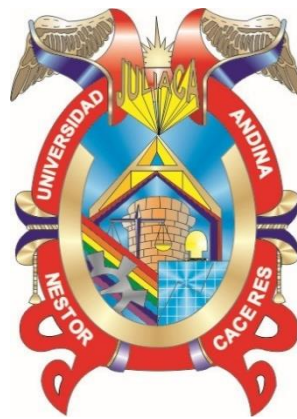




**UNIVERSIDAD ANDINA**  
**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**  
**ELÉCTRICA**



**INFLUENCIA DE TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO EN  
PROCESO DE SOLDADURA DE ALUMINIO PARA MEJORAR  
PROPIEDADES MECÁNICAS DE ELEMENTOS  
AUTOMOTRICES, JULIACA 2024**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. ROMARIO QUENTA HANCCO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

JULIACA - PERÚ

2025



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**ELÉCTRICA**

**INFLUENCIA DE TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO EN  
PROCESO DE SOLDADURA DE ALUMINIO PARA MEJORAR  
PROPIEDADES MECÁNICAS DE ELEMENTOS  
AUTOMOTRICES, JULIACA 2024**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. ROMARIO QUENTA HANCCO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**APROBADA POR EL JURADO REVISOR:**

**PRESIDENTE**

:

  
Dr. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO

**PRIMER MIEMBRO**

:

  
Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

**SEGUNDO MIEMBRO**

:

  
M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

**ASESOR DE TESIS**

:

  
Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

:

TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA – P18



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1334-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 20 de octubre del 2025

**VISTO:** El expediente N° 2025 - CU-9420 presentado por el (la) Bachiller: **ROMARIO QUENTA HANCCO** estudiante de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN.**

**CONSIDERANDO:**

Que, el (la) Bach. **ROMARIO QUENTA HANCCO**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **INFLUENCIA DE TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO EN PROCESO DE SOLDADURA DE ALUMINIO PARA MEJORAR PROPIEDADES MECÁNICAS DE ELEMENTOS AUTOMOTRICES, JULIACA 2024**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecánico Electricista.**

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO. - APROBAR**, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- \* **Presidente** : Dr. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO
- \* **1er Miembro** : Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
- \* **2do Miembro** : M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

**ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER** como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN.**

**ARTICULO TERCERO. - APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de él (la) bachiller: **ROMARIO QUENTA HANCCO**; del informe final de la investigación (tesis) titulada: **INFLUENCIA DE TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO EN PROCESO DE SOLDADURA DE ALUMINIO PARA MEJORAR PROPIEDADES MECÁNICAS DE ELEMENTOS AUTOMOTRICES, JULIACA 2024** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecánico Electricista.** de acuerdo al siguiente detalle:

- \* **FECHA** : miércoles 29 de octubre del 2025
- \* **HORA** : 14:00 horas
- \* **LUGAR** : Aula 204 - EPIME

**ARTÍCULO CUARTO. - DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.



UNIVERSIDAD ANDAHUAYLAS "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA  
DECANO (e)  
CIP. 32730

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDAHUAYLAS "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo  
interesado (a)



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 931-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 27 de agosto del 2025

**VISTO:** El expediente N° 2025-CU - 3979 por el señor (a): **ROMARIO QUENTA HANCCO** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 599- 2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 024 - 2025 del integrante del comité de investigación **EPIME** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

**CONSIDERANDO:**

Que, el señor (a): **ROMARIO QUENTA HANCCO**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) **Titulado: INFLUENCIA DE TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO EN PROCESO DE SOLDADURA DE ALUMINIO PARA MEJORAR PROPIEDADES MECÁNICAS DE ELEMENTOS AUTOMOTRICES, JULIACA 2024**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecánico Electricista**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Salvador Teodoro Valdivia Cardenas** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 024 - 2025 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) **titulado: INFLUENCIA DE TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO EN PROCESO DE SOLDADURA DE ALUMINIO PARA MEJORAR PROPIEDADES MECÁNICAS DE ELEMENTOS AUTOMOTRICES, JULIACA 2024**, correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **ROMARIO QUENTA HANCCO**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecánico Electricista**, con el Tema **Titulado: INFLUENCIA DE TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO EN PROCESO DE SOLDADURA DE ALUMINIO PARA MEJORAR PROPIEDADES MECÁNICAS DE ELEMENTOS AUTOMOTRICES, JULIACA 2024** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA**, en virtud a los considerandos expuestos.

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) **la), Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON**.

**ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS



Dr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA  
DECANO (e)  
CIP. 32730

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS



Dr. Fritz Willy Mamani Apaza  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo  
interesado (a)



**UNIVERSIDAD ANDINA**  
**"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 303-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 14 de mayo del 2025

**VISTO:** El expediente N° 2025-CU- 2823, presentado por el señor (a) **ROMARIO QUENTA HANCCO** solicitando **CAMBIO DE ASESOR DE INVESTIGACIÓN**, el Proveído del Director de la Unidad de Investigación de la FICP, y la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 1346-2024-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación de la **PROPUESTA DE INVESSTIGACIÓN**, para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista.

**CONSIDERANDO:**

Que, el señor (a): **ROMARIO QUENTA HANCCO** ha presentado cambio de asesor de tesis del tema investigación Titulado: **INFLUENCIA DE TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO EN PROCESO DE SOLDADURA DE ALUMINIO PARA MEJORAR PROPIEDADES MECÁNICAS DE ELEMENTOS AUTOMOTRICES, JULIACA 2024**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecánico Electricista**.

Que, el Director de la Unidad de Investigación de la FICP a tomado conocimiento que el asesor **MSc. MARIO ALEJANDRO RAMOS HERRERA** no tiene vínculo laboral en la facultad de ingenierías y ciencias puras y existiendo la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 1346-2024-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación de la **PROPUESTA DE INVESSTIGACIÓN**.

Estando, a la solicitud del ejecutante y en cumplimiento al reglamento al Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención Grados Académicos y Títulos Profesionales; el director de la Unidad de Investigación **Dr. Fritz Willy Mamani Apaza** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió el proveído favorable del cambio de asesor de investigación del tema titulado: **INFLUENCIA DE TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO EN PROCESO DE SOLDADURA DE ALUMINIO PARA MEJORAR PROPIEDADES MECÁNICAS DE ELEMENTOS AUTOMOTRICES, JULIACA 2024**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, el **CAMBIO DE ASESOR DE INVESTIGACION**, designado al señor (a): **ROMARIO QUENTA HANCCO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, con el Tema Titulado: **INFLUENCIA DE TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO EN PROCESO DE SOLDADURA DE ALUMINIO PARA MEJORAR PROPIEDADES MECÁNICAS DE ELEMENTOS AUTOMOTRICES, JULIACA 2024** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA**, se le asigna como:

**ASESOR:** Ing. **ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN**

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la) docente Ing. **ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN**.

**ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CS. PURAS

Dr. OSCAR V. VASCONTE CALLA  
DECANO (e)  
CIP. 32730



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo 2025  
Interesado (a)



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1346-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 22 de octubre del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU-14225, presentado el señor (a) **ROMARIO QUENTA HANCCO** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el PROVEIDO - N° 1157 -2024-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 031 -2024 del integrante del comité de investigación **EPIME** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

**CONSIDERANDO:**

Que, el señor (a): **ROMARIO QUENTA HANCCO** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **INFLUENCIA DE TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO EN PROCESO DE SOLDADURA DE ALUMINIO PARA MEJORAR PROPIEDADES MECÁNICAS DE ELEMENTOS AUTOMOTRICES, JULIACA 2024**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecánico Electricista**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Dr. Benjamin Chuquimamani Quinto** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 031 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **INFLUENCIA DE TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO EN PROCESO DE SOLDADURA DE ALUMINIO PARA MEJORAR PROPIEDADES MECÁNICAS DE ELEMENTOS AUTOMOTRICES, JULIACA 2024**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el señor (a): **ROMARIO QUENTA HANCCO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, con el Tema Titulado: **INFLUENCIA DE TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO EN PROCESO DE SOLDADURA DE ALUMINIO PARA MEJORAR PROPIEDADES MECÁNICAS DE ELEMENTOS AUTOMOTRICES, JULIACA 2024** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA**.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente **M.Sc. MARIO ALEJANDRO RAMOS HERRERA**.

**ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
DECANO  
DR. QUISPE HUANCA  
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
DIRECTOR  
DR. Efraín Karito Sosa  
CIP. 47790

cc.  
Archivo 2024  
Interesado (a)



# 17% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

## Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

## Fuentes principales

- 15% Fuentes de Internet
- 4% Publicaciones
- 12% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



### Metadatos complementarios - UANCV

<b>Título de la Tesis</b>	
<b>INFLUENCIA DE TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO EN PROCESO DE SOLDADURA DE ALUMINIO PARA MEJORAR PROPIEDADES MECÁNICAS DE ELEMENTOS AUTOMOTRICES, JULIACA 2024</b>	
<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	ROMARIO QUENTA HANCCO
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	71738430
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0001-0383-0742">https://orcid.org/0009-0001-0383-0742</a>
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02064066
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0001-8065-6533">https://orcid.org/0000-0001-8065-6533</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres y apellidos	BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02406088
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres y apellidos	SALVADOR TEODORO VALDIIVIA CARDENAS
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02383061
<b>Miembro del jurado 2</b>	
Nombres y apellidos	JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	01323821



