

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

Facultad de Arquitectura e Ingeniería

Maestría en Diseño Mecánico

Mención Fabricación de Autopartes de Vehículos

Rediseño y construcción de un protector de cárter para un vehículo Chevrolet Sail mediante la aplicación de materiales híbridos reforzados con fibra de cabuya y fibra de vidrio, con base de resina poliéster, mediante estratificación manual, moldeo por contacto y por compresión.

Autor: Diego Armando Simbaña Ushiña

Director Ing. Jaime Molina, M.Sc.

Quito – Ecuador

2018

INTRODUCCIÓN



La región interandina



La paja es utilizada para darle resistencia y refuerzo a los adobes para formar las paredes de las casas



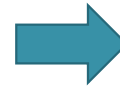
Técnica utilizada en el antiguo Egipto.

Segunda Guerra Mundial



Primeros refuerzo de fibra natural y una matriz polimérica.

Sachsenring Automobile Zwickau (VEB) ex fábrica de Horch (1950)



Trabant



Fibras naturales de algodón y de matriz poliéster,

Europa el siglo XXI



Materiales compuestos formados por fibras naturales y fibras sintéticas

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



La necesidad del consumidor de adquirir un producto de calidad.

Mecánicas óptimas, niveles de seguridad altos, y estéticamente agradable, exige que las autopartes que conforma el vehículo sean importadas o que se adquieran en el mercado nacional a costos muy excesivos.

Elevación en los aranceles, a pesar que se fabrican en el país los costos son elevados o la importación de la materia prima es muy costosa.





Protector de Cártter

El protector para Carter es una lámina metálica que cubre gran parte del motor y su función es evitar golpes y fisuras en el cárter de su vehículo.



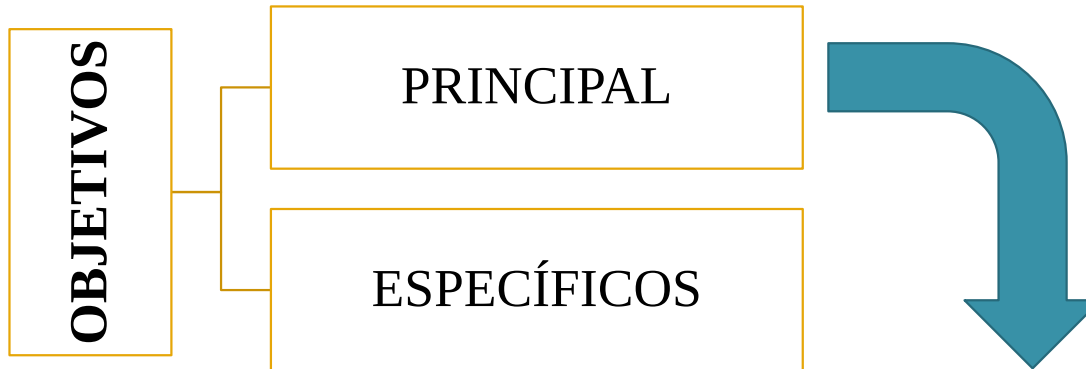
El protector para cárter protege partes esenciales del motor, contra piedras, lunetas, lomos de burro, barro, ramas, y cualquier objeto que pueda aparecer en un trayecto normal diario de una calle, así como también en rutas y todo tipo de circuitos

JUSTIFICACIÓN



Mediante el proceso de manufactura de estratificación manual, aplicando el moldeo por contacto y por compresión se va construir el protector del cárter de un vehículo Chevrolet Sail

En la construcción del protector se utilizará como material base la resina poliéster isoftálica, y materiales híbridos



Construir el protector del cárter de un vehículo Chevrolet Sail a base de fibras de cabuya, vidrio y resina poliéster isoftálica, aplicando el proceso de manufactura de estratificación manual por moldeo de contacto y compresión para la disminución de los costos de producción.

APLICACIONES DE LAS FIBRAS NATURALES EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ



Mercedes Benz



yute y algodón



Paneles de las puertas, en los pilares de la cabina,
partes de los asientos, parachoques y apoyacabezas

Fiat Chrysler



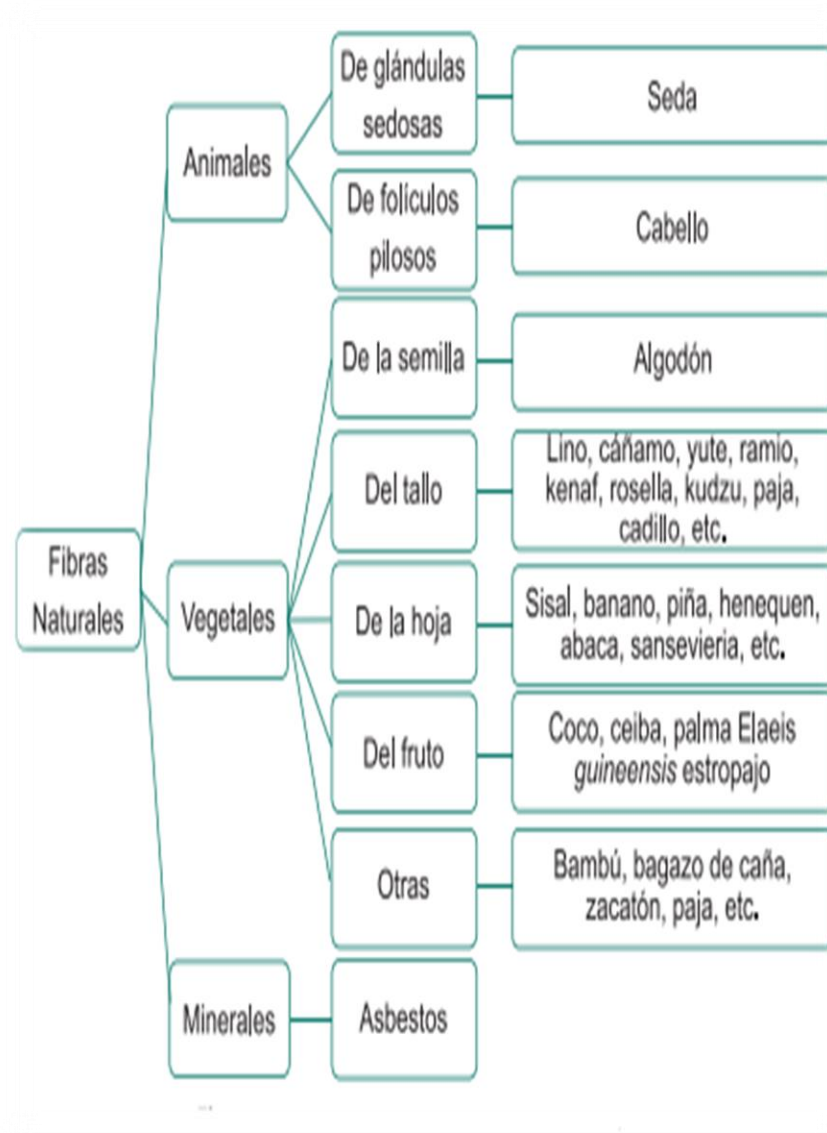
Polipropileno reforzado con
fibras naturales de kenaf y
cáñamo

Audi A2



Poliuretano reforzado con
fibras naturales, como lino,
sisal o cáñamo

FIBRAS VEGETALES USADAS EN COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA



SITUACIÓN DE LAS FIBRAS NATURALES EN EL ECUADOR

ECUADOR

25 mil especies
de plantas
vasculares

Cabuya, totora, abacá, coco, palmas,
paja toquilla, algodón, lufa, seda,
bambú, bejucos, balsa, matapalo,
caucho, anona, batea, achiote,
majagua, higuerón, ortiga, mimbre y
bejuco real

América Latina.



