



Análisis mediante pruebas destructivas y no destructivas de una autoparte manufacturada en nuestro país, para determinar sus propiedades mecánicas.

Pico Solís, Ana Graciela

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Trabajo de Unidad de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero

Automotriz

Ing. Solís Santamaria, Santiago Isaac

2023

Latacunga

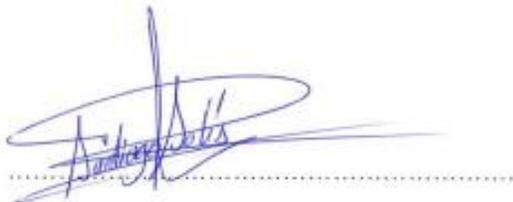
Reporte de verificación de contenido

Document Information

Analyzed document	Análisis mediante pruebas destructivas y no destructivas de una autoparte manufacturada en nuestro país, para determinar sus propiedades mecánicas. Pico Solís.docx (D157838100)
Submitted	2/4/2025 10:43:00 PM
Submitted by	
Submitter email	agpico@espe.edu.ec
Similarity	1%
Analysis address	jromero.unibec@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	PR LUIS-CASTAGNETO F.docx Document PR LUIS-CASTAGNETO F.docx (D77101872)	 1
SA	Práctica de Materiales LEN-1.pdf Document Práctica de Materiales LEN-1.pdf (D137547302)	 2
SA	submission.pdf Document submission.pdf (D135536901)	 1
SA	Lab5 - Impacto y dureza.pdf Document Lab5 - Impacto y dureza.pdf (D73009853)	 2
W	URL: https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/abs.html#:~:text=E0%20A85%20se%20destaca... Fetched: 2/4/2025 10:44:00 PM	 1



Ing. Solís Santamaría, Santiago Isaac

C.C.: 1804327144



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: **"Análisis mediante pruebas destructivas y no destructivas de una autoparte manufacturada en nuestro país, para determinar sus propiedades mecánicas"** fue realizado por la señorita **Pico Solís, Ana Graciela**, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 02 de febrero del 2023

Firma:

Ing. Solís Santamaría, Santiago Isaac

C.C.: 1804327144



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Pico Solís, Ana Graciela** con cédula de ciudadanía N° **1804977666** declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **"Análisis mediante pruebas destructivas y no destructivas de una autoparte manufacturada en nuestro país, para determinar sus propiedades mecánicas"** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 02 de febrero del 2023

Firma:

Pico Solís, Ana Graciela

C.C.: 1804977666



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Autorización de Publicación

Yo, **Pico Solís, Ana Graciela** con cédula de ciudadanía N° **1804977666**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **"Análisis mediante pruebas destructivas y no destructivas de una autoparte manufacturada en nuestro país, para determinar sus propiedades mecánicas"** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 02 de febrero del 2023

Firma:

Pico Solís, Ana Graciela

C.C.: 1804977666

Dedicatoria

Dedico mi tesis a mis queridos padres Wagner Pico y Graciela Solís por su apoyo incondicional a lo largo de mi vida universitaria, por nunca dudar de mí y siempre ser mi fuerza para seguir adelante cumpliendo cada una de mis metas. Por darme todo su amor, comprensión, paciencia y entenderme en todas mis facetas.

A mis queridas hermanas Vanessa y Milagros Pico Solís que siempre han estado presentes con su alegría, cariño y apoyo moral.

A mis abuelos

Klever Pico (+) y Elsa Vargas

Leonardo Solís y Matilde Jordán

Y a todos quienes han estado presentes y siempre me dieron sus palabras de motivación y cariño para conseguir esta meta.

Agradecimiento

Inicialmente quiero dar gracias a Dios que me ha permitido llegar a concluir una meta más de mi vida académica.

A mis padres Wagner Pico y Graciela Solís que, con su amor, comprensión y apoyo todo esto asido posible, por inculcarme valores éticos y morales, que sin duda me han ayudado a ser buena persona y a lo largo una gran profesional. Les agradezco infinitamente por sus bendiciones y palabras de motivación, los amo.

A mi querido novio Cristian Moncayo, por siempre estar presente para mí, por ayudarme y apoyarme incondicionalmente para conseguir todo lo que me propongo. Gracias por todo tu amor y paciencia.

Al señor Edison Estrada, dueño de la empresa Plasty Samy, por brindarme su conocimiento de todo el proceso de inyección, su apoyo y paciencia en la inyección de probetas para el desarrollo de esta tesis.

Al laboratorio de Ensayos No Destructivos de la Escuela Politécnica Nacional, por su colaboración, experiencia y conocimiento brindado para la realización de los Ensayos No Destructivos, de esta tesis. Productivo Carrocero de Tungurahua. Por su gran experiencia en la realización de Ensayos Destructivos normalizados.

A mi tutor de tesis, el Ingeniero Santiago Solís Santamaria, por confiar en mí, para realizar este proyecto de unidad de integración curricular, por guiarme paso a paso para que el desarrollo de este proyecto sea exitoso.

Finalmente quiero agradecer a mis amigos y compañeros de la Universidad que han hecho que esta experiencia académica este llena de muchos buenos recuerdos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	1
Reporte de verificación de contenido.....	2
Certificación	3
Responsabilidad de Auditoría.....	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento.....	7
Índice de contenidos.....	8
Índice de tablas	11
Índice de figuras	12
Resumen.....	14
Abstract	15
Capítulo I: Planteamiento del problema de investigación.....	16
Antecedentes	16
Justificación e importancia	16
Objetivos	17
Objetivo General.....	17
Objetivos específicos.....	17
Hipótesis	17
Señalamiento de variables.....	17
Capítulo II: Fundamentación Teórica.....	18
Polímeros	18
Polímeros naturales.	18
Polímeros sintéticos.	18
Polímeros Reciclados	19
Clasificación de polímeros	19
Acrilonitrilo butadieno estireno	20
Propiedades del ABS	20
Aplicaciones típicas del ABS	21
Probetas	22
Normativas internacionales para pruebas en polímeros	23
Ensayos destructivos.....	24
Ensayo de tracción	24

Norma ASTM D-638	24
Ensayo de Compresión	25
Norma ASTM D 695 O ISO 604.....	25
Ensayo de Flexión	26
Norma ASTM D-790, ISO 178	26
Ensayo de Dureza	27
<i>Norma ASTM D-2240, ISO 868</i>	27
Ensayo de Impacto	28
Norma ASTM D-6110	28
Ensayos no destructivos.....	29
Tipos de ensayos no destructivos.....	29
Radiografía industrial	29
Norma UNE – EN 12681-1.....	29
Inspección por líquidos penetrantes.....	30
Norma ASTM-E-165-02	30
Radiografía por ultrasonido	30
Norma ASTM E797.....	30
Homologación de espejos retrovisores	31
Capítulo III: Desarrollo.....	32
Diseño y fabricación de la matriz de probetas.....	32
Proceso de inyección del PP en la matriz	33
Análisis Destructivos.....	36
Probetas para realizar el ensayo de compresión	36
Probetas para el ensayo de dureza.....	37
Probetas para el ensayo de Impacto.....	38
Probetas de flexión	39
Probetas para realizar el ensayo de tracción	40
Análisis no destructivos.....	41
Probetas para la inspección con tintas penetrantes	41
Ensayo no destructivo mediante ultrasonido- medición de espesores	42
Inspección Visual	43
Metodología.....	44
Modalidad de la Investigación	44
Técnicas de recolección de la información	45
Las principales técnicas de la investigación descriptiva son:.....	45

Capítulo IV: Resultados y discusión	46
Resultados del ensayo de impacto.....	52
Resultados de los análisis no destructivos prueba de dureza SHORE	54
Resultados del ensayo a tracción.....	55
Resultados de los análisis no destructivos a flexión.....	56
Resultados de los análisis no destructivos	58
Inspección por líquidos penetrantes probeta 1	58
Inspección por líquidos penetrantes probeta 2	59
Resultados del ensayo en la probeta 3.....	60
Discontinuidades presentes en la probeta 4	61
Resultados del ensayo en la probeta 5.....	63
Resultados del ensayo por ultrasonido.....	65
Resultado del ensayo por Inspección visual.....	65
Capítulo V: Marco administrativo	69
Financiamiento.....	69
Recursos Humanos	69
Recursos materiales.....	69
Recursos Económicos	70
Capítulo VI: Conclusiones y recomendaciones.....	72
Conclusiones	72
Recomendaciones	74
Bibliografía	75
Anexos.....	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Propiedades mecánicas del ABS A 23°C</i>	21
Tabla 2 <i>Normativas internacionales para pruebas en polímeros</i>	23
Tabla 3 <i>Resultados del ensayo de compresión de las probetas de la autoparte</i>	46
Tabla 4 <i>Resultados del ensayo de compresión de la autoparte original</i>	47
Tabla 5 <i>Resultados del PP a compresión</i>	50
Tabla 6 <i>Resultados del PP a impacto</i>	52
Tabla 7 <i>Resultados del PP reciclado en dureza</i>	54
Tabla 8 <i>Resultados del PP reciclado a tracción</i>	55
Tabla 9 <i>Resultados del PP reciclado a flexión</i>	56
Tabla 10 <i>Resultados de discontinuidad de la probeta 1</i>	58
Tabla 11 <i>Resultados del ensayo de líquidos penetrantes de la probeta 2</i>	59
Tabla 12 <i>Resultados de discontinuidad de la probeta 3</i>	60
Tabla 13 <i>Resultados de discontinuidades de la probeta 4</i>	61
Tabla 14 <i>Resultado de discontinuidad de la probeta 5</i>	63
Tabla 15 <i>Resultados del examen de inspección visual en la probeta</i>	66
Tabla 16 <i>Recurso humano</i>	69
Tabla 17 <i>Recurso materiales</i>	70
Tabla 18 <i>Recursos económicos</i>	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Códigos de identificación de resinas de plástico</i>	19
Figura 2	<i>Tipos de probetas</i>	22
Figura 3	<i>Probeta tipo halterio</i>	24
Figura 4	<i>Medidas de la probeta para el ensayo de compresión</i>	25
Figura 5	<i>Probeta para el ensayo de flexión (mm)</i>	26
Figura 6	<i>Medidas de la probeta para el ensayo de dureza (mm)</i>	27
Figura 7	<i>Medidas de la probeta para el ensayo de impacto (mm)</i>	28
Figura 8	<i>Bloque de Aluminio</i>	32
Figura 9	<i>Aluminio mecanizado</i>	33
Figura 10	<i>Máquina FU CHUN SHIN auto modelo FT110</i>	33
Figura 11	<i>Inyección del Polipropileno</i>	34
Figura 12	<i>Remoción de la matriz inyectada</i>	34
Figura 13	<i>Inyección de probetas</i>	35
Figura 14	<i>Probetas para el análisis de compresión</i>	36
Figura 15	<i>Probetas para el análisis de dureza</i>	37
Figura 16	<i>Probetas para el análisis de impacto</i>	38
Figura 17	<i>Probetas para el análisis de flexión</i>	39
Figura 18	<i>Medidas de la probeta para el ensayo de tintas penetrantes (mm)</i>	41
Figura 19	<i>Probetas para el análisis de tracción</i>	41
Figura 20	<i>Detalle de la denominación de las caras de las probetas</i>	41
Figura 21	<i>Medidas de la probeta para el ensayo de ultrasonido (mm)</i>	42
Figura 22	<i>Gráfico de los resultados del esfuerzo máximo de compresión</i>	48
Figura 23	<i>Gráfico de los resultados de la fuerza de fluencia</i>	48
Figura 24	<i>Gráfico de los resultados de la fuerza máxima de compresión</i>	49

Figura 25	<i>Gráfico de los resultados del esfuerzo de fluencia.....</i>	50
Figura 26	<i>Gráfico de la resistencia a la compresion del ABS y el PP reciclado.....</i>	51
Figura 27	<i>Gráfico de la resistencia al impacto del ABS y el PP reciclado.....</i>	53
Figura 28	<i>Gráfico de la Dureza SHORE del ABS y el PP reciclado.....</i>	54
Figura 29	<i>Gráfico de los resultados de tracción del PP reciclado y del ABS.....</i>	56
Figura 30	<i>Gráfico de los resultados del ensayo a flexión del PP reciclado.....</i>	57
Figura 31	<i>Caras D y E con las discontinuidades fisura y poro.....</i>	58
Figura 32	<i>Fisura en la cara B y poro en la cara E.....</i>	59
Figura 33	<i>Detalle de las caras C,A,B con sus respectivas discontinuidades.....</i>	61
Figura 34	<i>Detalle de las discontinuidades de la probeta 4.....</i>	62
Figura 35	<i>Presencia de discontinuidades en las caras A y B.....</i>	64
Figura 36	<i>Espesores de la probeta para el ensayo de ultrasonido (mm).....</i>	65
Figura 37	<i>Irregularidades en la probeta durante el ensayo de inspección visual.....</i>	67

Resumen

En la industria automotriz ecuatoriana se presentan limitantes con respecto a la fabricación y continuidad de la importación de accesorios plásticos para los diferentes modelos de vehículos, ya sea por el elevado costo de fabricación o por falta de mercado de autopartes puntuales. El presente trabajo de titulación tiene como objetivo analizar e investigar las normativas nacionales e internacionales de ensayos destructivos y no destructivos, para determinar las propiedades mecánicas y de formación del material de una autoparte manufacturada dentro del país. La autoparte analizada fue un retrovisor exterior del Toyota Stout el cual se elaboró mediante un proceso de inyección de polipropileno 20% virgen y 80% reciclado. Las normativas utilizadas para la verificación de las propiedades mecánicas fueron las ASTM, siendo estas normativas internacionales, ya que en el caso de polímeros reciclados no están definidas normativas ecuatorianas para su verificación. Los ensayos destructivos realizados al polipropileno reciclado fueron pruebas de Tracción, Compresión, Flexión y Dureza las cuales permitieron hacer un análisis cuantitativo de los resultados de las propiedades mecánicas obtenidas, en el caso de los ensayos no destructivos se analizó el material mediante las pruebas de Radiografía industrial, Inspección por líquidos penetrantes, Radiografía por ultrasonido e inspección visual, obteniendo así la calidad del material observado y se determinó las discontinuidades, fisuras o poros presentes en el mismo. Con la determinación de estos parámetros se evaluó la efectividad del uso del polipropileno reciclado en la fabricación del espejo retrovisor exterior de una camioneta Toyota Stout.