<b>Datos de investigación</b>	
Línea de investigación	Tecnología e ingeniería mecánica – P18
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	<p align="center"><b>INFLUENCIA DE TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO</b></p> <p>País: Perú          Departamento: Puno          Provincia: San Román          Distrito: Juliaca</p> <p><b>Coordenadas:</b>          Latitud: -15.50023613998543          Longitud: -70.12659500030418</p> <p><a href="https://maps.app.goo.gl/VJTAhpUdZTcQkbPa9">https://maps.app.goo.gl/VJTAhpUdZTcQkbPa9</a></p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Octubre del 2024 – Octubre del 2025
URL de disciplinas OCDE <a href="https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html">https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html</a> - Librería	<p><b>Ingeniería mecánica</b>  <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.03.00">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.03.00</a></p> <p><b>Mecánica aplicada</b>  <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.03.02">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.03.02</a></p>



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS EXACTAS  
 Dr. César G. Camargo Najer  
 DIRECTOR  
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo ROMARIO QUENTA HANCCO, identificado con DNI Nro. 71738430 en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional**  
 **Programa de Segunda Especialidad,**  
 **Programa de Maestría o Doctorado**

INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

informo que he elaborado el/la  **Tesis** o  **Trabajo de Investigación,**  **Trabajo Académico** denominada:

INFLUENCIA DE TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO EN PROCESO DE SOLDADURA DE

ALUMINIO PARA MEJORAR PROPIEDADES MECÁNICAS DE ELEMENTOS AUTOMOTRICES,

JULIACA 2024

Asesorado por: Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.


Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 03 de Diciembre del 2025

  
FIRMA DEL ASESOR (obligatoria)

  
FIRMA (obligatoria)



Huella



## DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis, en primer lugar, a Dios, y también a aquellas personas que han dejado una huella profunda en mi vida. Gracias a sus consejos, orientación y apoyo constante, hoy soy quien soy. Con todo mi cariño y gratitud, esta dedicatoria es para ustedes.

A mi padre, a mi madre y a mi hermano Fredy que son personas que me han ofrecido su apoyo incondicional.



## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a Dios por ayudarme a llegar hasta donde estoy ahora y guiarme y apoyarme dándome fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Agradezco profundamente a mi familia por su paciencia, comprensión y respaldo constante durante todo mi proceso académico. También extendo mi gratitud a quienes, de distintas maneras, contribuyeron y estuvieron presentes en la elaboración de este proyecto.



## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
ÍNDICE.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	X
INTRODUCCIÓN.....	XI

### CAPÍTULO I

#### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1.2.1. Problema General.....	14
1.2.2. Problemas Específicos.....	14
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	14
1.3.1. Justificación técnica:.....	14
1.3.2. Justificación económica:.....	15
1.3.3. Justificación social:.....	15
1.4. OBJETIVOS.....	15
1.4.1. Objetivo General.....	15
1.4.2. Objetivos Específicos.....	15
1.5. Hipótesis.....	16
1.5.1. Hipótesis General.....	16
1.5.2. Hipótesis Específicas.....	16
1.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	17

### CAPÍTULO II

#### FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES.....	18
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	18



2.1.2. Antecedentes nacionales .....	19
2.1.3. Antecedentes locales .....	20
2.2. BASES TEÓRICAS .....	21
2.2.1. Caracterización de los materiales.....	21
2.2.2. Clasificación de materiales .....	25
2.2.3. Soldadura.....	31
2.2.4. Aluminio.....	33
2.2.5. Tipos de aluminio .....	34
2.2.6. Curvas de deformación vs esfuerzo .....	35
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS .....	37

### **CAPÍTULO III METODOLOGÍA**

3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN .....	38
3.2. ÁMBITO DE INVESTIGACIÓN .....	38
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA .....	39
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIONES.....	40
3.5. RECOLECCIÓN DE DATOS.....	41

### **CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. PRESENTACIÓN .....	42
4.2. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN.....	42
4.2.1. Proceso de soldadura de aluminio 4032 .....	43
4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	51

### **CONCLUSIONES**

### **RECOMENDACIONES**

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

### **APÉNDICES**



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Operacionalización de variables.....	17
<b>Tabla 2</b> Composición química de un acero .....	22
<b>Tabla 3.</b> Elementos automotrices .....	43
<b>Tabla 4.</b> Propiedades mecánicas del aluminio 4032 forjado.....	47