Ing. Diego Armando Simbaña Ushiña

Cabuya

Furcraea Andina

Cultivada en los valles y laderas de los Andes

Propiedades

Buena resistencia mecánica, son livianas por lo que son muy utilizadas para la aplicación en distintas industrias

Utilización

Cordelería, sogas, tapetes, papel, filtros, colchones, tapicería y para refuerzo en materiales compuestos con matriz plástica .



PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CABUYA

Fibra	Densidad (g/cm ³)	Resistencia a la tracción (Mpa)	Módulo de elasticidad (GPa)	Elongación a la fractura (%)	Resistencia al corte (Mpa)
Cabuya	1.3	305.15	7.5	4.96	112

Fibras de vidrio

UTILIZACIÓN

- Se usan como refuerzo de matrices de plástico para formar compuestos estructurales y compuestos de moldeo

CARACTERISTICAS

- Alta relación entre resistencia y peso;
- Buena resistencia al calor, el frío, la humedad y a la corrosión;
- Buenas propiedades de aislamiento eléctrico;
- Facilidad de fabricación
- Costo relativamente bajo.

Propiedad	Vidrio (E)	Carbono (HT)	Aramida (Kevlar 49)
Resistencia a la tensión (Mpa)	3100	3450	3600
Módulo de tensión (GPa)	76	228	131
Elongación en el punto de ruptura (%)	4.5	1.6	2.8
Densidad (g/cm ³)	2.54	1.8	1.44

COMPUESTO HÍBRIDO

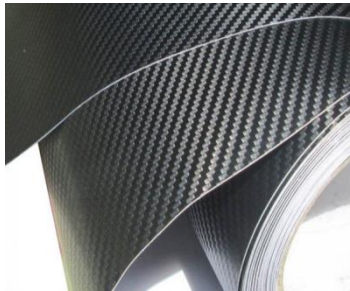
FIBRAS
SINTÉTICAS



FIBRAS
NATURALES



MATERIAL
HÍBRIDO



PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA RESINA POLIÉSTER ISOFTÁLICA

Propiedad	Poliéster
Resistencia a la tensión (Mpa)	40-90
Módulo de elasticidad bajo tensión (GPa)	2-4.4
Esfuerzo de fluencia a la flexión (Mpa)	60-160
Resistencia al impacto (prueba de Izod de resistencia) pie*lb/pulg	10.6-21.2
Densidad (g/cm ³)	1.10-1.46



ACELERADORES

Octoato de cobalto

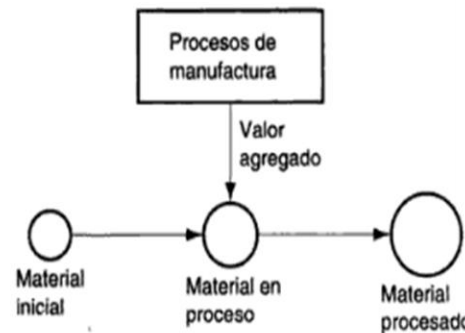
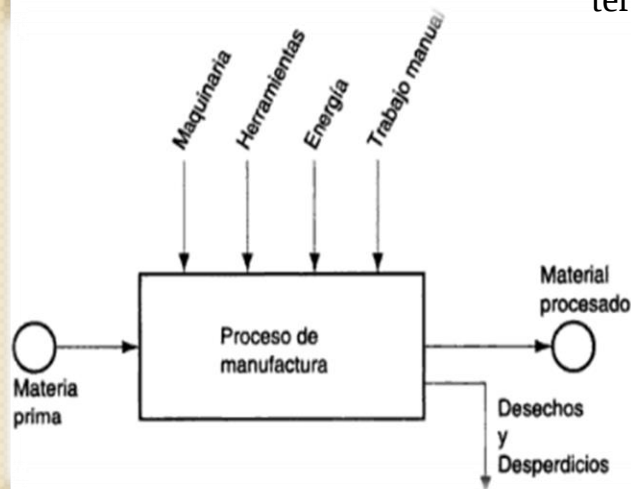
Tienen la propiedad de acelerar el tiempo de solidificación de la resina y su endurecedor

Peróxido Endurecedor

Permite solidificar a la resina de poliéster.

MANUFACTURA

Palabras latinas manus (manos) y factus (hacer); esta combinación de términos significa hacer con las manos.



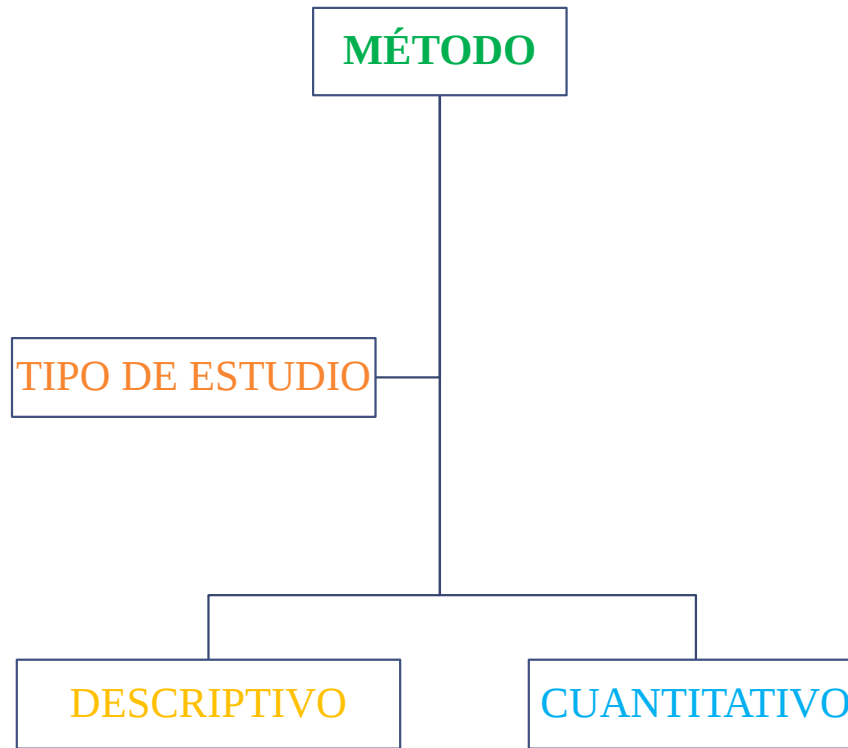
MANUFACTURA

ESTRATIFICACIÓN
MANUAL

MOLDEO POR
CONTACTO

MOLDEO POR
COMPRESIÓN





Detalla el proceso de manufactura



Estratificación manual, moldeo por contacto y compresión

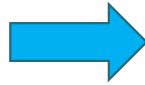
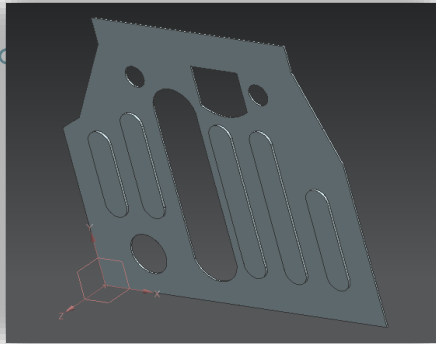
Se obtendrán valores numéricos



