú S.A.

ANEXO N°8

- HOJA DE CÁLCULO DEL DESARROLLO DEL DISEÑO DEL PERFIL METÁLICO

b	b	e	e1	e2	AREA (cm ²)
mm	mm	mm	mm	mm	
100,00	50,00	3,00	3,00	94,00	6,04

$$Z_g = \frac{\sum_{i=1}^n A_i z_{i1}}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

$$Y_g = \frac{\sum_{i=1}^n A_i Y_{i1}}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Distancia centro gravedad Eje Y
 $Z_g = \frac{3,00 \times 50,00 \times 1,5}{3 \times 50} + \frac{94,00 \times 3,00 \times 50}{94,00 \times 3,00} + \frac{94,00 \times 3,00 \times 50}{94,00 \times 3,00} + \frac{3,00 \times 50,00 \times 98,5}{3,00 \times 50,00}$
 $Z_g = 50,00$ mm

Distancia centro gravedad Eje Z
 $Y_g = \frac{3,00 \times 50,00 \times 25}{3 \times 50} + \frac{94,00 \times 3,00 \times 25}{94,00 \times 3,00} + \frac{94,00 \times 3,00 \times 25}{94,00 \times 3,00} + \frac{3,00 \times 50,00 \times 25}{3,00 \times 50,00}$
 $Y_g = 25,00$ mm

CALCULO DE LOS MOMENTOS DE INERCIA

Teorema de Steiner $I_p = I_G + A \cdot d^2$

EJE Y

$$I_{y1} = \left(\frac{1}{12} \times 50,00 \times 3,00^3 + 50,00 \times 3,00 \times \left(50,00 - 1,50 \right)^2 \right) \times 3$$

$$I_{y1} = 35,30 \text{ cm}^4$$

$$I_{y2} = \left(\frac{1}{12} \times 3,00 \times 94,00^3 + 94,00 \times 3,00 \times \left(50,00 - 50,00 \right)^2 \right) \times 2$$

$$I_{y2} = 20,76 \text{ cm}^4$$

$$I_{y4} = \left(\frac{1}{12} \times 50,00 \times 3,00^3 + 50,00 \times 3,00 \times \left(50,00 - 98,50 \right)^2 \right) \times 3$$

$$I_{y4} = 35,30 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 112,12 \text{ cm}^4$$

EJE Z

$$I_{z1} = \left(\frac{1}{12} \times 3,00 \times 50,00^3 + 3,00 \times 50,00 \times \left(29,50 - 25,00 \right)^2 \right) \times 3$$

$$I_{z1} = 3,13 \text{ cm}^4$$

$$I_{z2} = \left(\frac{1}{12} \times 94,00 \times 3,00^3 + 94,00 \times 3,00 \times \left(25,00 - 25,00 \right)^2 \right) \times 2$$

$$I_{z2} = 0,02 \text{ cm}^4$$

$$I_{z4} = \left(\frac{1}{12} \times 3,00 \times 50,00^3 + 3,00 \times 50,00 \times \left(25,00 - 25,00 \right)^2 \right) \times 3$$

$$I_{z4} = 3,13 \text{ cm}^4$$

$$I_z = 6,29 \text{ cm}^4$$

CALCULO DE LOS MODULOS RESISTENTES ELASTICOS

EJE Y

$$W_{eym} = \frac{I_y}{Z_{max}} = \frac{112,12 \times \frac{6}{10}}{100,00 - 50,00} = 22,42 \text{ cm}^3$$

$$W_{eym} = \frac{I_y}{Z_{min}} = \frac{112,12 \times \frac{4}{10}}{50,00} = 22,42 \text{ cm}^3$$

EJE Z

$$W_{ezm} = \frac{I_z}{Z_{max}} = \frac{6,29 \times \frac{4}{10}}{50,00 - 25,00} = 2,52 \text{ cm}^3$$

$$W_{ezm} = \frac{I_z}{Z_{min}} = \frac{6,29 \times \frac{4}{10}}{25,00} = 2,52 \text{ cm}^3$$