Palabras clave: ensayos destructivos, ensayos no destructivos, polipropileno reciclado, autopartes

Abstract

In the Ecuadorian automotive industry, there are limitations regarding the manufacture and continuity of the importation of plastic accessories for the different vehicle models, either due to the high manufacturing cost or lack of market for specific auto parts. The objective of this degree work is to analyze and investigate the national and international regulations of destructive and non-destructive tests, to determine the mechanical and formation properties of the material of an auto part manufactured within the country. The auto part analyzed was an exterior mirror of the Toyota Stout which was made using a 20% virgin and 80% recycled polypropylene injection process. The regulations used for the verification of the mechanical properties were the ASTM, being these international regulations, since in the case of recycled polymers, Ecuadorian regulations for their verification are not defined. The destructive tests carried out on the recycled polypropylene were Traction, Compression, Flexion and Hardness tests which allowed a quantitative analysis of the results of the mechanical properties obtained, in the case of non-destructive tests the material was analyzed through X-ray tests industrial, Inspection by penetrating liquids, Ultrasound radiography and visual inspection, thus obtaining the quality of the observed material and the discontinuities, fissures or pores present in it were determined. With the determination of these parameters, the effectiveness of the use of recycled polypropylene in the manufacture of the exterior rearview mirror of a Toyota Stout truck was evaluated.

Keywords: destructive testing, non-destructive testing, recycled polypropylene, auto parts.

Capítulo I

Planteamiento del problema de investigación

Antecedentes

En la actualidad la industria automotriz nacional cuenta con ensambladoras de automóviles que desempeñan sus actividades dentro del país, estas actividades que desempeñan requieren del uso de varios componentes, mecánicos, eléctricos y accesorios. Los accesorios que se emplean mayoritariamente son importados, debido a que la producción nacional de accesorios no cuenta con un proceso de fabricación donde los productos finales no cumplen con la normativa de homologación. Por este motivo no se suministran a las ensambladoras de productos nacionales.

Los productores de accesorios al no suministrar productos a las ensambladoras dejan fugar la economía a otros países, lo que desfavorece a la economía nacional.

Las autopartes son un componente ampliamente usado y que seguirán en uso independientemente de las nuevas tendencias automotrices como son los vehículos eléctricos.

Justificación e importancia

Actualmente en el mercado automotriz existe discontinuidad en cuanto a piezas y accesorios de diferentes modelos de vehículos, por otro lado, la importación de este tipo de elementos toma mucho tiempo provocando inconvenientes al consumidor y causando elevación de precios.

La fabricación nacional de numerosas partes automotrices podría solventar estos inconvenientes, determinar el material adecuado es uno de los principales desafíos de este proyecto pues se estima que alrededor del 18% y 20% de los plásticos que se utilizan para fabricar partes internas de autos están compuestos de materiales reciclados, siendo una buena manera de aportar con el medio ambiente.

El motivo de esta investigación es validar polímeros mediante pruebas destructivas y no destructivas, empleando normativas nacionales e internacionales, consecuentemente se analizarán propiedades físicas, químicas y mecánicas del material estudiado versus las propiedades de otro material que corresponde a una pieza ya existente en el mercado. Con esto se logrará determinar la calidad de ambos materiales, concluyendo si es factible o no implementar el polímero reciclado a la fabricación de autopartes en el país.

Objetivos

Objetivo General

Analizar mediante pruebas no destructivas y destructivas las propiedades de la autoparte.

Objetivos específicos

Investigar las normativas nacionales e internacionales para realizar los ensayos no destructivos.

Investigar las normativas nacionales e internacionales para realizar los ensayos destructivos.

Hipótesis

¿El análisis de ensayos destructivos y no destructivos permitirá establecer las condiciones reales de manufactura para su factibilidad de fabricación en el mercado nacional?

Señalamiento de variables

- **Variable dependiente.** Condiciones de manufactura.
- **Variable independiente.** Análisis de ensayos destructivos y no destructivos

Capítulo II

Fundamentación Teórica

Polímeros

Los polímeros son macromoléculas formadas por enlaces covalentes dentro de la molécula, los cuales se caracterizan por tener varias repeticiones de una unidad química simple, a este proceso se le conoce también como polimerización, los polímeros pueden ser naturales o sintéticos, dependiendo de la naturaleza de su creación. (Marcilla, 2012)

Polímeros naturales.

También llamados biopolímeros son estructuras más complejas

Polímeros sintéticos.

Contienen entre uno y tres tipos de unidades diferentes las cuales se repiten, estos polímeros son muy comerciales y se clasifican en:

- **Elastómeros.** - Son polímeros elásticos siendo el caucho el principal elastómero, del cual se derivan los neumáticos, mangueras o gomas.
- **Fibras.** - La característica principal que tiene este polímero es que tiene la capacidad de ordenarse para formar filamentos largos y delgados, además de poseer una gran resistencia. La principal aplicación de estas fibras es en la industria textil en materiales como el algodón, la lana y la seda.
- **Plásticos.** - Estos polímeros se caracterizan por su maleabilidad ya que se les puede dar varias formas y usos en varias ramas de la industria. (Carrasquero, 2014)

Los plásticos de mayor consumo son:

- **PVC:** cloruro de polivinilo.
- **PEAD:** polietileno de alta densidad.

- **PET:** polietileno tereftalato.
- **PP:** polipropileno.
- **EPS:** poliestireno expandido.
- **PC:** policarbonato.
- **PS:** poliestireno.
- **PEBD:** polietileno de baja densidad.

Polímeros Reciclados

Los polímeros pueden ser reutilizados y reciclados de maneras infinitas, debido a la gran cantidad de materiales poliméricos sintéticos existentes en el mercado. (Benalcazar, 2010)

Clasificación de polímeros

La Society of Plastics Industry (SPI) en 1988 desarrollo un código de identificación como muestra la Figura 1, para colocar a los polímeros por categorías según el contenido de resina, y con esto facilitar la identificación de estos y mejorar el reciclaje. (Aristegui, 2021)

Figura 1

Códigos de identificación de resinas de plásticos



Nota. La figura muestra los siete códigos creados para la identificación de los polímeros. Tomado de (Binik, 2022)

Acrilonitrilo butadieno estireno

Más conocido como ABS o plástico de ingeniería, este polímero no tiene forma, es un material sumamente resistente a los impactos y a ataques químicos. (Castro, 2011)

Debido a su composición y por las propiedades que esta le brindan el ABS es un material óptimo para diferentes aplicaciones de la industria, las propiedades principales del ABS son:

- Alta rigidez
- Buena resistencia al impacto
- Es un material aislante
- Buena soldabilidad
- Resistente a la abrasión y a la deformación
- Alta estabilidad dimensional
- Alto brillo superficial (PLAST, 2022)

Propiedades del ABS

El ABS es un aislante eléctrico que presenta propiedades mecánicas importantes en la ingeniería como la dureza y la resistencia al impacto, la Tabla 1 muestra las propiedades del ABS. (Plast, 2021)

Tabla 1*Propiedades mecánicas del ABS a 23 °C*

Propiedades mecánicas del ABS			
Propiedad	Unidad	Alto impacto	Resistencia al calor
Resistencia al impacto	<i>J/m</i>	375 – 640	105-320
Resistencia a la tensión	<i>Kg/mm²</i>	3,3 – 4,2	4,2 – 5,3
Elongación	%	15-70	5-20
Módulo de tensión		173-214	214-265
Dureza	(HRC) Rockwell	88-90	105-110
Peso Especifico		1,02-1,04	1,04-1,06
Coefficiente de la expansión térmica	<i>x 10⁵ cm/cm°C</i>	9,5-11,0	65-9,3
Distorsión por calor		93-99	102-112
Alargamiento en la rotura	<i>°C a 1804 Kg/cm²</i>	45	
Modulo elástico	%	1,1-2,9	
Coefficiente de Poisson	GPa	0,391-0,422	
Resistencia mecánica a la compresión:	Mpa	31-86,2	
Resistencia mecánica a la flexión	Mpa	47,8-76	
Resistencia mecánica a la tracción	MPa	27,6-55,2	

Nota. Esta tabla muestra las características mecánicas del ABS. Tomado de (Barcelona, 2020)

Aplicaciones típicas del ABS

- Carcasas de espejos
- Paneles interiores
- Elementos de palancas

- Carcasas para la industria electrónica.

Probetas

Las probetas se fabrican de acuerdo con las dimensiones especificadas en la normativa según el ensayo a realizar. Las probetas permiten obtener parámetros geométricos del material a estudiar, estas se fabrican por inyección o por prensas. (Academy, 2021).

Existen diferentes tipos de probetas de acuerdo con su forma como indica la Figura 2.

- Probetas redondas con cabeza roscada.
- Probetas redondas con cabeza lisa.
- Probeta plana con cabeza (con y sin taladro)

Figura 2

Tipos de probetas



Nota. La figura indica los diferentes tipos de probetas que se utilizan para realizar ensayos destructivos del material. Tomado de (solutions, 2023)

Normativas internacionales para pruebas en polímeros

La American Society for Testing and Materials conocida por sus siglas como ASTM ha desarrollado las diferentes normativas para pruebas en polímeros, en las que especifican las condiciones y procedimientos a realizarse en la probeta para la obtención de resultados positivos durante el ensayo, la organización internacional de normalización (ISO) tiene su equivalente a las normas ASTM. (Guamanquispe, 2013)

Algunas de las normativas internacionales para polímeros tanto en ISO como en ASTM se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2

Normativas internacionales para pruebas en polímeros

Normativas internacionales		
Propiedad	ISO	ASTM
Deformación por compresión	1856	D-395
Densidad	1183	D-1505
Dureza durómetro	868	D-2240
Tracción		D-638
Resistencia a la compresión	604	D-695
Resistencia a la fatiga	335	D-671
Resistencia a la flexión	178	D-790
Resistencia a la tracción	R 527	D-638
Resistencia química	175	D-543
Temperatura de deflexión	75	D-648

Nota. La tabla muestra las normativas ISO y su equivalente en ASTM Tomado de (Pérez, 2011)

Ensayos destructivos

Ensayo de tracción

En este ensayo se somete a la probeta a una fuerza que es colocada en la dirección del eje longitudinal, con este ensayo se conocen los valores máximos del límite plástico y la resistencia del material, además de obtener el límite de fluencia, el alargamiento a rotura entre otros. (Ecuador, 2022)

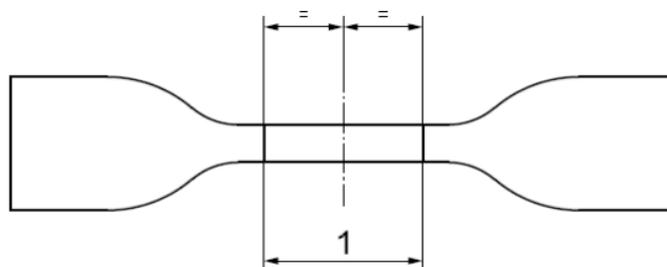
Norma ASTM D-638

Esta norma se utiliza para realizar ensayos de tracción en plásticos, dicha Norma tiene como fin proporcionar las propiedades mecánicas del material como son tensión, deformación, módulo de tracción, punto de fluencia entre otras. (Normalización, 2013)

La norma ASTM-38 utiliza las probetas halterio tipo I como se muestra en la Figura 3, para obtener un valor lo más real posible de las propiedades a tracción se necesita tres probetas de la misma forma y dimensiones para realizar el ensayo. (Roell, 2016)

Figura 3

Probeta tipo halterio



Nota. La figura indica la forma de la probeta tipo halterio. Tomado de (Roell, 2016)

Dimensiones:

Longitud: 25 mm \pm 0.5

Espesor: El espesor de la porción más delgada debe ser 2mm +/- 0.2mm

Ensayo de Compresión

Para realizar esta prueba se somete una carga que comprime la pieza a una velocidad uniforme, en algunos casos esta prueba se realiza en el producto completo y no en la probeta, por medio de este ensayo se determina el esfuerzo máximo de compresión del material. (Soriano, AIMPLAS Instituto Tecnológico del Plástico, 2022)

Norma ASTM D 695 O ISO 604

La normativa ASTM 695 se encarga de determinar las propiedades mecánicas en compresión de los plásticos rígidos, esta prueba se aplica con una fuerza de hasta 41.370 Mpa

La prueba se realiza colocando una probeta plástica normalmente en forma prismática como se muestra en la Figura 4.