Determinar las propiedades mecánicas del compuesto híbrido caracterizado, y de resina poliéster isoftálica

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

- **Moldes para la construcción de protector de cárter**

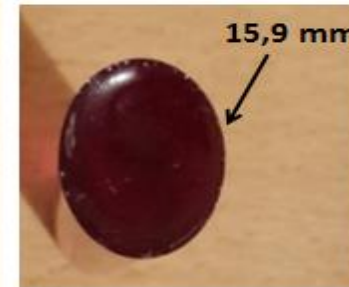
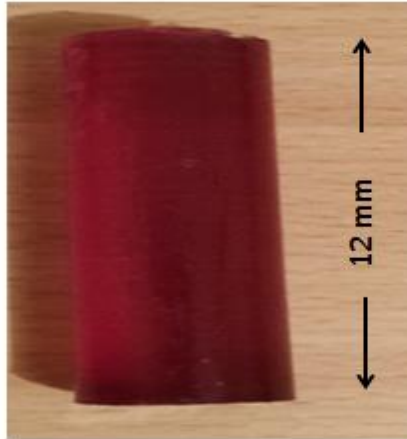


- **Moldes para las probetas de ensayo de impacto ASTM D5628-10**



EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

- Moldes para las probetas para el ensayo de desgaste por abrasión ASTM G 65



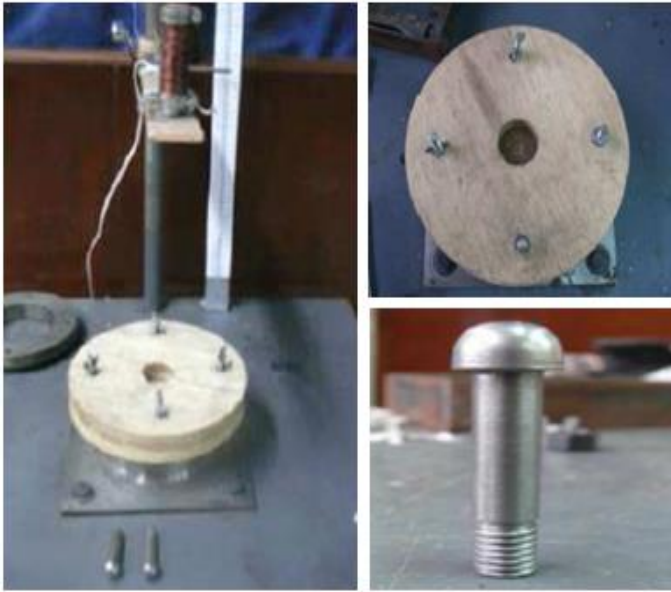
- Vaso de medición



Cada 100 gr de resina	Acelerador (octoato de cobalto)	Catalizador MECK	Tiempo de trabajo
Isoftálica	2 cc	2 cc	20 min
H-197 – Antiácida/Ignífuga	1 cc	2 cc	30 min

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

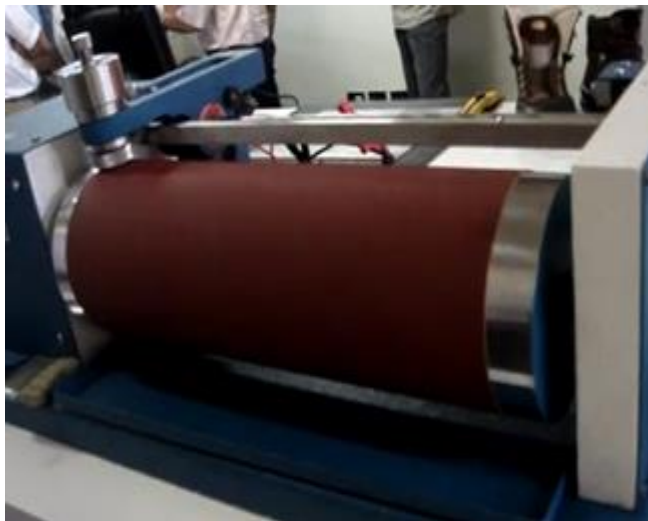
- **Máquina para ensayo de impacto por caída de dardo**



Características técnicas de la máquina de impacto:

- Dardo normalizado FB de la norma ASTM D5628-10
- Masa del dardo (117.5 gr)
- Altura de la regla de medición 0 a 1000mm.

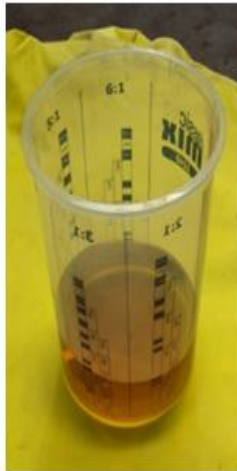
- **Máquina para ensayo de desgaste por abrasión**



Características técnicas de la máquina de desgaste:

- Revoluciones del rodillo 1500 rpm.
- Fuerza de presión 2.5 N a 20 N.

PREPARACIÓN DE LA RESINA POLIÉSTER



Por cada 100 cc de resina se aplicó, un 10 % de etileno que sirve para diluir la resina isoftálica, después se agregara octoato de cobalto en una cantidad de 2 cc, y por último se agrega 2 cc de meck de peróxido.

Proceso de gelidificación de la resina



- Duración de (2 a 3) minutos

Proceso de curado de la resina



- Duración (10 a 12) minutos.

CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL HIBRIDO (FIBRA DE CABUYA Y FIBRA DE VIDRIO)

Material híbrido = Fibra de Vidrio (FV) + Fibra de Cabuya (FC)+ Fibra de Vidrio (FV).

- El 70 % corresponderá a la matriz polimérica conformada por la resina poliéster.
- El 30 % corresponderá a los refuerzos que van a conformar en material híbrido en este caso son las fibras de cabuya y fibra de vidrio los cuales se conformaran de la siguiente manera.

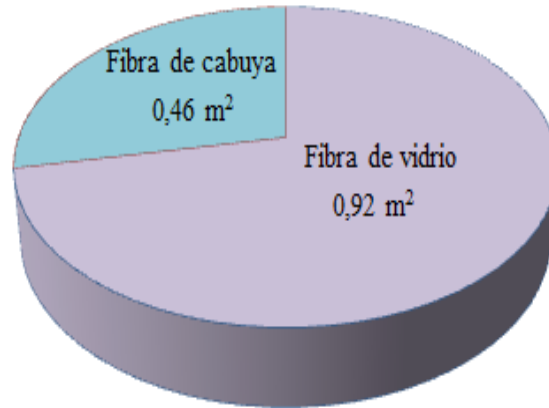
- 20 % Fibra de vidrio
- 10 % Fibra de cabuya



Número de capas = Fibra de Vidrio (FV) + Fibra de Cabuya (FC) + Fibra de Vidrio (FV)