CALCULO DE LAS LINEAS NEUTRAS PLASTICAS

EJE Y

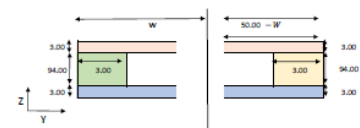
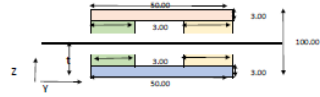
$$A_1 = A_2$$

$$\begin{aligned} 50,00 \times 3,00 + 3,00 \times 2,00 (t - 3,00) &= 50,00 \times 3,00 + 3,00 \times (97,00 - t) \times 2,00 \\ 150,00 + 3,00 \times 2,00 (t - 3,00) &= 150 + 6,00 \times (97,00 - t) \\ 6,00 \times (t - 3,00) - 6,00 \times (97,00 - t) &= 150 - 150,00 \\ 6,00 \times t - 18 - 582 + 6,00 \times t &= 0,00 \\ 12,00 \times t &= 600 \\ t &= 50,00 \text{ mm} \end{aligned}$$

EJE Z

$$A_1 = A_2$$

$$\begin{aligned} 2 \times 3,00 \times W + 94,00 \times 3,00 &= 2 \times 3,00 \times (50,00 - W) + 94,00 \times 3,00 \\ 6W + 282,00 &= 300,00 - 6,00W + 282,00 \\ 6,00W + 6,00W &= 300,00 - 282,00 \\ 12,00W &= 300,00 \\ W &= 25,00 \text{ mm} \end{aligned}$$



CALCULOS DE LOS MODULOS RESISTENTES PLASTICOS

EJE Y

$$Z_{p1} = \frac{3,00 \times 50,00 \times 48,50}{3,00 \times 50,00} + \frac{3,00 \times 47,00 \times 23,50 \times 2}{3,00 \times 47,00 \times 2,00}$$

$$Z_{p1} = 32,18 \text{ mm}$$

$$Z_{p2} = \frac{3,00 \times 47,00 \times 23,50 \times 2}{3,00 \times 47,00 \times 2,00} + \frac{3,00 \times 50,00 \times 48,50}{3,00 \times 50,00 \times 2,00}$$

$$Z_{p2} = 32,18 \text{ mm}$$

$$W_{ply} = \frac{A}{2} (\sigma_{p1} + \sigma_{p2}) = \frac{8,54}{2} (32,18 + 32,18)$$

$$W_{ply} = 2780,40 \text{ cm}^3$$

EJE Z

$$Z_{p1} = \frac{2,00 \times 25,00 \times 12,50}{2,00 \times 25,00 \times 3,00} + \frac{94,00 \times 3,00 \times 23,50 \times 2,00}{3,00 \times 94,00 \times 2,00}$$

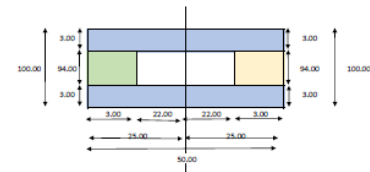
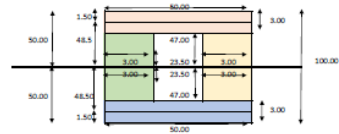
$$Z_{p1} = 21,19 \text{ mm}$$

$$Z_{p2} = \frac{2,00 \times 25,00 \times 12,50}{2,00 \times 25,00 \times 3,00} + \frac{94,00 \times 3,00 \times 23,50 \times 2,00}{3,00 \times 94,00 \times 2,00}$$