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Estructura cristalina de un material .....	23
<b>Figura 2</b> Estructura micrográfica o de grano de un metal .....	23
<b>Figura 3.</b> Constituyentes del acero (perlita y cementita; ferrita y cementita) ..	24
<b>Figura 4.</b> Material metálico más utilizados.....	26
<b>Figura 5.</b> Aplicación de aleaciones de Fe – Aceros.....	26
<b>Figura 6.</b> Curva deformación vs esfuerzo.....	35
<b>Figura 7.</b> Curva esfuerzo -deformación. ensayo de flexión.....	36
<b>Figura 8.</b> Diagrama esfuerzo deformación unitaria de otros materiales.....	36
<b>Figura 9.</b> Ubicación de la ciudad de Juliaca .....	39
<b>Figura 10.</b> Limpieza de elemento automotriz a soldar.....	44
<b>Figura 11.</b> Precalentamiento del elemento automotriz a soldar .....	45
<b>Figura 12.</b> Relleno de bordes del conducto de agua corroído.....	46
<b>Figura 13.</b> Curva de deformación de la culata.....	47
<b>Figura 14.</b> Curva esfuerzo – deformación de un metal (aluminio) con influencia de la temperatura .....	48
<b>Figura 15.</b> Curva esfuerzo – deformación de un metal (aluminio) con influencia de la temperatura .....	49



## RESUMEN

Se realizó la presente investigación que tiene como propósito la "influencia de temperatura de precalentamiento en proceso de soldadura de aluminio para mejorar propiedades mecánicas de elementos automotrices, Juliaca 2024. Los metales como el aluminio y el hierro fundido no son materiales fáciles para soldar en frío según sus propiedades físicas, químicas, por ejemplo, el aluminio es más propenso a deformaciones y pérdidas de propiedades mecánicas. El aluminio y hierro fundido son para lograr mejor acabado de la soldadura requiere precalentamiento a una temperatura entre  $150^{\circ}\text{C}$  –  $250^{\circ}\text{C}$ . los elementos del motor como pistón, culata, monoblock y otras partes de aluminio son recuperables por soldadura para economizar el costo. Por las altas temperatura y esfuerzo que alcanza un motor de combustión interna se observa una deformación de la culata. Con el proceso de precalentamiento para soldadura de las partes fracturadas del material aluminio se logra mantener sus propiedades mecánicas a la cual está diseñado para la resistencia de rozamiento y esfuerzos a los que está sujeto, además la porosidad mínima que en la soldadura en frío

**Palabras Claves:** precalentamiento, proceso de soldadura, aluminio, elementos automotrices



## ABSTRACT

This examine was showed with the resolution of "the effect of preheating temperature on the aluminum welding process to improve the mechanical properties of automotive components, Juliaca 2024." Metals such as aluminum and cast iron are not easy to cold weld due to their physical and chemical properties. For example, aluminum is more prone to deformation and loss of mechanical properties. Aluminum and cast iron require preheating to a temperature between 150°C and 250°C to achieve a better weld finish. Engine components such as the piston, cylinder head, monoblock, and other aluminum parts can be recovered by welding to save costs. Due to the high temperatures and stresses reached by an internal combustion engine, cylinder head deformation is observed. The preheating process for welding the fractured parts of the aluminum material maintains its designed mechanical properties, resisting the friction and stresses to which it is exposed, and also minimizes porosity compared to cold welding.

**Keywords:** preheating, welding process, aluminum, automotive components



## INTRODUCCIÓN

Los elementos automotrices están hechos de una variedad de materiales, siendo los más comunes el acero, el aluminio, el plástico, el vidrio y el caucho. El acero se utiliza para la carrocería y el chasis, el aluminio para piezas más ligeras como el motor y las ruedas, el plástico para componentes internos y exteriores, el vidrio para las ventanas y el caucho para los neumáticos

En el sector automotriz, el aluminio ha ganado un lugar importante gracias a sus propiedades como la ligereza, la resistencia a la corrosión y su eficiente relación entre peso y resistencia. Este material se emplea en diversas partes del vehículo, incluyendo la carrocería, el chasis, el motor, las llantas y otros elementos estructurales.

La soldadura es una técnica que radica en unir materiales principalmente metales a través de la aplicación de calor, presión o una combinación de ambos. Es fundamental mantener un control preciso de la temperatura durante este proceso, ya que de ello depende la correcta fusión tanto del material base como del metal de aportación. Además de influir en la unión en sí, la temperatura también tiene un impacto directo en la microestructura, en la propiedad mecánica del material y en la calidad final del cordón de soldadura.

Por ello la realización de este trabajo de investigación debido a que la temperatura es un factor crítico en los procesos de soldadura, que influye en la calidad, resistencia e integridad de la soldadura. Una gestión adecuada de la aportación de calor, las velocidades de enfriamiento, el precalentamiento y el tratamiento térmico posterior a la soldadura es esencial para evitar los defectos



de soldadura habituales y garantizar que la soldadura cumpla las normas exigidas.



## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Hoy en día, las aleaciones de bajo peso resultan especialmente atractivas para sectores como el del transporte, donde la disminución del peso de los vehículos se traduce directamente en un menor consumo de combustible, convirtiéndose en una prioridad clave.

El aluminio, junto con sus aleaciones, desempeña un papel fundamental en diversas aplicaciones estructurales, gracias a sus propiedades que lo hacen ideal para su incorporación en sectores como el automotriz y el aeronáutico.

Una causa frecuente de fallos en las uniones soldadas es la omisión o aplicación incorrecta de los procedimientos de soldadura. Además, cuando el aluminio se expone a temperaturas superiores a los 100 °C, sus propiedades pueden deteriorarse, lo que restringe su aplicación en ciertos entornos. Por ello, existe un gran interés en optimizar las características del aluminio, tanto en condiciones normales como bajo temperaturas elevadas.

Es fundamental aplicar de forma adecuada el precalentamiento y mantener un control preciso de la temperatura entre pasadas durante el proceso de soldadura.



Cuando estos parámetros están bien definidos en los procedimientos, se logra una reducción en la velocidad de enfriamiento tanto del material base como del cordón de soldadura. Esto, a su vez, disminuye significativamente los riesgos de fisuras por hidrógeno, especialmente al trabajar con aceros al carbono, de baja aleación u otros materiales similares. Además, si la pieza está demasiado fría, pueden generarse porosidades al no fundirse correctamente, lo cual se puede evitar con una temperatura de aporte adecuada.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Problema General**

¿De qué manera se puede determinar la influencia de temperatura de precalentamiento en proceso de soldadura de aluminio para mejorar propiedades mecánicas de elementos automotrices, Juliaca 2024?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

PE1 ¿Qué criterios se utilizará para el proceso de soldadura y los elementos a soldar?

PE2 ¿Qué metodología se utilizará para determinar la influencia de temperatura de precalentamiento en proceso de soldadura de aluminio?

PE3 ¿Cómo se puede mejorar las propiedades mecánicas de elementos automotrices?

## **1.3. JUSTIFICACIÓN**

### **1.3.1. Justificación técnica:**

Se pretende solucionar el problema porque no se encuentra en algunos casos la marca como pistón culata y otro factor es el costo



Un precalentamiento adecuado puede reducir las tensiones residuales y mejorar la calidad de soldadura

### **1.3.2. Justificación económica:**

Se pretende solucionar por el método de soldadura, para reducir el costo por uno nuevo. Además, la mejora de las propiedades mecánicas puede reducir la necesidad de reparaciones y reemplazos

### **1.3.3. Justificación social:**

La disminución de los costos de producción y reparación pueden hacer que los vehículos sean más accesibles para los consumidores

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. Objetivo General**

Determinar la influencia de temperatura de precalentamiento en proceso de soldadura de aluminio para mejorar propiedades mecánicas de elementos automotrices, Juliaca 2024

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

OE1: Utilizar criterios para el proceso de soldadura y los elementos a soldar

OE2: Determinar la influencia de temperatura de precalentamiento en proceso de soldadura de aluminio

OE3: Mejorar las propiedades mecánicas de elementos automotrices



## 1.5. Hipótesis

### 1.5.1. *Hipótesis General*

Si se determina la influencia de precalentamiento en proceso de soldadura de aluminio entonces se podrá mejorar las propiedades mecánicas de elementos automotrices

### 1.5.2. *Hipótesis Específicas*

HE1: Si se analiza los procesos de soldadura y los elementos a soldar entonces se podrá determinar la influencia de la temperatura de precalentamiento

HE2: Si se determina la influencia de la temperatura de precalentamiento en proceso de soldadura de aluminio entonces se podrá proponer una mejora en las propiedades mecánicas

HE3: Si se mejora las propiedades mecánicas de elementos automotrices entonces será tanto técnica y económicamente justificable



### 1.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1.

*Operacionalización de variables*

<b>VARIABLES</b>	<b>Detalle de variables</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Índice</b>
Variable independiente	Temperatura de precalentamiento en proceso de soldadura de aluminio	Rango de temperatura	Rango de temperatura	°C
		Deformación	Deformación	mm/mm
Variable dependiente	Propiedades mecánicas de elementos automotrices	Resistencia a la tracción	Resistencia a la tracción	MPa
		Limite elástico	Limite elástico	MPa
		Elongación	Elongación	%
		Dureza	Dureza	HB



## CAPÍTULO II

### FUNDAMENTO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES

##### 2.1.1. *Antecedentes internacionales*

**(Espín & Tene, 2013)** En su tesis titulada “Investigación de la temperatura de precalentamiento en los procesos de soldadura SMAW en fundición gris y su influencia en la propiedad mecánica de la unión soldada” Es de análisis experimental para evaluar cómo falta la temperatura de precalentamiento en las uniones soldadas de hierro fundido gris clase 30, según lo establecido por la norma ASTM A 48-03. En el estudio se aplicaron diferentes niveles de precalentamiento 21 °C, 100 °C, 200 °C, 300 °C, 400 °C, 500 °C, 600 °C y una adicional de 370 °C. Para definir la temperatura mínima que evita el agrietamiento, se empleó un método predictivo basado en la composición química del material y el cálculo del equivalente de carbono.