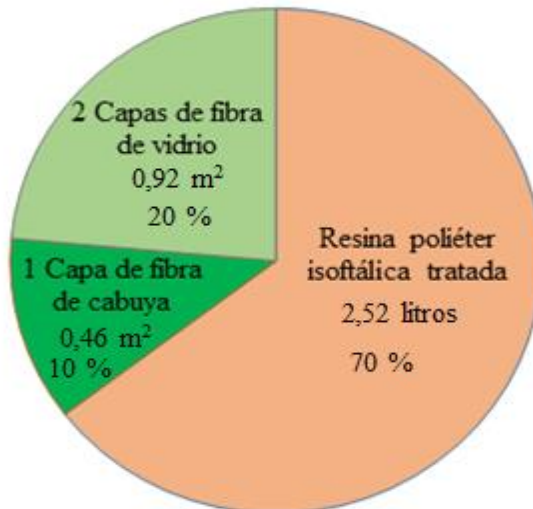
DETERMINACIÓN DE LAS CAPAS DE FIBRA DE VIDRIO Y CABUYA PARA LA CONFORMACIÓN DE LA ESTRUCTURA SÁNDWICH

- Área del protector del cárter = base del protector del cárter x altura del protector del cárter
- Área del protector del cárter = 0.74 m x 0.615 m
- Área del protector del cárter = 0.46 m²



- 2 Capas de fibra de vidrio (0.92 m²)
- 1 Capa de fibra de cabuya tejida (0.46 m²)

CONFIGURACIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO HÍBRIDO



PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DEL PROTECTOR DEL CÁRTER

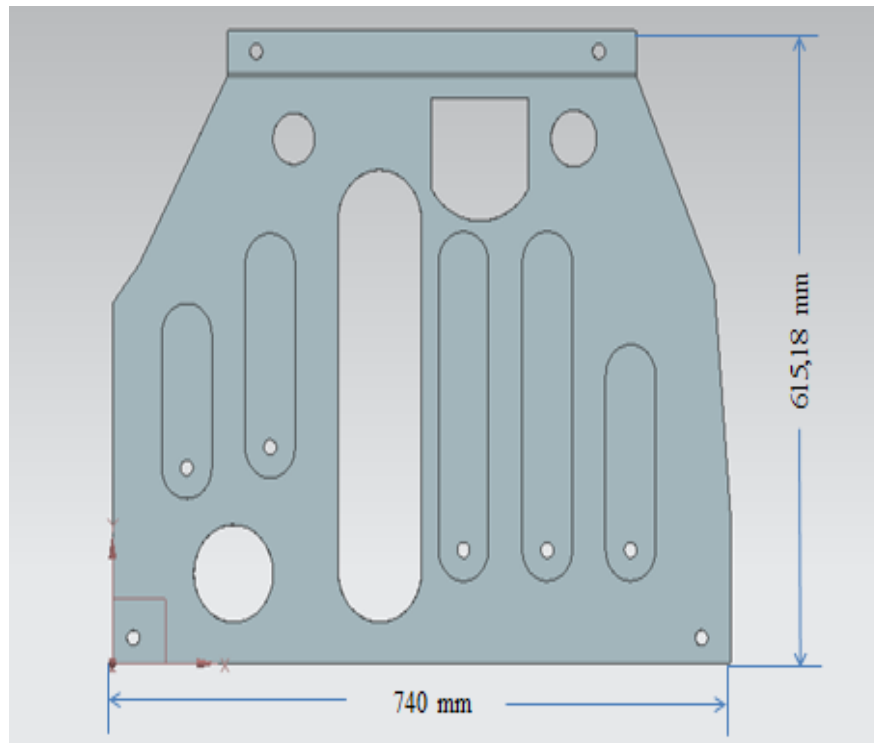
Preparación de la resina isoftálica

Volumen del protector del cárter = base del protector del cárter x altura del protector del cárter x ancho de cada capa (Fibra de vidrio y cabuya).

Volumen del protector del cárter = 0.74 m x 0.615 m x 0.00166 m

Volumen del protector del cárter = 0.000755466 m³

Volumen del protector del cárter = 0.755466 lt

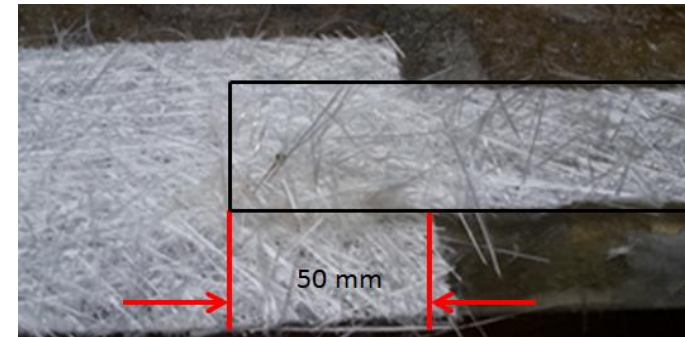
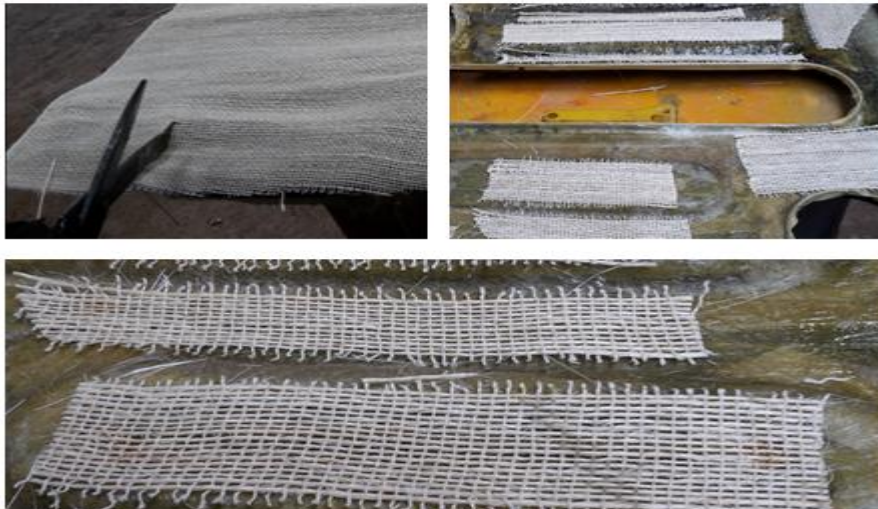


- 2 capas de fibra de vidrio se utilizó 1.56 litros de resina isoftálica.
- 1 capa de fibra de cabuya se utilizó 0.755466 litros de resina isoftálica.