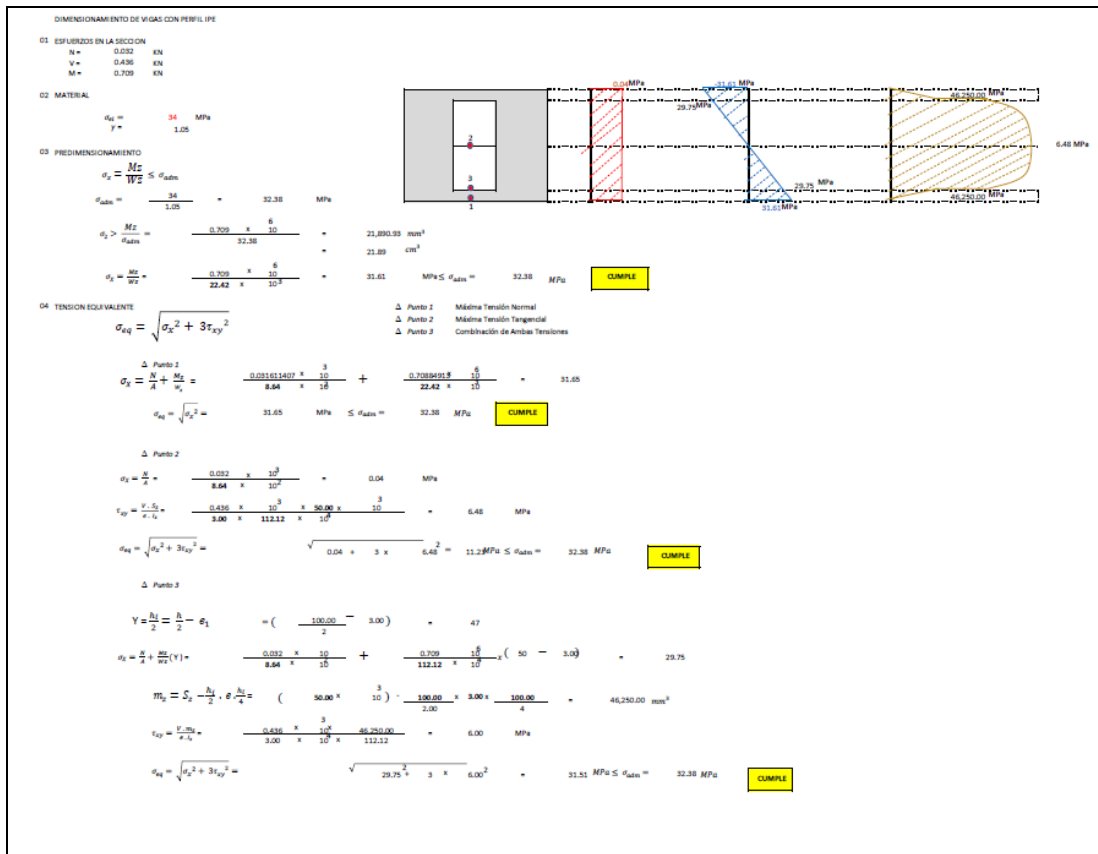
$$Z_{p2} = 21,19 \text{ mm}$$

$$W_{pz} = \frac{A}{2} (\sigma_{p1} + \sigma_{p2}) = \frac{8,54}{2} (21,19 + 21,19)$$

$$W_{pz} = 1830,74 \text{ cm}^3$$



Y_p	=	25,00	mm
Z_p	=	50,00	mm
I_p	=	112,12	cm ⁴
I_x	=	6,29	cm ⁴
W_{pym}	=	22,42	cm ³
W_{pzm}	=	2,52	cm ³
W_{ply}	=	2,780,40	cm ³
W_{pz}	=	1,830,74	cm ³
A	=	8,54	cm ²



- HOJA DE CÁLCULO DEL DESARROLLO DEL DISEÑO DEL PERFIL CON MDF CON FIBRA DE VIDRIO

SECCION TRANSVERSAL

Material	Acero	Concreto
Modulo de Elasticidad	210000 MPa	25000 MPa
Coeficiente de Expansion Termica	12.0 x 10 ⁻⁶ / °C	10.0 x 10 ⁻⁶ / °C
Resistencia a Compresion	-	25.0 MPa
Resistencia a Tension	-	15.0 MPa

$E_{concreto} = 25000 \text{ kg/cm}^2$
 $E_{acero} = 210000 \text{ kg/cm}^2$
 $E_{concreto} = 25000 \text{ kg/cm}^2$
 $E_{acero} = 210000 \text{ kg/cm}^2$

$n = \frac{E_{acero}}{E_{concreto}} = \frac{210000}{25000} = 8.4$
 $n = \frac{E_{acero}}{E_{concreto}} = \frac{210000}{25000} = 8.4$
 $n = \frac{E_{acero}}{E_{concreto}} = \frac{210000}{25000} = 8.4$