**(Paredes, Pérez, & Castro, 2017).** En su estudio titulado “Análisis de la propiedad mecánicas del compuesto de matriz poliéster reforzado con fibra de vidrio 375.” El propósito del estudio fue desarrollar un material compuesto a partir de fibra de vidrio 375 (FV), incorporando fibra natural en dos configuraciones:



estratificaciones con fibra corta (FCO1-30%) y con fibra larga (FL-30%). Los mejores resultados en cuanto a esfuerzo a tracción y deformación axial se obtuvieron con la combinación FL-30%, la cual fue validada posteriormente mediante el método de elementos finitos (MEF).

**(López & Cornejo, 2021).** En su tesis titulada "Estudio sobre la optimización de los procesos de soldadura de aluminio aplicado a la reconstrucción de cabezas de vehículos en el taller de rectificado de M. Noboa Motors". El estudio se centró en piezas provenientes del sector automotriz, en las cuales se aplicaron distintos parámetros del proceso de soldadura TIG, incluyendo el amperaje, tiempos de flujo de gases, limpieza mecánica del aluminio y limpieza mediante método eléctrico. Se evaluaron propiedad como la dureza y las resistencias a la tracción, ya que al tratarse de componentes térmicos y de alta precisión, no era viable realizar modificaciones significativas. Por esta razón, se optó por emplear ensayos no destructivos, con el objetivo de preservar la integridad del cabezote de aluminio.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

(López & Rodríguez, 2015). En su tesis titulada "En el estudio titulado "Efectos de la temperatura de precalentamiento sobre la dureza en la unión soldada del acero P460NL1, mediante el proceso SAW y el pase de raíz por FCAW", el autor concluye que, al incrementar la temperatura de precalentamiento de 100 °C a 260 °C, se genera un cambio significancia en la microestructura del material. Este cambio se traduce en un aumento de la ferrita en los bordes de grano PF(G), así como en una mayor presencia de ferrita recristalizada, mientras que la cantidad de ferrita acicular (FP(I)) tiende a disminuir.



(Julca, 2024). En la investigación titulada "Influencia de la temperatura de precalentamiento en los procesos de soldadura del acero DIN 1.8915, sobre las resistencias de tracción y dureza del componente soldado", se concluye que al aumentar la temperatura de precalentamiento. Las pruebas de tracción revelaron que la zona más vulnerable corresponde a la ZACIC. Además, se determinó que una temperatura de precalentamiento de 100 °C proporciona la mayor resistencia en la unión soldada, aunque esto implica una notable reducción en la ductilidad del material.

(Jara, 2020). En el estudio titulado "Análisis comparativo de la imperfección interna y de superficie en juntas soldadas de aluminio AA1100 usando el proceso de soldadura FSW y GMAW", se obtuvieron resultados relevantes a partir de las comparaciones realizadas y del análisis estadístico correspondiente. Estas evaluaciones permitieron identificar variaciones en los parámetros de cada proceso de soldadura, manteniendo siempre la línea del objetivo principal de la investigación.

### **2.1.3. Antecedentes locales**

(Ruiz, 2021). En la tesis titulada "Estudio de la rugosidad superficial en el proceso de torneado basado en las normas ISO 1302 de un acero AISI 4140 para comprobar la calidad", se obtuvo como resultado un valor de rugosidad media (Ra) de 1.233  $\mu\text{m}$ , el cual se halla dentro de los límites establecidos por la norma ISO 1302:2002. Para llevar a cabo el proceso, se empleó un inserto DNMG 11 04 08 EN-MA, con una velocidad de husillo de 645 RPM, un avance de 0.2 mm/rev y una profundidad de corte de 1.0 mm.



(Portillo, 2018). En la tesis titulada "Influencia de la humedad del aire en los electrodos de soldadura SMAW y sus incidencias en la calidad de los productos soldados", se aplicó el método científico de investigación, con un enfoque aplicado y un nivel descriptivo. La población conformada por 230 colaboradores, de los cuales se eligió una muestra de 93 participantes. El estudio abarcó los años 2019, 2020 y 2021, considerando tanto el periodo previo como posterior a la ejecución de un sistema de gestión del clima laboral. Durante ese tiempo, la tasa de siniestralidad mostró una reducción progresiva: fue de 0,18 en 2019, descendió a 0,02 en 2020 y alcanzó el 0,00 en 2021, lo que representa una disminución del 100 % en los incidentes reportados.