PREPARACIÓN DE FIBRA DE VIDRIO



PREPARACIÓN DE FIBRA DE CABUYA



APLICACIÓN DE LA RESINA ISOFTÁLICA TRATADA



UTILIZACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS MANUALES



Ing. Diego Armando Simbaña Ushiña

APLICACIÓN DE FIBRA DE CABUYA (2DA CAPA)



APLICACIÓN DE LA FIBRA DE VIDRIO (3RA CAPA)



APLICACIÓN DEL CONTRA MOLDE



ETAPA DE POST-TERMINADO DEL PROTECTOR DEL CÁRTER



DESMOLDE



ETAPA DE LIJADO

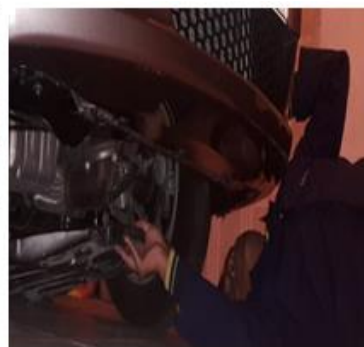


Ing. Diego Armando Simbaña Ushiña

PROCESO DE APLICACIÓN DE FONDO DE RELLENO



PROCESO FINAL (APLICACIÓN DE BATE PIEDRA)



EMSAMBLE DEL PROTECTOR DEL CÁRTER



Ing. Diego Armando Simbaña Ushiña

PROTOCOLO DE PRUEBAS DEL PROTECTOR DEL CÁRTER

VÍA ASFALTADA



10 días alrededor de
(80 horas)

- Av. Manuel Córdova Galarza
- Av. Mariscal Sucre
- Av. Simón Bolívar
- Av. General Rumiñahui



VÍA ADOQUINADA



Cumbaya 13 738 m²

6 días alrededor
de (40 horas)

vía urbana 50 km/h



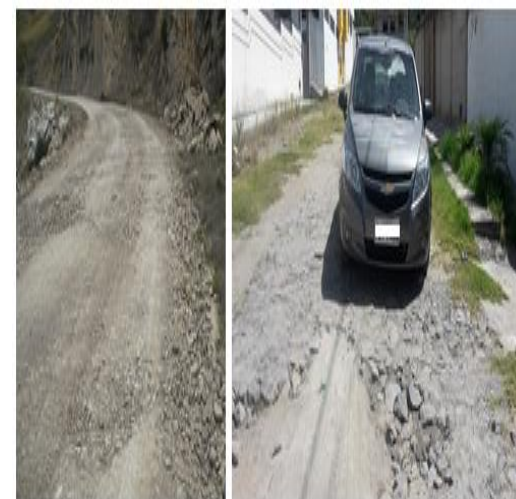
VÍA SIN ASFALTAR



Parroquias de
Pomasqui, San Antonio
de pichincha

15 días alrededor
de (95 horas)

vía urbana 50 km/h



Ing. Diego Armando Simbaña Ushiña

RESULTADOS

Periodo de maduración del curado de la resina isoftálica

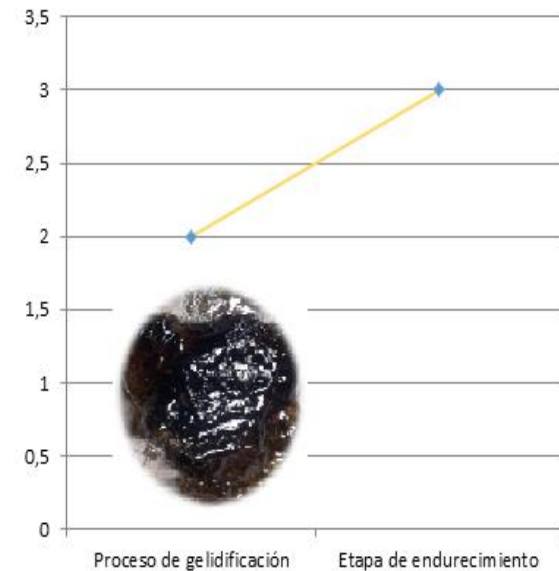
FORMULACIÓN

Denominación	Cantidad de resina poliéster	Cantidad de etileno	Cantidad de octoato de cobalto	Cantidad de meck de peróxido
Resina poliéster isoftálica tratada	100 gr	10 % de la cantidad de resina poliéster isoftálica	2 cc	2 cc

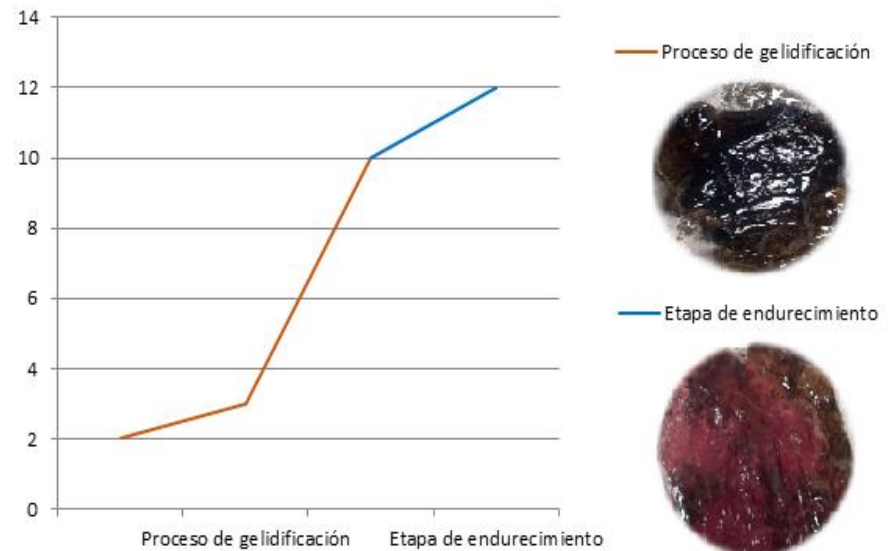
Obtención del proceso de gelidificación de la resina isoftálica tratada