$Z_x = \frac{\sum A_i y_i^2}{\sum A_i}$
 $Z_y = \frac{\sum A_i x_i^2}{\sum A_i}$

Calculo de los Momentos de Inercia
Teorema de Steiner $I_p = I_c + A \cdot d^2$
EJE Y
 $I_{cy} = \left(\frac{1}{12} \cdot 250.00 \cdot 2.00^3 + 250.00 \cdot 2.00 \cdot (50.00 - 1.00)^2 \right) \cdot 10^8$
 $I_{cy} = 125000.00 \text{ cm}^4$
 $I_{cy} = \left(\frac{1}{12} \cdot 50.00 \cdot 1.50^3 + 50.00 \cdot 1.50 \cdot (50.00 - 1.50)^2 \right) \cdot 10^8$
 $I_{cy} = 18750.00 \text{ cm}^4$
 $I_{cy} = \left(\frac{1}{12} \cdot 10.00 \cdot 1.00^3 + 10.00 \cdot 1.00 \cdot (50.00 - 1.00)^2 \right) \cdot 10^8$
 $I_{cy} = 49500.00 \text{ cm}^4$
 $I_{cy} = \left(\frac{1}{12} \cdot 25.00 \cdot 80.00^3 + 25.00 \cdot 80.00 \cdot (50.00 - 40.00)^2 \right) \cdot 10^8$
 $I_{cy} = 163200.00 \text{ cm}^4$
 $I_{cy} = 425250.00 \text{ cm}^4$
EJE Z
 $I_{cz} = \left(\frac{1}{12} \cdot 2.00 \cdot 250.00^3 + 2.00 \cdot 250.00 \cdot (127.00 - 127.00)^2 \right) \cdot 10^8$
 $I_{cz} = 1700000.00 \text{ cm}^4$
 $I_{cz} = \left(\frac{1}{12} \cdot 1.50 \cdot 50.00^3 + 1.50 \cdot 50.00 \cdot (127.00 - 127.00)^2 \right) \cdot 10^8$
 $I_{cz} = 112500.00 \text{ cm}^4$
 $I_{cz} = \left(\frac{1}{12} \cdot 1.00 \cdot 10.00^3 + 1.00 \cdot 10.00 \cdot (127.00 - 127.00)^2 \right) \cdot 10^8$
 $I_{cz} = 83333.33 \text{ cm}^4$
 $I_{cz} = \left(\frac{1}{12} \cdot 80.00 \cdot 25.00^3 + 80.00 \cdot 25.00 \cdot (127.00 - 127.00)^2 \right) \cdot 10^8$
 $I_{cz} = 416666.67 \text{ cm}^4$
 $I_{cz} = 2333333.33 \text{ cm}^4$

Calculo de los Modulos Resistentes Elasticos

EJE Y
 $W_{elY} = \frac{I_{cy}}{Z_{max}} = \frac{425250.00}{50.00} = 8505.00 \text{ cm}^3$
 $W_{elY} = \frac{I_{cy}}{Z_{min}} = \frac{425250.00}{50.00} = 8505.00 \text{ cm}^3$

EJE Z
 $W_{elZ} = \frac{I_{cz}}{Z_{max}} = \frac{2333333.33}{127.00} = 18372.69 \text{ cm}^3$
 $W_{elZ} = \frac{I_{cz}}{Z_{min}} = \frac{2333333.33}{127.00} = 18372.69 \text{ cm}^3$

Calculo de las Lineas Neutras Plasticas

EJE Y $A_1 = A_2$
 $250.00 \cdot 2.00 + 50.00 \cdot 1.50 + 250.00 \cdot 2.00 + 25.00 \cdot (50.00 - 1.00) = 250.00 \cdot 2.00 + 50.00 \cdot 1.50 + 250.00 \cdot 2.00 + 25.00 \cdot (50.00 - 1.00)$
 $250.00 \cdot 2.00 + 50.00 \cdot 1.50 + 250.00 \cdot 2.00 + 25.00 \cdot (50.00 - 1.00) = 250.00 \cdot 2.00 + 50.00 \cdot 1.50 + 250.00 \cdot 2.00 + 25.00 \cdot (50.00 - 1.00)$
 $250.00 \cdot 2.00 + 50.00 \cdot 1.50 + 250.00 \cdot 2.00 + 25.00 \cdot (50.00 - 1.00) = 250.00 \cdot 2.00 + 50.00 \cdot 1.50 + 250.00 \cdot 2.00 + 25.00 \cdot (50.00 - 1.00)$