Figura 4

Medidas de la probeta para el ensayo de compresión (mm)



Nota. Tomado de (Pico, 2023)

Dimensiones: 12.7 x 12.7 x 25.4 (mm)

o en forma de cilindro de:

Dimensiones: 12.7 mm de diámetro y 25.4 mm de largo

Ensayo de Flexión

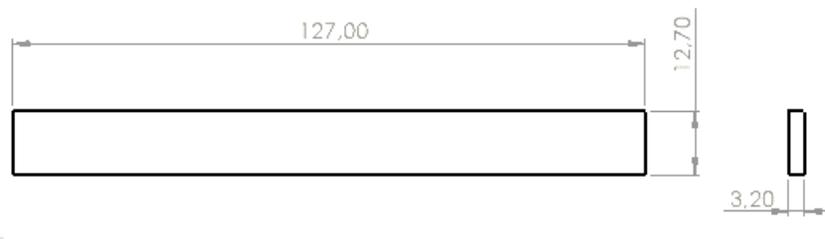
Para realizar este ensayo se coloca la probeta en la máquina apoyada en los extremos con una fuerza en su eje perpendicular, dicho ensayo permite calcular los puntos máximos de ruptura, el módulo elástico y las deformaciones de la probeta. (Soriano, AIMPLAS Instituto Tecnológico del Plástico, 2022)

Norma ASTM D-790, ISO 178

Los ensayos de flexión en plásticos se realizan bajo la Norma ASTM D-790, la cual analiza tres puntos rígidos y semirrígidos, los resultados a obtener son el módulo de flexión, el límite elástico y en caso a la rotura la tensión máxima de la probeta. La Figura 5 muestra las dimensiones normadas para las probetas en el ensayo de flexión (Metalinspec, 2020)

Figura 5

Probeta para el ensayo de flexión (mm)



Nota. Tomado de (Pico, 2023)

Dimensiones:

Profundidad: 3.2 mm

Ancho: 12.7 mm

Largo: 127 mm

Ensayo de Dureza

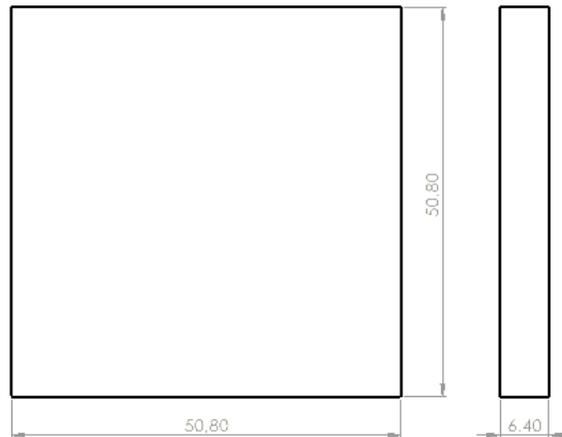
Este tipo de ensayos tiene varios métodos para determinar la dureza del material plástico como la Shore, Barcol, y Bola, con este ensayo se determina la fuerza, ductilidad y resistencia al desgaste del material. (Michaelsen, 2022)

Norma ASTM D-2240, ISO 868

La norma ASTM D-2240 consta de 12 tipos de probadores de dureza más conocidos como durómetros, dichos probadores determinan la dureza de indentación de materiales plásticos. La Figura 6 muestra las dimensiones de la probeta. (Services, 2015)

Figura 6

Medidas de la probeta para el ensayo de dureza (mm)



Nota. Tomado de (Pico, 2023)

Dimensiones:

Largo: 50,8

Ancho: 50,8 mm

Espesor: 6.4 mm

Ensayo de Impacto

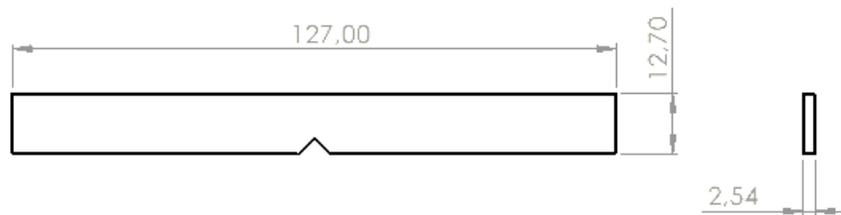
Esta prueba se realiza por impacto perpendicular a la probeta, caída libre o por medio del método de caída de proyectil, con el objetivo de obtener resultados de tenacidad del material (Soriano, 2019)

Norma ASTM D-6110

Para la norma de impacto ASTM D-6110 se utiliza una probeta de tipo ISO 179 como se muestra en la Figura 7, esta norma se utiliza para establecer la resistencia a la rotura por flexión (Fernando Villareal, 2018)

Figura 7

Medidas de la probeta para el ensayo de impacto (mm)



Nota. Tomado de (Pico, 2023)

Dimensiones:

Profundidad: 2.54mm 45° de abertura

Radio: 0.25 mm

Largo: 127 mm

Ancho: 12.7mm

Ensayos no destructivos

Los ensayos no destructivos se realizan en todo tipo de material ya sea metálico o plástico sin ocasionar ningún tipo de daño a las probetas analizadas, estos ensayos sirven para evaluar la integridad y las propiedades del material, siendo una herramienta excelente para realizar un control de calidad. (Atómica, 2022)

Tipos de ensayos no destructivos

Los métodos más comunes para realizar análisis no destructivos son los siguientes:

- Radiografía industrial
- Radiografía por ultrasonido
- Inspecciones por líquidos penetrantes
- Inspección por partículas magnéticas
- Ensayos por corrientes inducidas

Radiografía industrial

La radiografía industrial se utiliza para realizar ensayos en diferentes materiales y obtener resultados no visibles normalmente como grietas, fisuras, errores de fabricación o estructuras de tipo panal, los materiales se analizan por medio de rayos gamma, rayos X de onda corta y neutrones para penetrar el material y encontrar las discontinuidades del mismo. (Atómica, 2022)

Norma UNE – EN 12681-1

La normativa UNE – EN 12681-1 es europea, y centra sus objetivos en la radiografía industrial, dicha norma indica los procedimientos que se deben seguir para la detección de discontinuidades en el material, posterior a la toma de la radiografía se observan la densidad e irregularidades que presenta el material (Española, 2018)

Inspección por líquidos penetrantes

La inspección por líquidos penetrantes se realiza en una superficie del material la cual debe estar completamente limpia, posteriormente se coloca los líquidos penetrantes y se deja actuar el producto en un rango de tiempo de 10 a 15 minutos, posterior al reposo del líquido se aplica un revelador para verificar si la superficie tiene algún defecto o discontinuidad, este ensayo se realiza en materiales no porosos. (Ángel Ayón, 2015)

Norma ASTM-E-165-02

Esta norma analiza las discontinuidades por líquidos penetrantes en la superficie del material como, fisuras, costuras, fugas entre otras tanto para materiales metálicos como para materiales no metálicos. Las unidades establecidas como estándares son pulgadas-libras (Saavedra, 2020)

Radiografía por ultrasonido

Es un método de ensayo no destructivo es mecánico, detectan discontinuidades en la superficie y en el interior del material, además de espesores, zonas en las que existen corrosión del material, La radiografía por ultrasonido se realiza por medio de ondas generadas por el efecto piezoeléctrico. Las ondas que ingresan en el material son generadas por medio de vibraciones mecánicas, provocando una similitud con las ondas del sonido y tiene una frecuencia mayor a 20.000 Hz (Tovar, 2014)

Norma ASTM E797

La Norma ASTM 797 muestra los pasos y el procedimiento para realizar la calibración del equipo de ensayo en el caso de la radiografía por ultrasonido, esta norma mide los espesores de cualquier tipo de material por medio de un análisis de ultrasonido con contacto manual denominado pulso eco el cual no sobrepasa la temperatura de 200°F. Esta norma no define todos

los problemas de seguridad que tienen las probetas, el usuario debe proporcionar las limitaciones de uso del material. (M, 2010)

Homologación de espejos retrovisores

Para la homologación de los espejos retrovisores se necesita 4 muestras del tipo de retrovisor a implementar y cumplir con las siguientes características:

- Todo retrovisor debe ser regulable, el contorno del espejo debe estar rodeado por una carcasa, la cual debe ser superior o igual a 2,5 mm del tamaño del espejo en todas las direcciones.
- El área del espejo no debe ser menor de 69 cm² ni superior a 120mm x 200 mm , en espejos circulares el diámetro no debe ser inferior de 94 mm ni superior a 150 mm.
- El espejo debe tener forma esférica convexa
- Radio de curvatura del espejo se calcula mediante la siguiente fórmula

$$r = \frac{r_{p1} + r_{p2} + r_{p3}}{3}$$

Donde

rp1: Es el radio de curvatura en el primer punto de medición

rp2: Es el radio de curvatura en el segundo punto de medición

rp3: Es el radio de curvatura en el tercer punto de medición

Se debe tomar en cuenta que la diferencia entre cada uno de los radios de curvatura no debe ser superior a 0.15 r (Europea, 2012)

Capítulo III

Desarrollo

Diseño y fabricación de la matriz de probetas

El diseño de la matriz se realizó por medio de un programa de Software CAD, de acuerdo con las medias específicas en la descripción de las probetas normalizadas, dicha matriz se realizó mediante el mecanizado de un bloque de aluminio, el cual se muestra en la Figura 8.

Figura 8

Bloque de Aluminio



Nota. Tomado de (fabrication, 2020)

Para realizar el proceso de inyección del plástico la matriz debe tener una tapa como indica la Figura 9 para evitar filtraciones o cambios en la composición del material al momento de realizar la inyección.

Figura 9

Aluminio mecanizado



Nota. Tomado de (Pico, 2023)

Proceso de inyección del PP en la matriz

El proceso de inyección del material se realizó en una máquina de la empresa FU CHUN SHIN que tiene varias líneas de maquinaria de moldeo por inyección, en este proyecto se utilizó la maquina FU CHUN SHIN auto modelo FT110 que se muestra en la Figura 10. (Hank Wu, 2020)

Figura 10

Máquina FU CHUN SHIN auto modelo FT110



Nota. Tomado de (Pico, 2023)

Posteriormente se procedió a colocar la matriz en la máquina inyectora que se muestra en la Figura 11, después se procedió a inyectar el polipropileno reciclado luego de ser sometido a una temperatura de inyección de 197°C y una presión de 63 psi para mantener a la matriz sellada. Se inyectó 80 gr de material en un tiempo de 4 segundos.

Figura 11

Inyección del Polipropileno

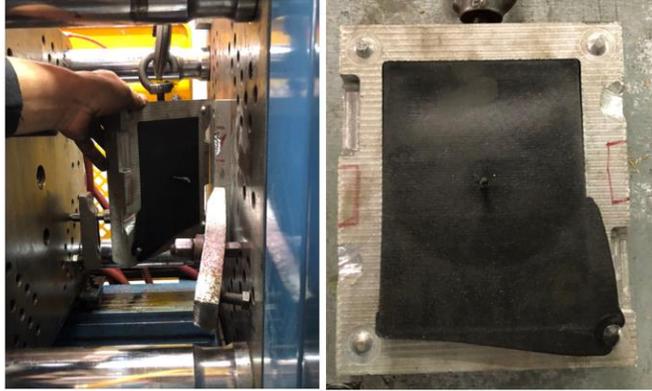


Nota. Tomado de (Pico, 2023)

Finalizado el procedimiento de inyección se dejó reposar la matriz por 24 segundos tiempo en el que se enfría la misma. La máquina se abre cuando la matriz esta lista para ser removida como se muestra en la Figura 12.

Figura 12

Remoción de la matriz inyectada



Nota. Tomado de (Pico, 2023)

Finalmente se procedió a desmoldar las probetas inyectadas de la matriz por medio de aire a presión. Y se obtuvo la probeta de la Figura 13.

Figura 13

Inyección de probetas



Nota. Tomado de (Pico, 2023)

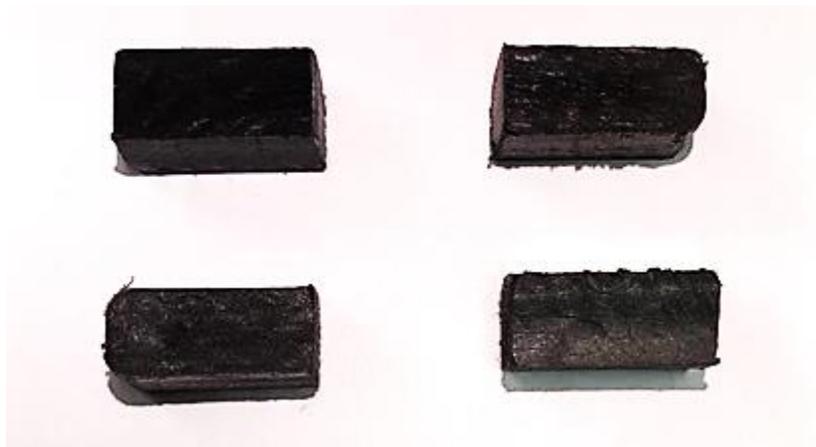
Análisis Destructivos

Probetas para realizar el ensayo de compresión

Los ensayos de compresión se realizaron en probetas inyectadas bajo las especificaciones de la norma ASTM D695-15 la cual describe el método de prueba estándar para las propiedades de compresión de plásticos rígidos, las medidas de la probeta esta definidas según la norma. La Figura 14 muestra las probetas utilizadas para el ensayo de compresión.