Obtención de la etapa de endurecimiento de la resina isoftálica tratada

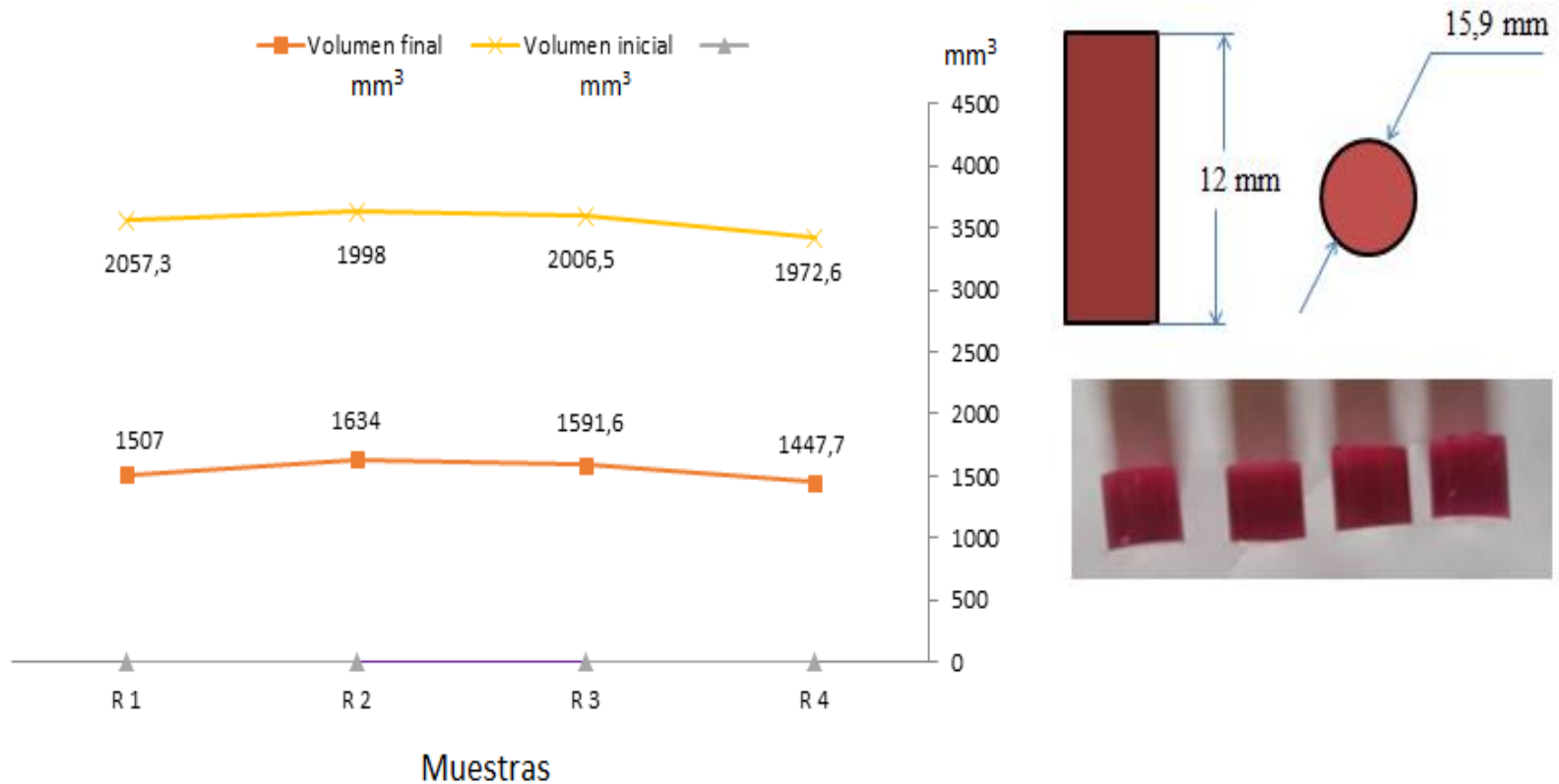
Minutos



Minutos



Caracterización mecánica de la resina poliéster isoftálica mediante ensayo de desgaste por abrasión mediante la norma ASTM G 65



$$\text{Volumen inicial total} = \frac{R1 (\text{inicial}) + R2 (\text{inicial}) + R3 (\text{inicial}) + R4 (\text{inicial})}{\text{Número de muestras}}$$

$$\text{Volumen inicial total} = 2008.6 \text{ mm}^3$$

Caracterización mecánica de la resina poliéster isoftálica mediante ensayo de desgaste por abrasión mediante la norma ASTM G 65

$$\text{Volumen final total} = \frac{R1 \text{ (final)} + R2 \text{ (final)} + R3 \text{ (final)} + R4 \text{ (final)}}{\text{Número de muestras}}$$

$$\text{Volumen final total} = 1545.075 \text{ mm}^3$$

% DESGASTE

$$\% \text{ Desgaste} = \frac{\text{Volumen inicial} - \text{Volmen final}}{\text{Volumen inicial}} * 100 \%$$

$$\% \text{ Desgaste} = 23.07 \%$$

APLICACIÓN DE LA ESTRATIFICACIÓN MANUAL PARA LA FORMACIÓN DE ESTRUCTURA SÁNDWICH DEL MATERIAL HÍBRIDO

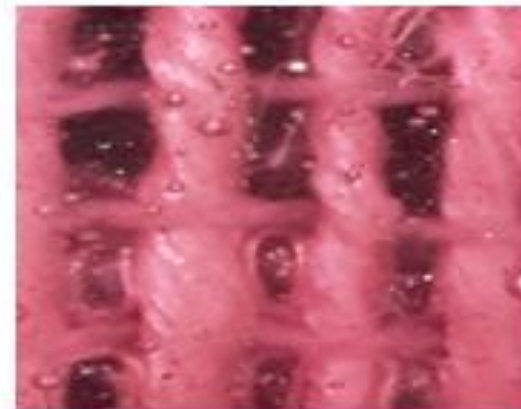
Proceso de manufactura de estratificación manual

Resultados

Moldeo por contacto + moldeo por compresión aplicado en la fibra de vidrio



Moldeo por contacto + moldeo por compresión aplicado en la fibra de cabuya



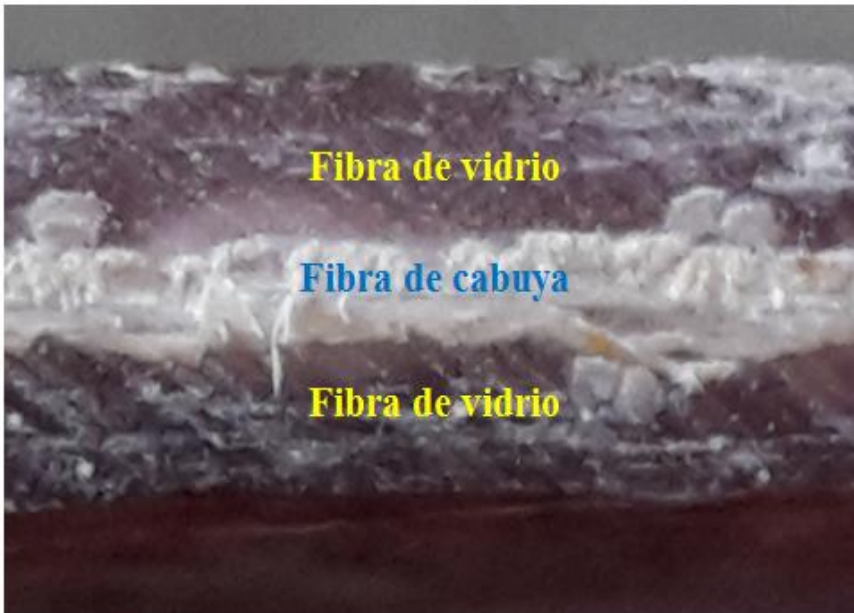
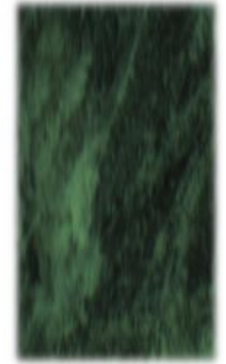
MICROSCOPIA DE ADHERENCIA DE LAS FIBRAS DE VIDRIO, CABUYA Y LA RESINA POLIÉSTER ISOFTÁLICA