EJE Z $A_1 = A_2$
 $2 \cdot (2.00 \cdot W + W \cdot (W - 0.25)) + 1.50 \cdot (W - 0.25) + 2.00 \cdot (W - 0.25) \cdot 80.00 = 2 \cdot (2.00 \cdot W + W \cdot (W - 0.25)) + 1.50 \cdot (W - 0.25) + 2.00 \cdot (W - 0.25) \cdot 80.00$
 $2 \cdot (2.00 \cdot W + W \cdot (W - 0.25)) + 1.50 \cdot (W - 0.25) + 2.00 \cdot (W - 0.25) \cdot 80.00 = 2 \cdot (2.00 \cdot W + W \cdot (W - 0.25)) + 1.50 \cdot (W - 0.25) + 2.00 \cdot (W - 0.25) \cdot 80.00$

Calculos de los Modulos Resistentes Plasticos

EJE Y
 $W_{plY} = \frac{A}{2} \cdot (z_{p1} + z_{p2}) = \frac{425250.00}{2} \cdot (35.75 + 35.75) = 1519687.50 \text{ cm}^3$
EJE Z
 $W_{plZ} = \frac{A}{2} \cdot (z_{p1} + z_{p2}) = \frac{2333333.33}{2} \cdot (93.00 + 93.00) = 10833333.33 \text{ cm}^3$

DIMENSIONAMIENTO DE VIGAS CON PERFILES		MATERIAL	
$Y_x =$	127.96 mm	$N =$	0.020 kN
$Z_x =$	50.04 mm	$V =$	0.426 kN
$I_x =$	422.32 cm ⁴	$M =$	0.708 kN
$I_y =$	1.031.10 cm ⁴	$f_{ctd} =$	2 MPa
$W_{pl,x} =$	124.26 cm ³	$f_{td} =$	1.05 MPa
$W_{pl,y} =$	80.57 cm ³		
$W_{el,x} =$	1.495.860.53 cm ³		
$W_{el,y} =$	1.361.228.01 cm ³		
$A =$	4.316.31 cm ²		

ESFUERZOS EN LA SECCION

Δ Punto 1 Máxima Tensión Normal
 Δ Punto 2 Máxima Tensión Tangencial
 Δ Punto 3 Contracción de Aristas Verticales

PREDESEÑAMIENTO

$$\sigma_{adm} = \frac{M}{W} \leq f_{ctd}$$

$$\sigma_{adm} = \frac{0.708}{124.26} = 0.0057 \text{ MPa}$$

TENSION EQUIVALENTE

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2}$$

Δ Punto 1

$$\sigma_x = \frac{M}{W} = \frac{0.708}{124.26} = 0.0057 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xy} = \frac{V}{A} = \frac{0.426}{4.316.31} = 0.0001 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{0.0057^2 + 3 \cdot 0.0001^2} = 0.0057 \text{ MPa} \leq f_{ctd} = 2 \text{ MPa} \quad \text{CUMPLE}$$

Δ Punto 2

$$\sigma_x = \frac{M}{W} = \frac{0.708}{124.26} = 0.0057 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xy} = \frac{V}{A} = \frac{0.426}{4.316.31} = 0.0001 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{0.0057^2 + 3 \cdot 0.0001^2} = 0.0057 \text{ MPa} \leq f_{ctd} = 2 \text{ MPa} \quad \text{CUMPLE}$$

Δ Punto 3

$$\sigma_x = \frac{M}{W} = \frac{0.708}{124.26} = 0.0057 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xy} = \frac{V}{A} = \frac{0.426}{4.316.31} = 0.0001 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{0.0057^2 + 3 \cdot 0.0001^2} = 0.0057 \text{ MPa} \leq f_{ctd} = 2 \text{ MPa} \quad \text{CUMPLE}$$