Figura 14

Probetas para el análisis de compresión



Nota. Tomado de (Pico, 2023)

Para el análisis de compresión se realizó en 5 probetas como se muestra en la Figura 15 con ayuda la máquina de ensayos universal para metales Metro Test 1500 N Modelo: STH-1500 S/C a una velocidad de 1.3 mm/min. En promedio de las pruebas realizadas se obteniendo los siguientes resultados:

- Fuerza máxima (F): 6540 N
- Fuerza de fluencia (σ_Y): 45.15 MPa

- Esfuerzo máximo de compresión (σ_{max}): 37.057 MPa
- Porcentaje de deformación (α): 17.213 %
- Modulacón de elasticidad (E): 266.85 MPa

Probetas para el ensayo de dureza

El ensayo de dureza se realizó con las especificaciones de la norma ASTM D2240-15 Método de prueba estándar para las propiedades del caucho, cuyas dimensiones se especifican en la norma.

Figura 15

Probetas para el análisis de dureza



Nota. Tomado de (Pico, 2023)

Se entregaron 5 probetas para el ensayo de dureza, el cual se ejecutó con la normativa D2240-15, la prueba se realizó de manera manual con el equipo Durómetro SHORE a una velocidad de indentación de 1s con una temperatura de 25.2°C y humedad relativa de 41.3%. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

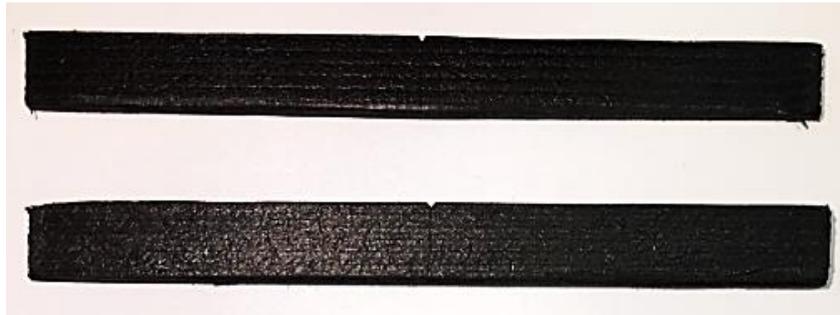
- Dureza SHORE (D): 73.4
- Desviación estándar (S_{n-1}): 0.42
- Coeficiente de variación (CV): 0.57

Probetas para el ensayo de Impacto

Para realizar el ensayo de impacto las probetas deben tener una muesca en “V” como indica la Figura 16, las medidas se especifican en la muestra y están tomadas norma ASTM D6110-18 Método de prueba estándar para determinar la resistencia al impacto Charpy de muestras entalladas de plásticos.

Figura 16

Probetas para el análisis de impacto



Nota. Tomado de (Pico, 2023)

Al igual que los ensayos anteriores se analizaron 5 probetas de polipropileno bajo las especificaciones de la norma ASTM D6110-18, con la máquina de ensayo de impacto Charpy modelo IC-25/IA serie 1986M002. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

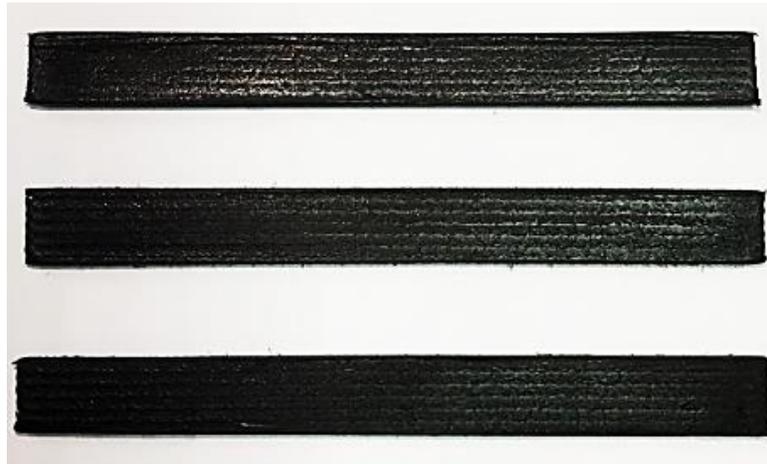
- Energía de ruptura (τ): 0.16 J
- Resistencia al impacto: $15.983 \frac{J}{m}$
- Resistencia al impacto: $6.234 \frac{J}{m^2}$

Probetas de flexión

Las probetas utilizadas para el ensayo de flexión tienen las dimensiones que se muestran en la norma ASTM D-790: B y se muestran en la Figura 17.

Figura 17

Probetas para el análisis de flexión



Nota. Tomado de (Pico, 2023)

Se analizaron 5 muestras de la probeta para el ensayo de flexión a tres puntos, se utilizó la máquina Instron modelo 3365 a una velocidad de 20 mm/min, temperatura de 23°C y una humedad relativa del 50, las muestras no fallaron antes del 5% de deformación. Los datos obtenidos fueron:

- Modulo elástico: 1474 +- 74.9 Mpa
- Esfuerzo de flexión al 5% de elongación: 43.6 +-1.6 MPa

Probetas para realizar el ensayo de tracción

Los ensayos de tracción se realizaron en probetas inyectadas bajo las especificaciones de la norma ASTM D-638 para obtener el valor el módulo de tracción y la deformación de la probeta. La Figura 18 muestra las probetas utilizadas para el ensayo de tracción.

Figura 18

Probetas para el análisis de tracción



Nota. Tomado de (Pico, 2023)

Se analizaron 5 muestras de la probeta tipo halterio para el desarrollo del ensayo de tracción se utilizó una máquina universal Metrotec 50 KN a una velocidad de 50 mm/min. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Esfuerzo máximo de tracción: 29.67 Mpa
- Fuerza máxima: 2024.5 N
- Módulo de elasticidad: 149.991 MPa
- Porcentaje de elongación: 20.418 %

Análisis no destructivos

Probetas para la inspección con tintas penetrantes

Las probetas utilizadas para el ensayo de tintas penetrantes tienen las dimensiones que se muestran en la Figura 19.

Figura 19

Medidas de la probeta para el ensayo de tintas penetrantes (mm)

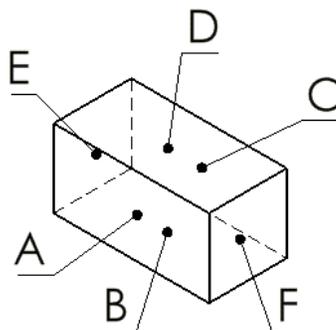


Nota. Tomado de (Pico, 2023)

Las probetas cuentan con 6 caras, la denominación de cada una de ellas se muestra en la Figura 20, dicha denominación se utilizó con todas las probetas para el ensayo de inspección con tintas penetrantes.

Figura 20

Detalle de la denominación de las caras de las probetas



Nota. Tomado de (Pico, 2023)

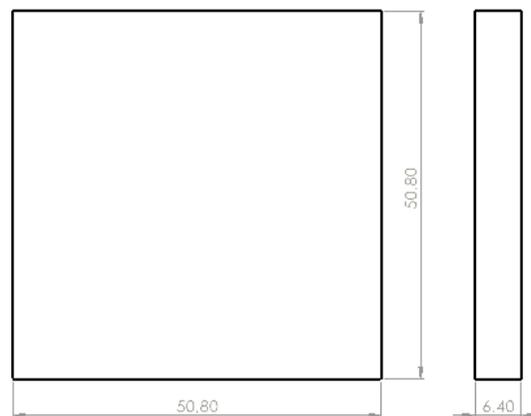
Se analizaron 5 muestras de la probeta por medio de la técnica visible con el procedimiento LEND-PT, el removedor, el líquido penetrante y el revelador son de la marca MetalCheck, la temperatura utilizada para el ensayo fue de 18°C y el tiempo de ejecución de esta prueba fue de 22 minutos.

Ensayo no destructivo mediante ultrasonido- medición de espesores

La Figura 21 muestra las medidas de las probetas utilizadas en el ensayo no destructivo mediante ultrasonido.

Figura 21

Medidas de la probeta para el ensayo de ultrasonido (mm)



Nota. Tomado de (Pico, 2023)

El ensayo no destructivo mediante ultrasonido fue realizado con las características y equipos detallados a continuación:

- **Equipo:** SIUI
- **Serie:** M06320220107 R
- **Modelo:** SMARTOR
- **Serie interna:** LEND -UT-ME

El transductor tiene las siguientes características:

- **Marca:** SIUI
- **Modelo:** TGM5-10L
- **Serie:** 52200671R
- **Serie interna** LEND-TB-ME
- **Frecuencia** 3.5 MHZ
- **Dimensiones:** diámetro 12

Parámetros de inspección

Los parámetros de inspección colocados en la máquina fueron los siguientes:

- **Ganancia:** 50 Db
- **Primer elemento:** 10mm
- **Ultimo Elemento:** 12,5 mm
- **Pero se apertura:** 2
- **Angulo de detección:** 90°
- **Velocidad:** 3000m/s
- **Modo:** pulso Eco
- **Técnica:** Medición de espesores
- **Tipo de inspección:** UT convencional

Inspección Visual

El ensayo de inspección visual se realizó con las probetas descritas en la Figura 19 con un peso de 7,41 g, para dicha inspección se utilizó los siguientes equipos:

- **Radiómetro:** Visible Light Meter
- **Equipo de medición;** Calibrador pie de rey
- **Distancia de inspección:** 30 cm
- **Angulo de inspección:** 90°
- **Descripción:** Elemento de Polipropileno

Metodología

Modalidad de la Investigación

La presente investigación tiene como finalidad el análisis mediante pruebas destructivas y no destructivas de una autoparte manufacturada en nuestro país, para determinar sus propiedades mecánicas y químicas, se aplicaron dos métodos de investigación, inicialmente el método descriptivo, el mismo que inspecciona el rendimiento de trabajos anteriores, a través de datos históricos. Para esta investigación era necesario un estudio previo al método científico, pues se precisaba de datos ya establecidos como propiedades físicas, químicas y mecánicas del material.

Otro método utilizado es el científico experimental, este método evidencia la eficacia del análisis mediante los ensayos destructivos y no destructivos de laboratorio que se realizaron a las probetas con el polímero reciclado, es primordial que se elabore la etapa de experimentación ya que mediante esto se obtiene las conclusiones del estudio.

Técnicas de recolección de la información

Las principales técnicas de la investigación descriptiva son:

- **Estudio de caso**

En el estudio de caso se investigó a profundidad las normativas que corresponden a polímeros, tipos de ensayos destructivos y no destructivos, propiedades físicas, químicas y mecánicas del polipropileno reciclado.

- **Observación**

Permite obtener información cuantitativa o cualitativa, en este caso se consiguió datos cuantitativos ya que los resultados de las pruebas son valores numéricos que corresponden a las características del polímero.

Las técnicas del método científico experimental que se utilizaron son:

- **Experimental**

La técnica experimental permite verificar la hipótesis, con las condiciones dadas en el presente estudio

- **Análisis de contenido**

Se apoya en la lectura como método de recolección de datos, debe ser sistemática, objetiva, replicable y válida en otras palabras cumplir con el método científico.

- **Técnicas Secundarias**

Son aquellas técnicas que permiten al investigador obtener datos de diferentes documentos.

Capítulo IV

Resultados y discusión

Para realizar el análisis comparativo de resultados del presente proyecto se estudió las probetas realizadas de la autoparte por medio del ensayo de compresión, al igual que la autoparte original se analizó por el mismo método de ensayo destructivo, a más de comparar los resultados obtenidos en los diferentes ensayos destructivos y no destructivos realizados al material polipropileno el cual está constituido con 20% de material virgen y 80 % de material reciclado.

Resultados del ensayo de compresión en la autoparte

Se analizó 5 muestras de la autoparte mediante un ensayo cuantitativo en la máquina de ensayos universal para metales metro test 1500KN, con una velocidad de ensayo de 10 mm/min obteniendo los resultados mostrados en la Tabla 3.

Tabla 3

Resultados del ensayo de compresión de las probetas de la autoparte

Propiedades del PP compresión				
Probetas	Esfuerzo máximo de compresión (MPa)	Fuerza de fluencia (N)	Esfuerzo de fluencia (MPa)	Fuerza máxima (N)
1	1,11	900	0,83	1200
2	1,71	1450	1,34	1850
3	1,53	1250	1,16	1650
4	1,76	1350	1,25	1900

Probetas	Esfuerzo máximo de compresión (MPa)	Fuerza de fluencia (N)	Esfuerzo de fluencia (MPa)	Fuerza máxima (N)
5	1,85	1350	1,25	2000
Promedio	1,59	1260	1,165	1720
Desviación estándar	0,29	213,3	0,197	317,41

Nota. Tomado de (Pico, 2023)

Al realizar el análisis de las probetas de la autoparte se observa una variación en los resultados de las diferentes probetas y en promedio de estas se obtuvo un esfuerzo máximo de compresión de 1,59 MPa, una fuerza de fluencia de 1260 N y un esfuerzo de fluencia de 1,165 MPa.