Microscopia de las fibras de cabuya

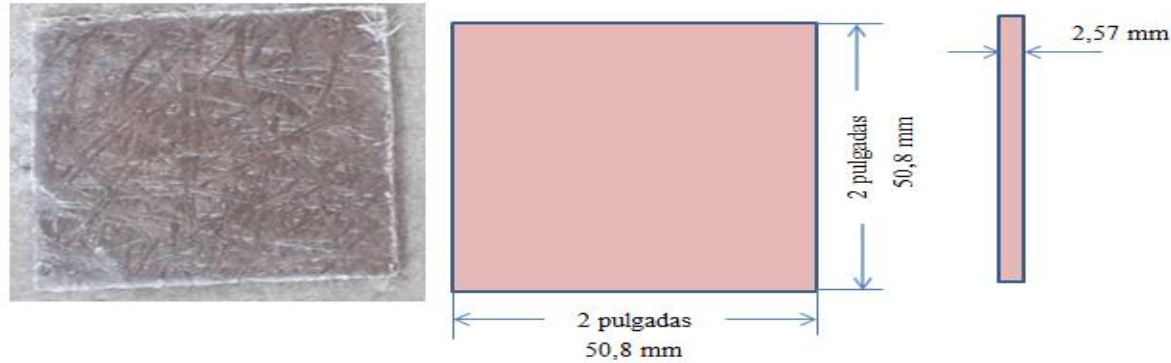


Microscopia de las fibras de vidrio

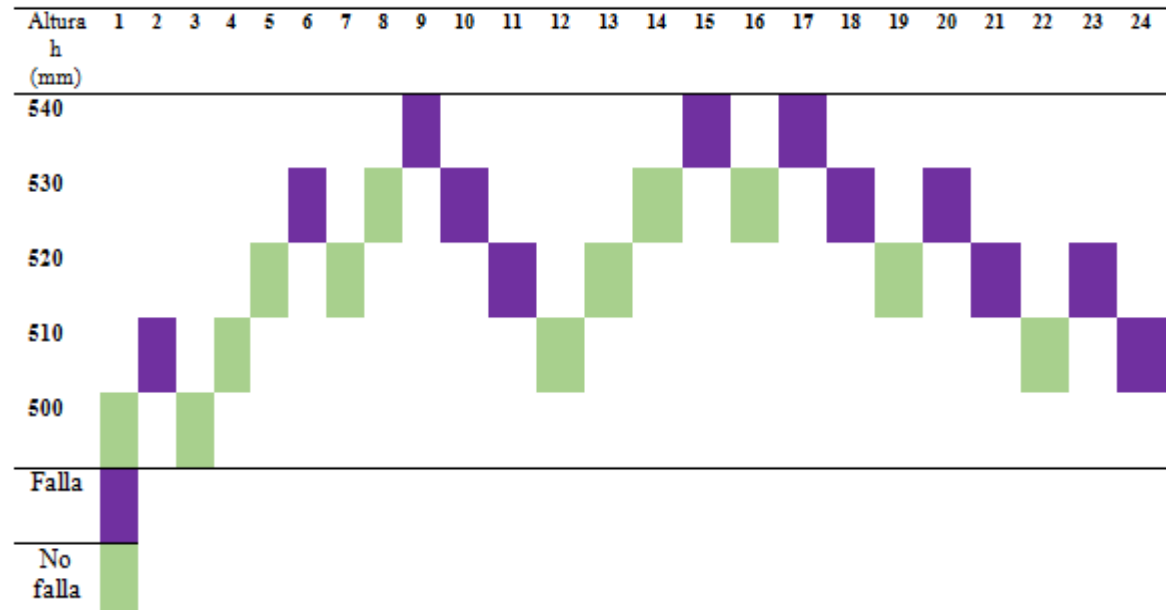


Composición del material híbrido

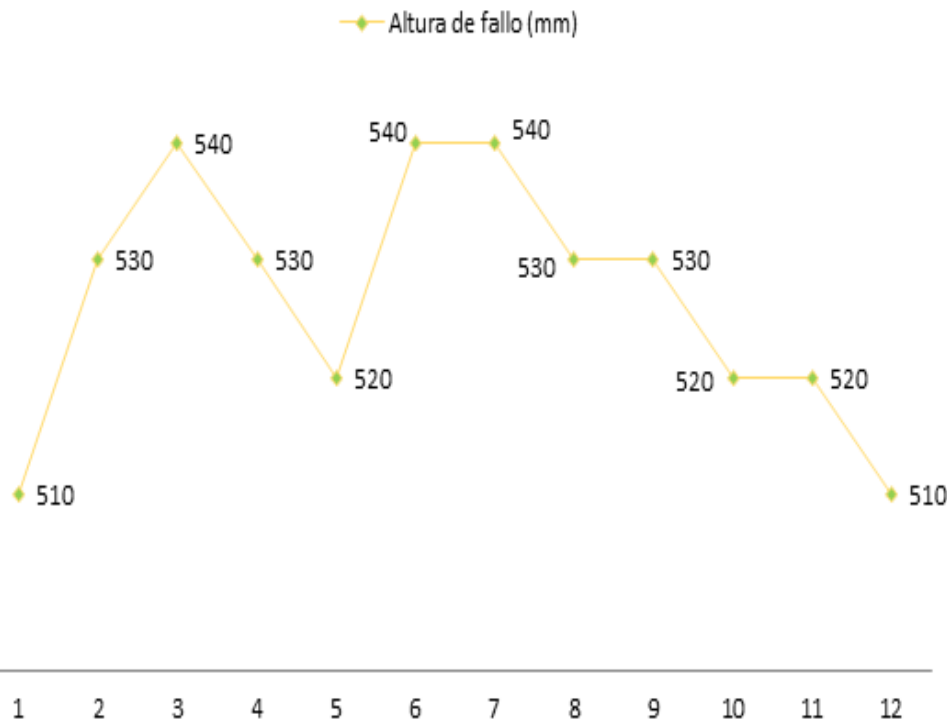
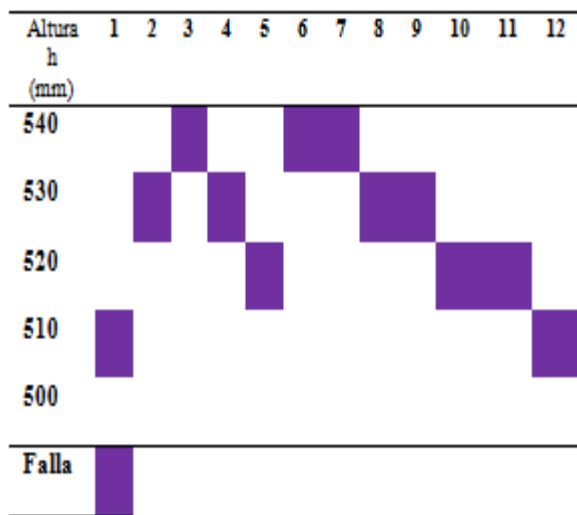
CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL MATERIAL HIBRIDO (FIBRA DE VIDRIO Y CABUYA) CON BASE DE RESINA POLIÉSTER ISOFTÁLICA MEDIANTE ENSAYO DE IMPACTO ASTM D5628-10



Material híbrido reforzado con fibra de vidrio y cabuya con base de resina poliéster isoftálica mediante estratificación manual, moldeo por contacto y por compresión



CARACTERIZACIÓN A DESGASTE MECÁNICA DEL MATERIAL HIBRIDO (FIBRA DE VIDRIO Y CABUYA) CON BASE DE RESINA POLIÉSTER ISOFTÁLICA MEDIANTE ENSAYO DE IMPACTO ASTM D5628-10



$$\text{Altura máxima a la ruptura} = \frac{\sum \text{de alturas}}{\text{Número de probetas fallidas}}$$

$$\text{Altura máxima a la ruptura} = \frac{510+530+540+530+520+540+540+530+530+520+520+510}{12}$$

$$\text{Altura máxima a la ruptura} = 562.66 \text{ mm} = 0.526 \text{ m}$$

CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL MATERIAL HIBRIDO (FIBRA DE VIDRIO Y CABUYA) CON BASE DE RESINA POLIÉSTER ISOFTÁLICA MEDIANTE ENSAYO DE IMPACTO ASTM D5628-10

$$\text{MEF} = h * w * f$$

MEF = Resistencia máxima al Impacto (J)

h = Altura máxima para la ruptura (m)