(Quispe, 2020). La tesis titulada "Diseño y construcción de moldes permanentes en bronce para fabricación de cabezas de león ornamentales de aluminio, en la empresa Fabrimetx, Espinar – Cusco" aborda el desarrollo de moldes permanentes en bronce con el propósito de producir elementos ornamentales en aluminio. Este trabajo responde a una demanda local en la provincia de Espinar, región Cusco, donde los talleres de soldadura dedicados a la fabricación de portones, puertas, ventanas y rejas requieren este tipo de piezas decorativas para realzar el acabado estético de sus productos.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. Caracterización de los materiales**

Conjunto de propiedades o características que hacen de un material similar o diferente a otro, que permiten un uso adecuado para una determinada aplicación.

La determinación de un material está dada por:

- a) Composición química



b) Constitución

c) Estructura

**a) Composición química**

Proporciona la proporción en masa de los distintos elementos que conforman el material.

**Tabla 2**

*Composición química de un acero*

Elemento	%
C	0.386
Mn	0.928
P	0.036
Si	0.200
Ni	0.050
S	0.037
Mo	0.015
Cr	0.013
Cu	0.180
V	0.030

**b) Estructura**

De los materiales pueden ser: cristalina y amorfa

- Cristalina: los átomos están ordenados en posiciones reticulares, en formas geométricas sencillas que se repiten en todo el material. Se observa con los rayos "X"

**Figura 1**

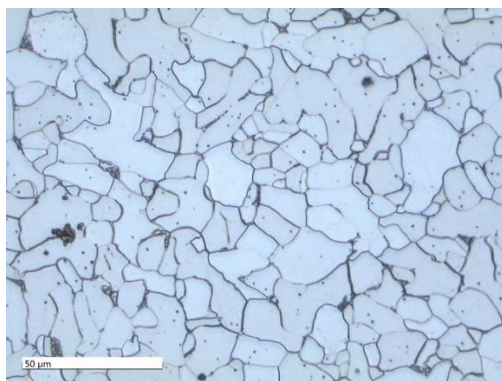
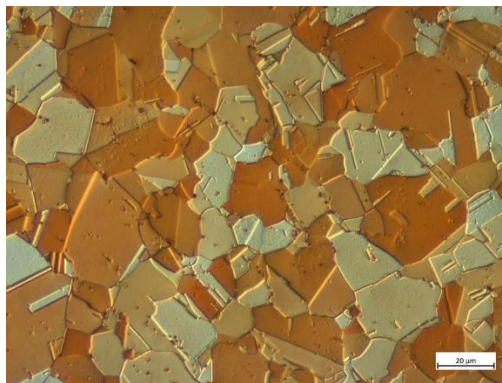
*Estructura cristalina de un material*



- Micrográfica o de grano (microestructura): Constituida por conjuntos de cristales ordenados en una determinada dirección formando los granos. Se observa con el microscopio.

**Figura 2**

*Estructura micrográfica o de grano de un metal*



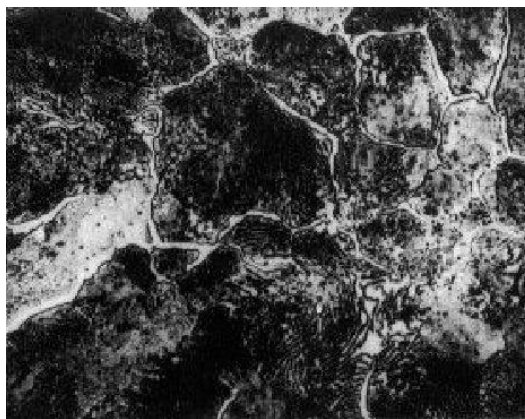
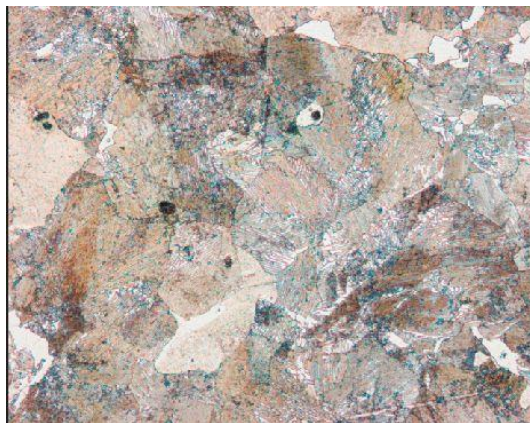
- Estructura macrográfica o de fibra: Los granos se ordenan en una determinada dirección por efecto de la deformación plástica, característica de los materiales forjados. Se observa a simple vista.