La Tabla 4 muestra los resultados obtenidos en el ensayo de compresión del retrovisor original del Toyota Stout.

Tabla 4

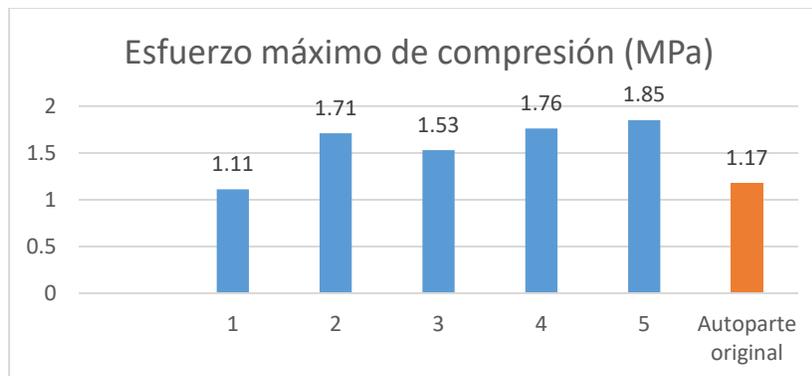
Resultados del ensayo de compresión la autoparte original

Propiedades del PP compresión				
Probetas	Esfuerzo máximo de compresión (MPa)	Fuerza de fluencia (N)	Esfuerzo de fluencia (MPa)	Fuerza máxima (N)
Autoparte original	1,17	1400	0,76	2150

Nota. Tomado de (Pico, 2023)

Figura 22

Gráfico de los resultados del esfuerzo máximo de compresión

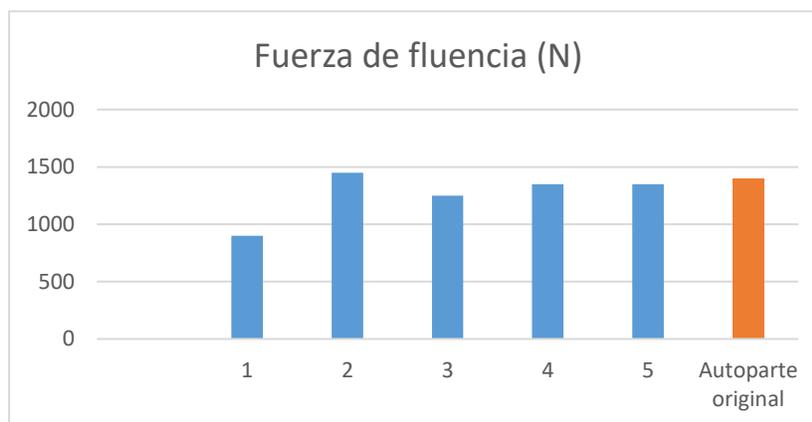


Nota. Tomado de (Pico, 2023)

Los resultados obtenidos del esfuerzo máximo de compresión de las probetas del retrovisor mostraron que solamente la probeta 1 tiene un valor menor al valor determinado en el ensayo de la autoparte como indica la Figura 22, siendo 1,17 MPa el valor indicado por la autoparte.

Figura 23

Gráfico de los resultados de la fuerza de fluencia.

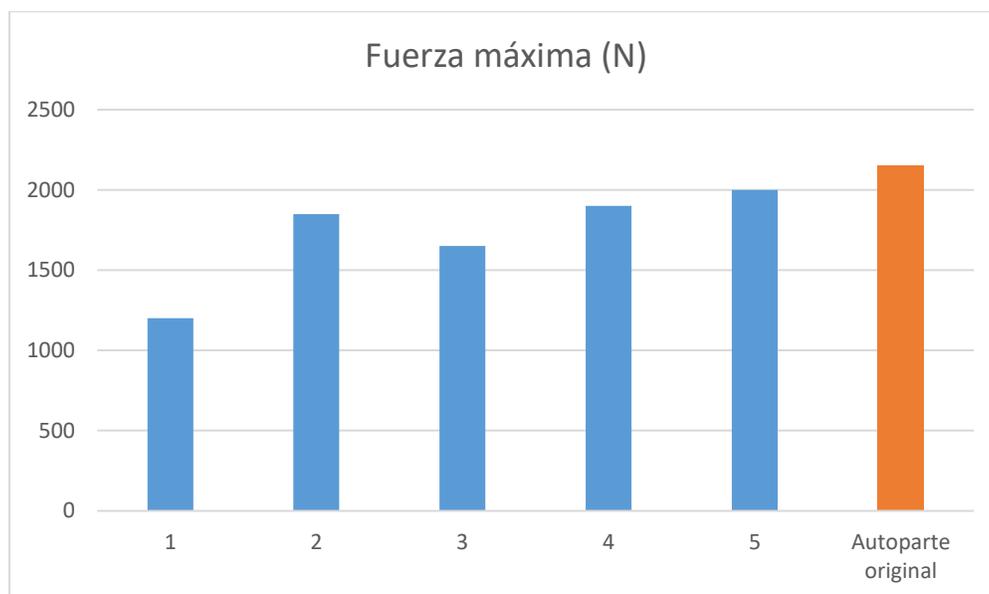


Nota. Tomado de (Pico, 2023)

La Figura 23 muestra los resultados de la fuerza de fluencia en las probetas de polipropileno y en la autoparte original constituida por ABS, en este caso solamente la probeta 2 tiene un valor mayor que la autoparte original siendo este de 1450 N mientras que la autoparte tiene un valor de 1400 N.

Figura 24

Gráfico de los resultados de la fuerza máxima de compresión

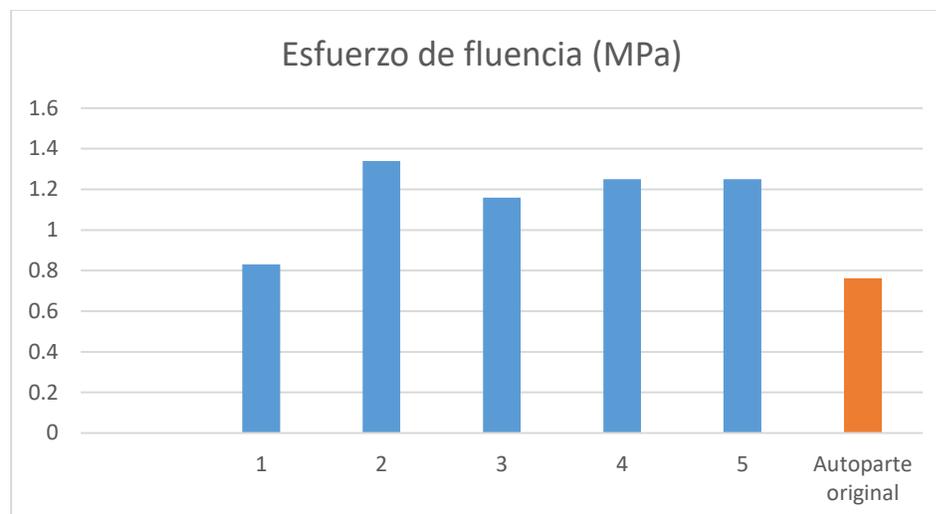


Nota. Tomado de (Pico, 2023)

En cuanto a la fuerza máxima utilizada en promedio de las 5 probetas fue de 1720 N, como muestra la Figura 24, sin embargo, el retrovisor original soporta una fuerza máxima de 2150 N, siendo superior a los datos obtenidos de las probetas de polipropileno.

Figura 25

Gráfico de los resultados del esfuerzo de fluencia



Nota. Tomado de (Pico, 2023)

Caso contrario ocurre en los resultados del esfuerzo de fluencia ya que todas las probetas analizadas tuvieron un valor mayor a los datos obtenidos de la autoparte original siendo este valor de 0,76 como indica la Figura 25.

Resultados de los ensayos destructivos en el polipropileno reciclado

Tabla 5

Resultados del PP a compresión

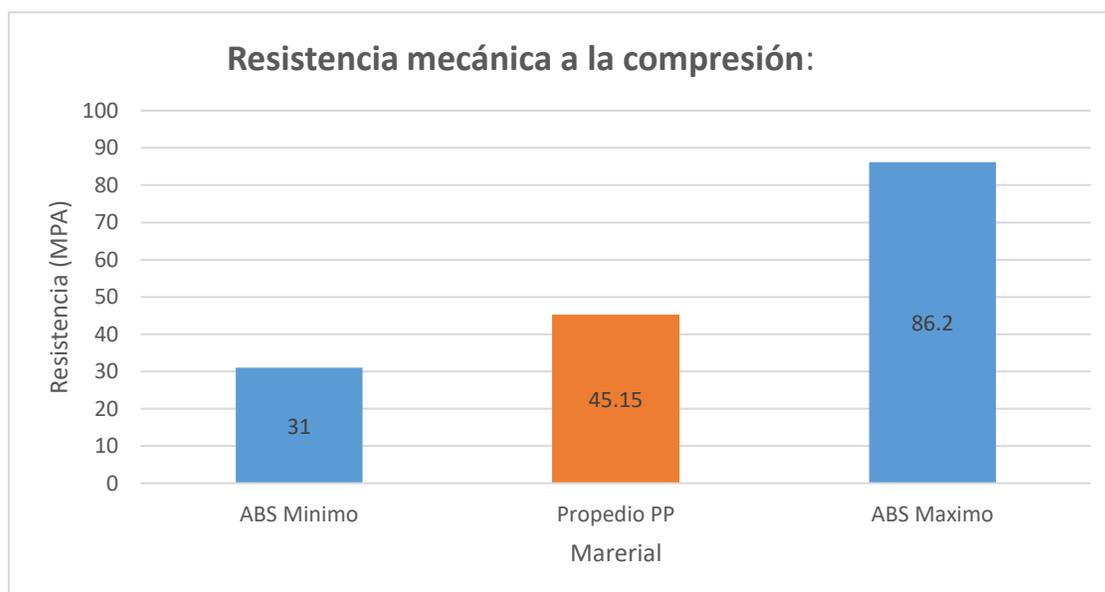
Propiedades del PP reciclado compresión	
Probetas	Esfuerzo máximo de compresión (MPa)
1	46,18
2	45,24
3	45,20
4	44,52

Probetas	Esfuerzo máximo de compresión (MPa)
5	44,62
Promedio	45,151
Desviación estándar	0,661

Nota. Tomado de (Pico, 2023)

Figura 26

Gráfico de la resistencia a la compresión del ABS y el PP reciclado



Nota. Tomado de (Pico, 2023)

El resultado del ensayo de compresión de las probetas de Polipropileno reciclado muestra un valor promedio de resistencia a la compresión de 45,15 Mpa, dicho valor está dentro del rango permisible de resistencia a la compresión que tiene el ABS.

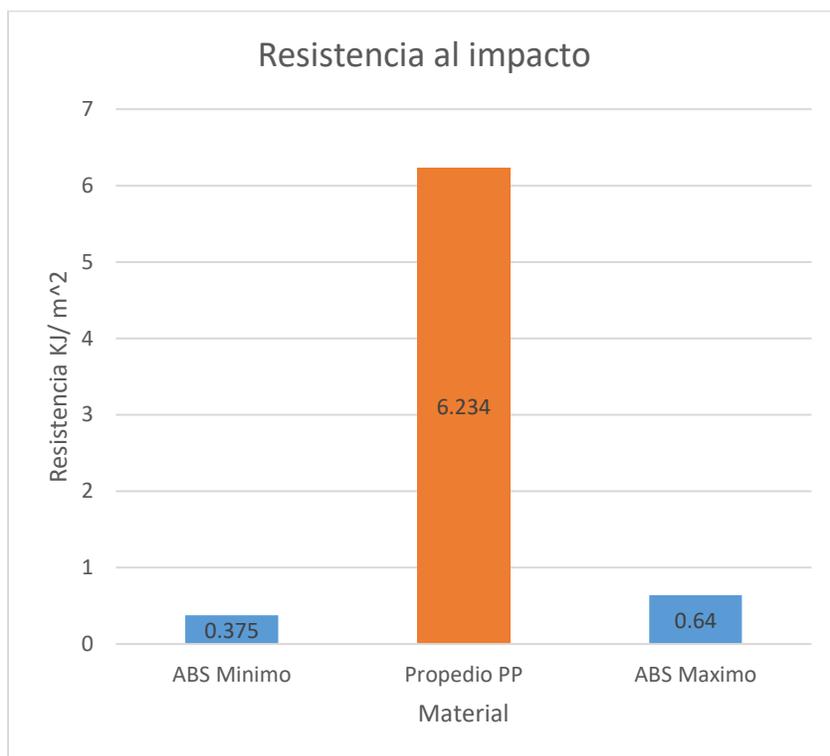
Resultados del ensayo de impacto**Tabla 6***Resultados del PP a impacto*

Propiedades del PP impacto	
Probetas	Resistencia al impacto (KJ/m²)
1	5,145
2	7,399
3	6,413
4	4,698
5	7,516
Promedio	6,234
Desviación estándar	1,282

Nota. Tomado de (Pico, 2023)

Figura 27

Gráfico de la resistencia al impacto del ABS y el PP reciclado



Nota. Tomado de (Pico, 2023)

Figura 27 muestra el gráfico comparativo entre los valores máximos y mínimos de la resistencia al impacto del ABS, dichos valores son 0,375 y 0.64 MPa respectivamente, frente al resultado del polipropileno siendo 6,234 MPa, dicho resultado supera en un 89.73% valor máximo del ABS.