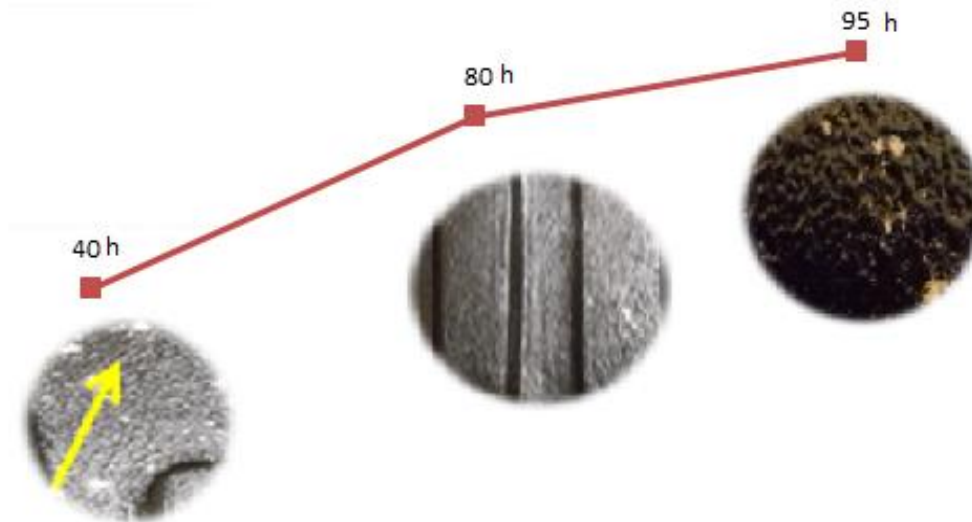
w = masa del impactador (Kg) = 0.1175 Kg

f = Factor de conversión a Jouls (9.80665×10^{-3})

$$\text{MEF} = 0.526 \times 0.1175 \times 9.81$$

$$\text{MEF} = 0.6063 \text{ J}$$

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE FUNCIONALIDAD REALIZADAS EN DIFERENTES VÍAS



Pruebas realizadas en vías adoquinadas



Pruebas realizadas en vías asfaltadas



Pruebas realizadas en vías sin asfaltar



**VÍAS
ADOQUINADAS**

0,2 mm

VÍAS ASFALTADAS

0,3 mm

**VÍAS SIN
ASFALTAR**

1,05 mm

DISCUSIÓN

Comparación de resultados de Ensayos de Impacto

Tema de investigación	Tipo de material	Resistencia máxima al impacto
Evaluación de las Propiedades Mecánicas de un Material Compuesto Reforzado con Fibra de Fique y Fibra de Vidrio en una Matriz de Resina Poliéster	Material compuesto= Fibra de vidrio + Fibra de cabuya + resina poliéster.	0.4714 J
Rediseño y construcción de un protector de cárter para un vehículo Chevrolet Sail mediante la aplicación de materiales híbridos reforzados con fibra de cabuya y fibra de vidrio, con base de resina poliéster, mediante estratificación manual, moldeo por contacto y por compresión	Material compuesto= Fibra de vidrio + Fibra de cabuya + resina poliéster isoftálica. Proceso de gelidificación de la resina poliéster isoftálica: 2 a 3 minutos. Etapa de endurecimiento: 10 a 12 minutos.	0.6063 J

CONCLUSIONES

- La utilización de herramientas manuales como rodillos de lana y metálicos, brochas, entre otros instrumentos utilizados en el proceso de moldeo por contacto ayudo a evitar imperfecciones en las superficies de cada capa como burbujas de aire, y para el proceso de compresión mediante la utilización de un peso extra permitió obtener una buena compactación entre las capas de fibra de vidrio y cabuya, con lo cual mediante una microscopia de barrido se determinó que la estructura sándwich es óptima para la fabricación del protector del cárter.
- La caracterización de la resina isoftalica tratada se rigió mediante la fracción volumétrica establecida por el fabricante en el que se obtuvo un punto de gelidificacion de 2 a 3 minutos. Y para el proceso de curado (endurecimiento) un tiempo de 10 a 12 minutos. Cuya caracterización al ser analizado mediante ensayos de desgaste en el laboratorio el material presento una buena resistencia al desgaste de 23.07 %. La norma ASTM G 65 establece si ($\leq$ al 50 % tiene alta resistencia al desgaste), por lo cual el compuesto es aceptable para la construcción del protector del cárter.

CONCLUSIONES

- Al emplear el proceso de manufactura de estratificación manual permitió obtener una distribución homogénea entre la resina isoftálica (tratada), con el material híbrido caracterizado (fibras de vidrio y cabuya), cuyo material compuesto al ser analizado mediante ensayos de impacto mediante la norma ASTM D5628-10, presento una resistencia máxima al impacto de 0.6063 J, haciendo una comparación directa con el tema de investigación de los señores Navarro O. y Ramírez A. (2014). Con lo cual se estable que el material híbrido del presente estudio es superior.
- Al realizar las pruebas de campo por diferentes tipos de vías, se determinó que el material híbrido del cual está formado el protector del cárter presento un desgaste mínimo de 0.2 mm a 1.05 mm, debido a la capa protectora del bate piedra que se le añadió al protector del cárter, determinando así que el deterioro no afectará a su estructura.
- Mediante un análisis de costos el valor del protector de cárter se encuentra en un promedio de \$200 dólares americanos , que implica un ahorro de \$ 50 a 80 dólares americanos, ya que un protector del cárter en mercado nacional fluctúa entre \$250 a \$280 dólares dependiendo de la calidad de la cual este fabricado.

RECOMENDACIONES

- Al momento de manipular las fibras de vidrio y cabuya, como en el proceso de tratamiento de la resina isoftálica utilizar el correspondiente equipo de protección personal (EPP) debido a las macropartículas que emana tanto las fibras como los gases tóxicos producidos por la resina pueden afectar a la salud del operario.
- Aplicar la cantidad necesaria de cera desmoldante para evitar que no se unan entre si el molde, con la pieza a fabricarse y el contra molde.
- Cortar la cantidad suficiente de fibras de vidrio y cabuya, tomando en cuenta las medidas del molde del protector para que no exista desperdicio de material.
- Evitar golpear los moldes porque pueden dañar el prototipo.
- Para obtener un laminado manual óptimo utilizar los rodillos correspondientes, los cuales ayudaran a moldear la pieza evitando así que se produzcan burbujas o imperfecciones atrapadas en cada superficie.

RECOMENDACIONES

- Para obtener una resina tratada tener en cuenta la siguiente consideración por cada 100 gr de resina isoftálica aplicar 10 % de etileno, más 2 cc de octoato de cobalto, más 2 cc de meck de peróxido, formulación que permitirá obtener un proceso de gelidificación de 2 a 3 minutos y un proceso de curado de la resina entre 10 a 12 minutos.
- No mezclar conjuntamente el octoato de cobalto con el meck de peróxido porque puede causar una reacción química explosiva.
- Para realizar la etapa de lijado se recomienda utilizar el equipo de protección personal, debida que al momento del lijado y la limpieza con el compresor de aire, se desprende pequeñas partículas de polvo las cuales pueden ser inhaladas y pueden causar severos daños a las vías respiratorias.
- Implementar otro tipo de recubrimiento que suplante a la capa protectora del bate piedra para que en una futura investigación mediante las pruebas de campo se determine cuál es su comportamiento ante diferentes tipos de vías.
- Implementar una norma dentro del marco legal la utilización de materiales híbridos para la fabricación de autopartes en la industria automotriz ecuatoriana.

GRACIAS