Resultados de los análisis no destructivos prueba de dureza SHORE

Tabla 7

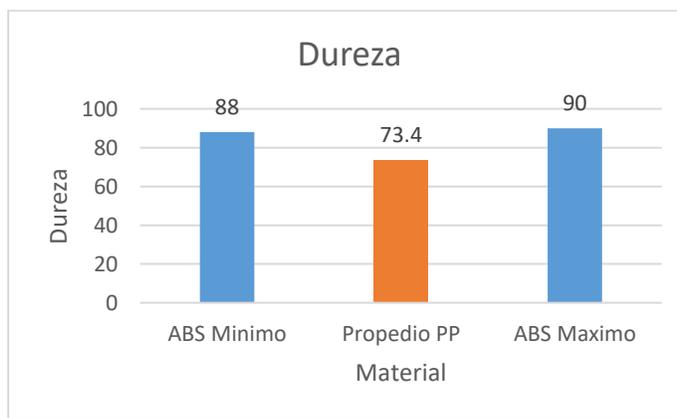
Resultados del PP reciclado en dureza

Propiedades del PP reciclado dureza	
Probetas	Dureza SHORE (D)
1	74
2	73
3	73,5
4	73
5	73,5
Promedio	73,4
Desviación estándar	0,42

Nota. Tomado de (Pico, 2023)

Figura 28

Gráfico de la Dureza SHORE del ABS y el PP reciclado



Nota. Tomado de (Pico, 2023)

Los resultados de la Dureza SHORE están dados en la escala D, siendo esta la escala utilizada para trabar con materiales plásticos, este ensayo evidenció que la dureza del polipropileno está por debajo del valor mínimo del ABS como muestra la Figura 28 el polipropileno tiene 73,4 D y el valor mínimo de dureza del ABS es de 88 D.

Resultados del ensayo a tracción

Tabla 8

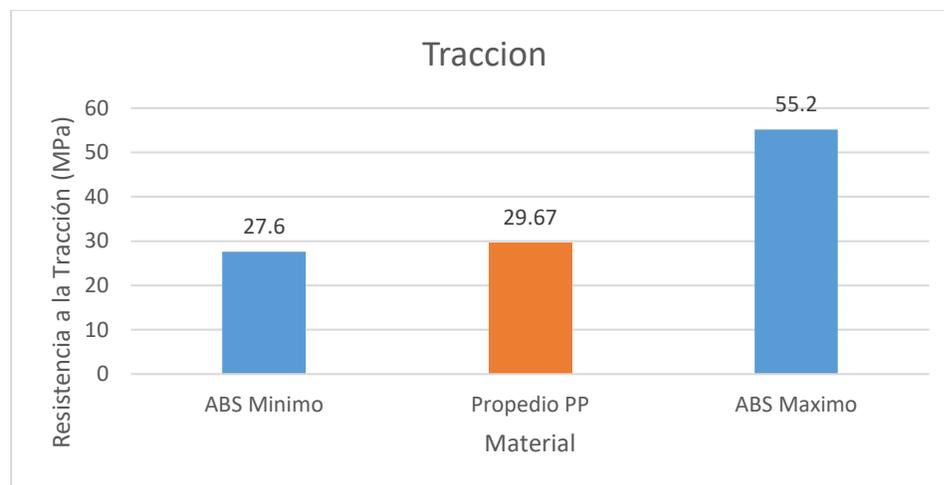
Resultados del PP reciclado a tracción

Propiedades del PP reciclado tracción	
Probetas	Esfuerzo máximo de tracción (Mpa)
1	29,55
2	26,35
3	30,88
4	30,71
5	30,87
Promedio	29,67
Desviación estándar	1,938

Nota. Tomado de (Pico, 2023)

Figura 29

Gráfico de los resultados de esfuerzo a tracción del PP reciclado y del ABS



Nota. Tomado de (Pico, 2023)

Al igual que los resultados del ensayo de compresión, la resistencia a la tracción del polipropileno está en el rango de los valores mínimos y máximos del ABS a tan solo 2,07 MPa sobre el valor mínimo, como se observa en la Figura 29.

Resultados de los análisis no destructivos a flexión

Tabla 9

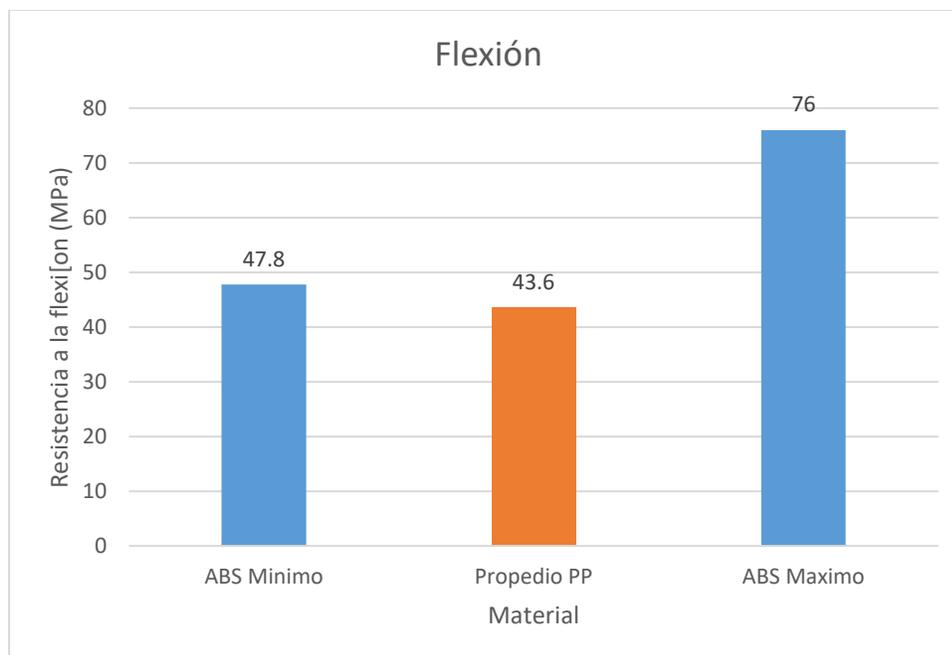
Resultados del PP reciclado a flexión

Propiedades del PP flexión		
Probetas	Módulo elástico (Mpa)	Esfuerzo de flexión al 5% de elongación (MPa)
Promedio	1474 ± 74,9	43.6±1,6

Nota. Tomado de (Pico, 2023)

Figura 30

Gráfico de los resultados del ensayo a flexión del PP reciclado



Nota. Tomado de (Pico, 2023)

En cuanto a los valores obtenidos de resistencia a la flexión se evidencio que el polipropileno tiene una resistencia mejor que el ABS ya que el resultado fue de 43.6 MPa como se indica en la Figura 30, siendo este valor 4,2 MPa por debajo del valor mínimo que presenta el ABS.

Resultados de los análisis no destructivos

Inspección por líquidos penetrantes probeta 1

Tabla 10

Resultados de discontinuidad de la probeta 1

Probeta 1		
Lado/cara	Tipo de discontinuidad	Medida (mm)
A		
B		
C		
D	Fisura	10,35
E	Poros	1,8
F		

Nota. Tomado de (Pico, 2023)

Figura 31

Caras D y E con las discontinuidades fisura y poro



Nota. Tomado de (Pico, 2023)

La Tabla 10 muestra los resultados obtenidos de la probeta número 1, los lados A, B, C y F no presentan ningún tipo de discontinuidad, sin embargo, existe una fisura en la cara D de 10,35 mm y un poro en el lado E de 1,8 mm como indica la Figura 31, por dichas discontinuidades la probeta 1 es rechazada.

Inspección por líquidos penetrantes probeta 2

Tabla 11

Resultados de ensayo de líquidos penetrantes de la probeta 2

Probeta 2		
Lado/cara	Tipo de discontinuidad	Medida (mm)
A		
B	Fisura	8,52
C		
D		
E	Poro	1,5
F		

Nota. Tomado de (Pico, 2023)

Figura 32

Fisura en la cara B y poro en la cara E



Nota. Tomado de (Pico, 2023)

Al analizar la segunda probeta se detectaron discontinuidades en las caras B y E siendo una fisura de 8,52 mm y un poro de 1.5 mm respectivamente, como muestra la Figura 32, las otras caras de la probeta no presentaron ningún tipo de discontinuidad estos datos se muestran en la Tabla 11, la segunda probeta fue rechazada por presencia de discontinuidades en la misma.

Resultados del ensayo en la probeta 3

Tabla 12

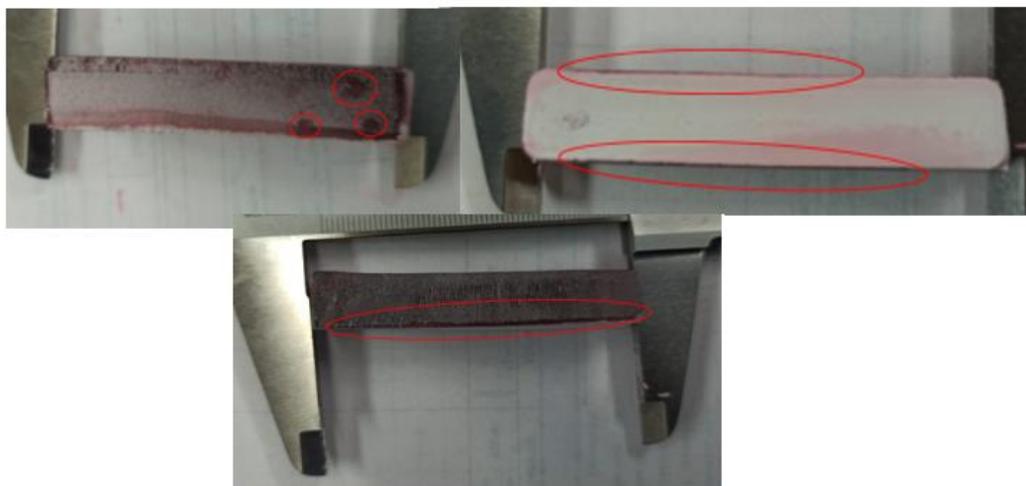
Resultados de discontinuidad de la probeta 3

Probeta 3		
Lado/cara	Tipo de discontinuidad	Medida (mm)
A	Rugosidad Excesiva	47,4
	Rugosidad Excesiva	31,7
B	Rugosidad Excesiva	60,5
C	Rugosidad Excesiva	61,2
	Poro	2,4
	Poro	3,2
	Poro	1,8
D		
E		
F		

Nota. Tomado de (Pico, 2023)

Figura 33

Detalle de las caras C, A, B con sus respectivas discontinuidades



Nota. Tomado de (Pico, 2023)

En el caso de la probeta 3 se presentan discontinuidades de rugosidad excesiva en las caras A, B, C, además de porosidad en la cara C de 2,4mm, 3,2 mm y 1,8 mm como muestra la Tabla 12, dichas discontinuidades se pueden observar en la Figura 33.

Discontinuidades presentes en la probeta 4

Tabla 13

Resultados de discontinuidad de la probeta 4

Probeta 4		
Lado/cara	Tipo de discontinuidad	Medida (mm)
A	Porosidad	1,1
	Porosidad	0,80
	Porosidad	1,30
	Porosidad	0,50

Lado/cara	Tipo de discontinuidad	Medida (mm)
	Poros	1,06
	Poros	0,30
B	Poros	0,20
	Poros	0,30
	Poros	0,20
C	Fisura	12,74
	Poros	1,20
	Rugosidad Excesiva	61,10
D	Poros	2,10
	poro	0,42
E		
F		

Nota. Tomado de (Pico, 2023)

Figura 34

Detalle de las discontinuidades de la probeta 4



Nota. Tomado de (Pico, 2023)}

En la Figura 34 se puede observar las discontinuidades de la probeta 4, la cual presenta una fisura de 12,74 mm en la cara C, doce poros siendo el más grande de 2,1 mm en la cara D y además presenta la cara C completamente con rugosidad excesiva, la Tabla 13 muestra los valores de dichas discontinuidades.

Resultados del ensayo en la probeta 5

Tabla 14

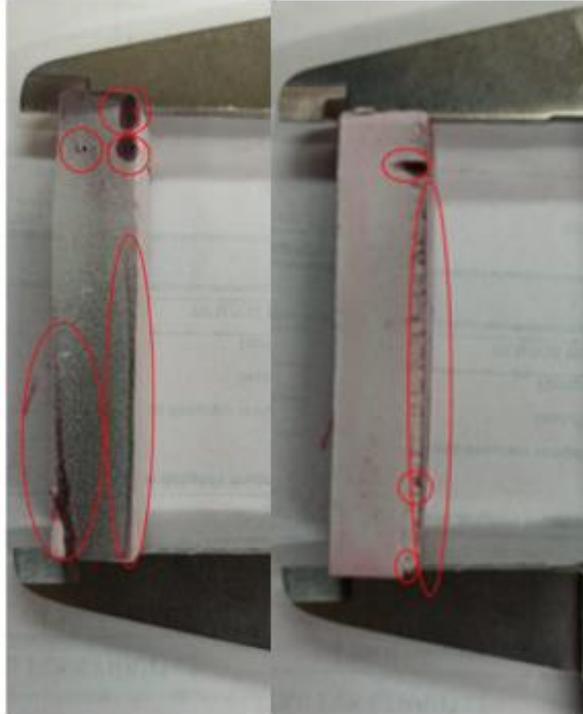
Resultados de discontinuidad de la probeta 5

Probeta 5		
Lado/cara	Tipo de discontinuidad	Medida (mm)
A	Poros	3,2
	Poros	2,05
	Poros	0,25
	Poros	0,18
	Fisura	43,2
	Rugosidad Excesiva	36,39
B	Fisura	6,83
	Rugosidad Excesiva	55,39
	Poros	1,48
	Poros	0,59
C		
D		
E		
F		

Nota. Tomado de (Pico, 2023)

Figura 35

Presencia de discontinuidades en las caras A y B



Nota. Tomado de (Pico, 2023)

La probeta 5 presenta 4 poros, una fisura y rugosidad excesiva en la cara A, además la cara B tiene una fisura, rugosidad excesiva y 2 poros, los valores de cada una de estas discontinuidades se presentan en la Tabla 14, mientras que la Figura 35 muestra la cara A y la cara B con los poros, fisuras y rugosidades.

Debido a los parámetros de aceptación de las probetas todas fueron descartadas, ya que presentan 2 o más discontinuidades en su consistencia. Los parámetros fueron establecidos de acuerdo con la utilidad y funcionalidad del material en la autoparte.

Resultados del ensayo por ultrasonido

Al someter la probeta al ensayo por medio del ultrasonido se evidenciaron varias irregularidades en cuanto al espesor de la probeta como muestra la Figura 36, donde se observa la fluctuación del espesor y discontinuidades internas del material

Figura 36

Espesores de la probeta para el ensayo de ultrasonido (mm)



Nota. Tomado de (Pico, 2023)

La probeta al no presentar un espesor constante y evidenciarse varias discontinuidades internas del material, este elemento fue rechazado por el ensayo de ultrasonido.

Resultado del ensayo por Inspección visual

Para el ensayo de inspección visual se utilizó un calibrador pie de rey, una distancia de inspección de 30 cm, los resultados de esta prueba se muestran en la Tabla 15

Tabla 15*Resultados del examen de inspección visual en la probeta*

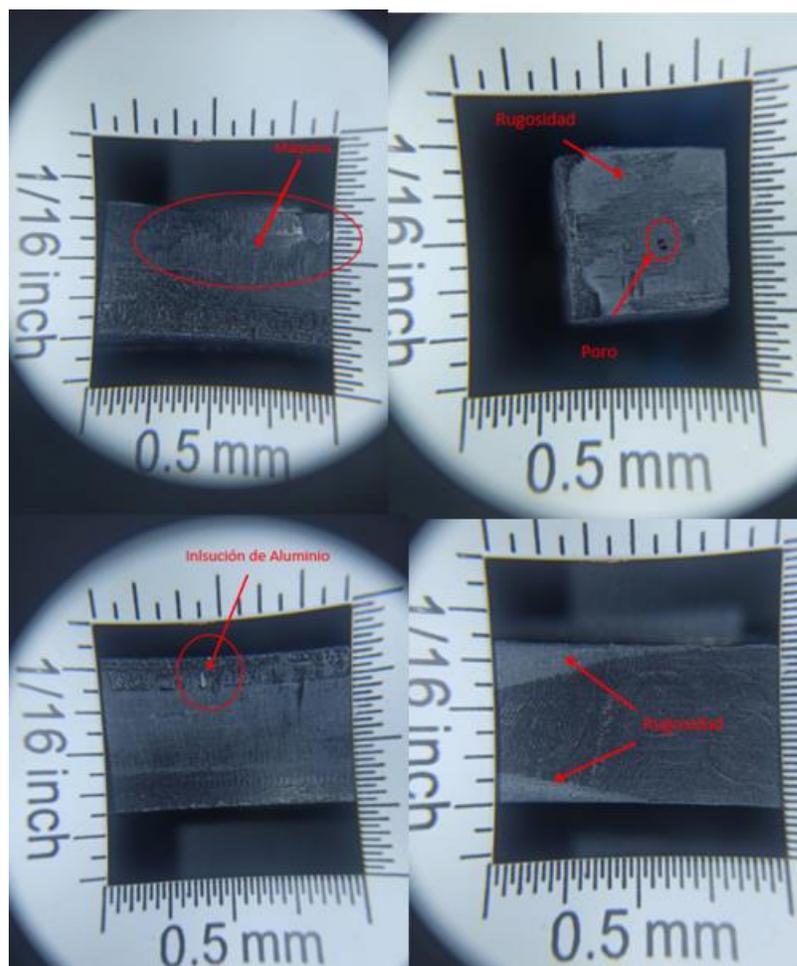
Probeta		
Lado/cara	Tipo de discontinuidad	Medida (mm)
A	Rugosidad	20
	Marcas de maquinado	12,5
	Rugosidad	
	Rugosidad	16,25
	Rugosidad	20
	Poros	16,5
B	Nido de poros	0,5
	Rugosidad	14,5
	Rugosidad	20
	Rugosidad	20
	Poros	16
C	Inclusión de escoria	0,5
	Rugosidad	1,5
D	Rugosidad	17
	Rugosidad	12
	Rugosidad	20
E	Nido de poros	11,5
	Rugosidad	1,5
F		5

Nota. Tomado de (Pico, 2023)

El ensayo de inspección visual indico que el elemento no presenta caras completamente planas ya que en todas las caras se observaron leves curvas. También se encontraron marcas de maquinado de 12,5 mm y rugosidad en la cara A, poros, nidos de poros y rugosidad en la cara B, escoria y un poro en la Cara C, la cara D presenta rugosidad la de mayor dimensión tiene 20mm, la cara E muestra rugosidad de 11,5 mm y un nido de poros de 1,5 mm, finalmente la cara F presento una rugosidad de 5mm como se muestra en la Figura 37.

Figura 37

Presencia de irregularidades en la probeta durante el ensayo de inspección visual



Nota. Tomado de (Pico, 2023)

La probeta de polipropileno reciclado fue rechazada en el análisis de inspección visual ya que los poros dentro del material debilitan la estructura del elemento, y al tener las superficies con varias irregularidades, un mal acabado entre otras discontinuidades afecta en la calidad del material.

Capítulo V

Marco administrativo

Financiamiento

El presente trabajo fue autofinanciado por los investigadores a continuación, se detalla los recursos económicos, humanos y materiales utilizados en el desarrollo de este proyecto.

Recursos Humanos

Son todas las personas que colaboraron en diferentes áreas para el desarrollo del presente proyecto.

Tabla 16

Recurso humano

Nombre	Función
Pico Solís, Ana Graciela	Investigadora
Solís Santamaria, Santiago Isaac	Tutor

Nota. Tomado de (Pico, 2023)

Recursos materiales

Se procede a detallar los equipos y herramientas que fueron utilizadas en el desarrollo de este proyecto.

Tabla 17*Recursos materiales*

Detalle	Cantidad
Fresadora CNC	1
Maquina inyectora	1
Equipos para ensayos destructivos y no destructivos normados	7
Computador	1
Software CAD	2

Nota. Tomado de (Pico, 2023)

Recursos Económicos

Los recursos económicos utilizados en el desarrollo del presente proyecto se describen en la Tabla 18.

Tabla 18*Recursos económicos*

Detalle	Cantidad (\$)
Bloque de Aluminio	47,95
Inyección del polipropileno	100
Ensayo de impacto	22,4
Ensayo de compresión	89,6
Ensayo de dureza SHORE	16,8
Ensayo de flexión a tres puntos	67,2

Detalle	Cantidad
Ensayo de tracción	72,24
Ensayo de compresión en la autoparte	100,80
Kit de líquidos penetrantes	60
Movilidad	100
Inspección visual	44,8
Ensayo de Ultrasonido	56
Ensayo de Radiografía	89,6
Ensayo de tintas penetrantes	56
Gastos varios	100
TOTAL	1023.39

Nota. Tomado de (Pico, 2023)

Capítulo VI

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

Por medio del ensayo destructivo de compresión realizado a la autoparte fabricada con polipropileno reciclado el cual está compuesto de 20% PP virgen y 80% del PP reciclado, se determinó que la fuerza máxima promedio que resistió el retrovisor fue de 1260 N, siendo esta menor que la fuerza resistente de la autoparte original la cual fue fabricada con ABS, caso contrario sucede con el esfuerzo máximo de compresión ya que el retrovisor de polipropileno reciclado sobrepaso con 36,76 % al valor del retrovisor de ABS.

A través de ensayos destructivos realizados al polipropileno reciclado se determinó lo siguiente, en el ensayo de compresión el valor obtenido es de 45,15 MPa este dato se encuentra dentro del rango permisible de compresión del ABS [min: 31 – max: 86.2] MPa. En cuanto al resultado conseguido en el ensayo de impacto se evidencia que el PP reciclado es 89,7% mayor que el ABS. La resistencia a la tracción alcanzada es de 29,67 MPa y al igual que la compresión se encuentra dentro del rango permisible, por el contrario, en las pruebas de dureza SHORE y flexión el PP reciclado no llegó al valor mínimo requerido por el ABS, siendo 88 MPa y 47,8 MPa los valores mínimos correspondientes.

En base a los ensayos no destructivos realizados a las probetas de polipropileno reciclado se observó que el material presenta discontinuidades como fisuras, poros, nido de poros, marcas de maquinado, escoria, rugosidad excesiva y un espesor no uniforme, de acuerdo a los parámetros de revisión el proceso de inyección de material no es apto para realizar este tipo de autopartes, ya que presentar discontinuidades excesivas afectan a la calidad y funcionamiento del producto final.

Después de investigar normativas nacionales e internacionales para ensayos destructivos se concluyó que era necesario aplicar normativa internacional ASTM en cada ensayo, pues cada prueba debe cumplir diferentes parámetros, en el caso del ensayo de flexión la norma utilizada es ASTM D-790:B, para compresión ASTM D695-2015, con el propósito de obtener la dureza SHORE se aplicó la norma ASTM D2240-15, así mismo la normativa ASTM D6110-18 ayudo a encontrar la resistencia al impacto, finalmente para determinar la resistencia a la tracción se empleó la ASTM D638-2022. Las normas mencionadas anteriormente proporcionaron especificaciones técnicas como dimensiones, forma, número de probetas indispensables al momento de realizar el ensayo correspondiente. Además, se determinó que no existen normativas nacionales para este tipo de estudios.

Recomendaciones

Mediante el trabajo realizado se recomienda variar el porcentaje de polipropileno virgen y reciclado para mejorar los resultados de los ensayos destructivos y obtener una mejor combinación del material.

Se recomienda realizar un acabado fino de la matriz ya que, al tener irregularidades en la misma, la probeta presenta marcas de maquinado, que afectan al correcto análisis del material, además de evitar que esta tenga escoria en su interior.

Se recomienda realizar la matriz de las probetas con un material diferente al aluminio, para corroborar los resultados y determinar que el material de la matriz no influye en los resultados de los ensayos realizados en las probetas.

En base al estudio realizado se recomienda realizar una matriz para cada probeta de acuerdo con la norma que se va a emplear, para facilitar la obtención de probetas, ya que al realizar una matriz en general de todas provoca inconvenientes al momento de obtener la probeta a analizar

Se recomienda realizar este ensayo bajo las normativas ISO que son equivalentes a las ASTM, para confirmar los datos del estudio y asegurar que el Polipropileno reciclado puede reemplazar las piezas vehiculares construidas con ABS en cuanto a características mecánicas se habla.

Bibliografía

- Academy, Z. R. (15 de Marzo de 2021). *Preparación de probetas de plástico*.
<https://www.zwickroell.com/es/accesorios/preparacion-de-probetas-y-medicion-dimensional/preparacion-de-probetas-plastico/>
- Acoplásticos. (16 de junio de 2022). *¿Qué es el PET?*
<https://www.acoplasticos.org/index.php/mnu-pre/opm-bus-pref/36-opc-fag-pre4>
- Alcántara, V. (16 de agosto de 2022). Plástico reciclado en aplicaciones automotrices. pág. 6.
<https://www.plastico.com/es/noticias/plastico-reciclado-en-aplicaciones-automotrices>
- Ángel Ayón. (20 de abril de 2015). Rice propulsión:
<http://fundicionesrice.com/assets/frontend/cartas/TNL77/TNL77esp.htm#:~:text=ASTM%20E165%2D02.,aceite%2C%20grasa%20y%20otros%20contaminantes.>
- Aristegui, R. (4 de enero de 2021). *Identificación de los plásticos por sus códigos*.
[https://www.aristegui.info/identificacion-de-los-plasticos-por-sus-codigos/#:~:text=1%20%E2%80%93%20Tereftalato%20de%20polietileno%20\(%20PET E,mezcla%20con%20algun%20pl%C3%A1stico%20identificado](https://www.aristegui.info/identificacion-de-los-plasticos-por-sus-codigos/#:~:text=1%20%E2%80%93%20Tereftalato%20de%20polietileno%20(%20PET E,mezcla%20con%20algun%20pl%C3%A1stico%20identificado)
- Arteaga, A. (2013). Tipos y Clases De Retrovisores En Un Vehículo. *SN2 MUNDO*, 1, 5.
<https://doi.org/https://www.mundo.sn2world.com/coche/13321-tipos-y-clases-de-retrovisores-en-un-veh%C3%ADculo.html>
- Atómica, O. I. (15 de julio de 2022). *Organismo Internacional de Energía Atómica*.
<https://www.iaea.org/es/temas/otros-ensayos-no-destructivos>
- Autopartes, R. (25 de agosto de 2021). *¿Autopartes o refacciones para autos?*
<https://www.atorafo.com/autopartes-o-refacciones-para-autos/>
- Barcelona, U. d. (15 de marzo de 2020). *Materials*.
<http://www.ub.edu/cmematerials/es/content/acrilonitrilo-butadieno-estireno-abs>
- Benalcazar, M. (4 de Enero de 2010). *Reciclado de Plásticos Cómo se Reciclan*.
https://www.ecoticias.com/residuos-reciclaje/21178_reciclado-de-plasticos-como-se-reciclan
- Binik, S. (16 de Junio de 2022). *Iconos de conjunto de códigos de identificación de resina plástica*. <https://es.dreamstime.com/iconos-de-conjunto-c%C3%B3digos->

identificaci%C3%B3n-resina-pl%C3%A1stica-embalaje-envase-pl%C3%A1stico-reciclado-signos-image161870949

Carrasquero, F. L. (2014). *Funfamentos de polímeros*. Mérida.

<https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2573.0000>

Castro, M. (8 de junio de 2011). *Tecnología de los plásticos*.

<https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/abs.html#:~:text=El%20ABS%20se%20destaca%20por,de%20ser%20un%20material%20liviano.&text=Todos%20los%200grados%20son%20considerados,pero%20ligeramente%20permeables%20al%20vapor>

Colomba, C. M. (18 de Mayo de 2020). *La importancia de reciclar envases de PET*.

<https://www.montessoricolomba.com/la-importancia-de-reciclar-envases-de-pet/>

Data, C. A. (01 de junio de 2018). *Alertas Comerciales, América, Automotriz, Exportador,*

Tendencia De Consumo. <https://www.proecuador.gob.ec/incremento-en-las-importaciones-de-autopartes-de-centroamerica/>

Ecologicos, M. (25 de septiembre de 2018). *Guías de ayuda para comprar productos biodegradables y reciclables, materiales ecológicos y alternativas al plástico*.

<https://materialesecologicos.es/tag/poliestireno/>

Ecuador, Z. (15 de mayo de 2022). *Ensayo de tracción*.

<https://www.zwickroell.com/es/sectores/ensayo-de-materiales/ensayo-de-traccion/>

Electrocome. (15 de junio de 2022). *Metales y plásticos técnicos*.

<https://www.electrocome.com/p-1-37/POLIPROPILENO---PP.htm>

Española, U. N. (Mayo de 2018). *Ensayos radiográficos*. <https://www.en.aeanor.com>

Estrada, E. (15 de Junio de 2022). *Plasty Samy*.

https://nicelocal.ec/quito/business/plasty_samy/

Europea, D. O. (13 de junio de 2012). *Reglamento no 81 de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (CEPE) —Prescripciones uniformes sobre la homologación de retrovisores de los vehículos de motor de dos ruedas, con o sin sidecar, respecto a la instalación de dichos retrovisore*. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:185:0001:0023:ES:PDF>

- fabrication, C. a. (16 de septiembre de 2020). <https://aluminio-stock.com/Noticias/6061-6082-gran-bloque-de-aluminio.html>
- Fernando Villareal, M. T. (12 de octubre de 2018). *DESARROLLO DE UNA MÁQUINA DE ENSAYO CHARPY PARA PLÁSTICOS: EVALUACIÓN DE PROPIEDADES DE IMPACTO DE PROBETAS CONSTRUIDAS POR IMPRESIÓN 3D*.
<https://caim2018.com.ar/gestor/wp-content/uploads/2018/10/313.pdf>
- Gambin, M. (05 de enero de 2022). *FAQ car ANEXO III ESPEJOS RETROVISORES*.
<https://www.faqcar.com/anexo-tres-espejos-retrovisores-normativa-Reglamento-General-Vehiculos#gsc.tab=0>
- Gardey, E. P. (14 de octubre de 2013). *Definición de PVC Qué es, Significado y Concepto*.
<https://definicion.de/pvc/>
- GROOVER. (1997).
- Group, P. (29 de julio de 2021). *Polipropileno: propiedades, aplicaci[on y todo lo q ue necesita saber al respecto*. <https://www.products.pcc.eu/es/blog/polipropileno-propiedades-aplicacion-y-todo-lo-que-necesita-saber-al-respecto/>
- Guamanquispe, J. (15 de julio de 2013). *Estudio del Comportamiento a Fatiga Mecánica de Polímeros Compuestos con Fibra Natural y su Incidencia en la Aplicación para la Fabricación de Accesorios de la Industria Carrocera*.
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6107/1/Tesis%20I.%20M.%20183%20-%20Moroch%20Toaza%20Ver%C3%B3nica%20Elizabeth.pdf>
- Hank Wu, M. (14 de diciembre de 2020). *FU CHUN SHIN MACHINERY MANUFACTURE CO., LTD*. <https://spanish.prm-taiwan.com/com/fcs.html>
- Juste, I. (14 de mayo de 2020). *Ecología verde, Tipos de plástico*.
<https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-plasticos-1732.html>
- M, N. (29 de noviembre de 2010). *Normas ASTM E-797 y API 570*.
<https://1library.co/article/normas-astm-an%C3%A1lisis-evaluaci%C3%B3n-prevenci%C3%B3n-fallas-potenciales-mediante.yd7ek3ey>
- Mansuera, R. (15 de Febrero de 2022). *Retrovisor electrico RH HILUX 2.5 HILUX 2.7*.
https://www.mansuera.com/retrovisor-toyota-hilux-vigo-2006-2015-4x4-niq-negr?utm_term=&utm_campaign=ShoppingVentas&utm_source=adwords&utm_medium=pp

c&hsa_acc=5493356374&hsa_cam=12755151000&hsa_grp=&hsa_ad=&hsa_src=x&hsa_tgt=&hsa_kw=&hsa_mt=&hsa_net=adword

Marcilla, M. B. (2012). *Tecnología de los polímeros Procesado y propiedades*. España: Une.

Metalinspec. (16 de junio de 2020). *Cómo realizar una prueba de flexión en plásticos según ASTM D790*. <https://www.blog.metalinspec.com.mx/post/como-realizar-una-prueba-de-flexion-en-plasticos-segun-astm-d790>

Mexpolimeros. (s.f.). <https://www.mexpolimeros.com/lab/astm-d-648.html>

Michaelsen, H. (14 de septiembre de 2022). *ENSAYOS DE DUREZA*. <https://www.struers.com/es-ES/Knowledge/Hardness-testing#>

Normalización, I. E. (06 de agosto de 2013). *Caucho vulcanizado, Determinación de la resistencia a al tracción y del alargamiento porcentual*. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1165-1.pdf>

Peréz, M. (27 de junio de 2011). *Tecnología de los plásticos*. <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/listado-de-ensayos-normalizados.html>

Pico, A. (Enero de 2023).

Pila, R. L. (20 de octubre de 2016). *"Fabricación de un retrovisor para el vehículo suzuki forsa con material compuesto de matriz polimérica de poliéster y refuerzo natural de cabuya"*. [file:///C:/Users/jessk/OneDrive/Desktop/Tesis%20Anita/retrovisor%20de%20cabuya%20y%20polimero%20\(1\)%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/jessk/OneDrive/Desktop/Tesis%20Anita/retrovisor%20de%20cabuya%20y%20polimero%20(1)%20(1).pdf)

Plast, G. (27 de julio de 2021). *GUÍA DETALLADA SOBRE EL ACRILONITRILO BUTADIENO ESTIRENO*. <https://globaplast.com.mx/acrilonitrilo-butadieno-estireno/>

PLAST, G. (25 de abril de 2022). *GUÍA DETALLADA SOBRE EL ACRILONITRILO BUTADIENO ESTIRENO*. <https://globaplast.com.mx/acrilonitrilo-butadieno-estireno/>

Plasticbages Industrial, S. (25 de enero de 2022). *Fabricación y comercialización de plásticos técnicos*. <http://www.plasticbages.com/caracteristicaspoliopropileno.html>

plásticos, J. S. (21 de marzo de 2019). *LDPE (POLIETILENO BAJA DENSIDAD)*. <https://jubedi.com/comercializacion-de-plasticos/ldpe-polietileno-baja-densidad/>

- PLASTLIT. (01 de abril de 2016). *Empaques Polipropileno Mono Orientado*.
<https://www.plastlit.com/empaques-industriales/polipropileno-mono-orientado/>
- Priddy, J. S. (2003). Modern Styrenic Polymers. LUMITOS leads to success.
- Promesa. (14 de Abril de 2021). *Tuvo PVC tupása*.
<https://doi.org/https://www.promesa.com.ec/producto/tubo-pvc-desague-tupasa-75mm-x-3mt>
- Reciclario. (15 de enero de 2020). *INDICE DE MATERIALES una guía de los distintos materiasl plásticos*. <http://reciclario.com.ar/indice/plastico-2/otros-7/www.epa.gov>
- Roell, Z. (25 de Enero de 2016). *ASTM D638, propiedades de tracción plástico*.
<https://www.zwickroell.com/es/sectores/plasticos/termoplasticos-y-materiales-termoendurecibles/propiedades-de-traccion-astm-d638/>
- Romel Loza, G. P. (20 de Octubre de 2017). *Fabricación de un retrovisor pra el vehíulo suzuki forsa con material compuesto de matriz polimérica de poliéster y refuerzo natural de cabuya*.
[file:///C:/Users/Jessy/Desktop/Tesis%20Anita/retrovisor%20de%20cabuya%20y%20poli-mero%20\(1\)%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Jessy/Desktop/Tesis%20Anita/retrovisor%20de%20cabuya%20y%20poli-mero%20(1)%20(1).pdf)
- Rosales, N. (16 de julio de 2021). *Ecosistemas Rosales*. HDPE: PLÁSTICO RESISTENTE Y RECICLABLE.: <https://ecosistemasrosales.home.blog/2021/07/16/hdpe-poli-etileno-de-alta-densidad/>
- S.A, S. E. (13 de mayo de 2021). *QUÉ ES EL POLIPROPILENO. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS*. <https://serveiestacio.com/blog/que-es-polipropileno-definicion-caracteristicas/>
- Saavedra, J. R. (abril de 2020). El examen por líquidos penetrantes ASTM E 165 -02 . *Studocu*.
<https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-de-piura/procesos-de-manufactura/norma-astm-e165-norma-sobre-liquidos-penetrantes/20908660>
- Services, E. L. (13 de mayo de 2015). *ASTM D2240-04 Método de prueba estándar para las propiedades del caucho - Dureza del durómetro*.
<https://www.eurolab.net/es/testler/cevresel-simulasyon-testleri/astm-d2240-04-kaucuk-ozelligi-icin-standart-test-yontemi-durometre-sertligi/>

- Shopify, T. T. (3 de Enero de 2023). *RETROVISOR TOYOTA STOUT RH 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92-2003*. <https://www.tecnoauto.com.ec/products/retrovisor-toyota-stout-79-rh>
- solutions, I. a. (3 de Enero de 2023). *Dispositivos de ensayo para probetas normalizadas*. <https://www.ibertest.es/products/dispositivos-de-ensayo-para-probetas-normalizadas/>
- Soriano, N. (16 de septiembre de 2019). *Propiedades mecánicas*. <https://www.aimplas.es/tipos-ensayos/propiedades-mecanicas-de-los-materiales-plasticos/>
- Soriano, N. (15 de junio de 2022). *AIMPLAS Instituto Tecnológico del Plástico*. <https://www.aimplas.es/tipos-ensayos/propiedades-mecanicas-de-los-materiales-plasticos/>
- SRL, P. R. (24 de julio de 2018). *PEBD (Polietileno de baja densidad)*. <https://www.facebook.com/871265919588115/photos/a.871268159587891/1688314954549870/?type=3>
- Tovar, J. S. (04 de noviembre de 2014). *Ensayos no destructivos Metodo Radiografico y Ultrasonido*. <https://es.slideshare.net/juanebastianb/ensayos-no-destructivos-metodo-radiografico-y-ultrasonido>
- Villalba, M. (3 de junio de 2011). *Tecnología de los Plásticos, Materiales plásticos, características, usos, fabricación, procesos de transformación y reciclado*. <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/poliestireno.html>

Anexos