### c) Constitución

Nos indica las fases y mezclas de fases (soluciones solidas) presentes en el material, las cuales tienen formas y/o propiedades características uniformes.

#### Figura 3.

*Constituyentes del acero (perlita y cementita; ferrita y cementita)*





## 2.2.2. Clasificación de materiales

### Requisito

Se refiere a las propiedades particulares que un material debe cumplir para adaptarse a una función o aplicación específica. Como, por ejemplo, resistencia a la corrosión, si es o no magnético, si es susceptible a los rayos UV, etc.

### Material

Son los elementos o compuestos que conforman los cuerpos y objetos que encontramos tanto en la naturaleza como en aquellos modificados por la acción humana. Estos materiales pueden clasificarse según su origen natural o sintético, su uso específico o sus propiedades físicas y químicas, como la conductividad, la flexibilidad o la dureza.

Los materiales los logramos clasificar de la siguiente:

- Metálicos
- Cerámicos
- Polímeros
- Semiconductores
- Compuestos

#### a) Metales

Metal elemental: Cu, Fe, Al, Mn, Mg, Cr, V, W

Aleaciones: Metal base + otros metales y/o no metales

Fe y aleación

- Aceros

Fe + C + aleantes → aceros aleados

$Fe + C \rightarrow$  aceros al carbono

- Ferroaleaciones
- Fundición: ordinaria, especial y aleadas

**Figura 4.**

*Material metálico más utilizados*



**Figura 5.**

*Aplicación de aleaciones de Fe – Aceros*





- Al y aleaciones

Conocidas como aleaciones ligeras o duraluminios, estas combinaciones se determinan por su alta resistencia mecánica y su bajo peso, lo que las hace especialmente adecuadas para aplicación en la industria aeronáutica. En su composición, el aluminio se alea comúnmente con elementos como cobre, zinc, magnesio, manganeso y silicio.

- Cu y aleaciones

$\text{Cu} + \text{Sn} \rightarrow$  bronces

$\text{Cu} + \text{Zn} \rightarrow$  latones

$\text{Cu} + \text{Zn} + \text{Ni} \square$  Alpaca

$\text{Ni} + \text{Cu} \rightarrow$  Monel (aleación de Ni)

- Mg y aleación

- Se les conoce como aleaciones superligeras debido a que poseen un peso aún menor que el de la aleación de aluminio convencionales.

- Ni y aleación (aceros Maraging)

- Conocida como INCONEL, esta aleación destaca por su excelente resistencia mecánica y térmica, presentando propiedades comparables a las de los aceros.

- Ti y aleaciones

Estas aleaciones están diseñadas para aplicaciones en el sector aeronáutico, siendo utilizadas en componentes como álabes de turbina, palas y discos de ventilador, así como en elementos médicos especializados, como clavos para prótesis.



- Co y aleaciones

Son aleaciones empleadas en la fabricación de componentes quirúrgicos protésicos, debido a su biocompatibilidad y resistencia a la corrosión.

- Aleaciones de Fe, Ni, Co, Ti, W

Se denominan superaleaciones por sus excepcionales propiedades mecánicas, así como por su alta resistencia a la corrosión y a temperaturas extremas, lo que las hace ideales para aplicaciones especializadas en exploración espacial y entornos de gran profundidad marina.

- Metales preciosos

Elementos como el oro, el platino y la plata se utilizan en la industria particularmente en contactores eléctricos debido a su destacada conductividad y resistencia a la corrosión, además de tener un uso ampliamente extendido en la joyería por su valor estético y durabilidad.

- Aleación antifricción

Aleaciones complejas, utilizadas para revestir cojinetes entre estos metales tenemos: Cd, Al, Sn, Pb, Cu, Sb, Ag, Ni, As

## **b) Cerámicos**

A los cuales los podemos agrupar en:

1. Cerámicos de ingeniería

Son compuestos químicos de al menos un elemento metálico y un no metal: C, O, N, S, P, Si, se aplican en elementos de alta resistencia a la corrosión y la temperatura, entre los cuales tenemos: el carburo de



silicio, nitruro de silicio, aplicados discos de frenos, toberas y alabes de turbinas, discos de generadores, bujías, etc.

## 2. Cerámico tradicional

Entre los cuales tenemos arcillas, calizas, caolín, cuarzo, sílice magnesia, feldespato, granito, cantería, mármol, sillar, piedra de huamanga.

### c) Polímeros

- Constituido por una molécula básica que se repite indefinidamente llamada monómero o "mer"
- Se agrupan en elastómeros y plásticos
- Los plásticos son: termoestables y termodeformables
- Entre estos tenemos los siguientes:

Caucho, Etileno vinil acetato (EVA), Neopreno, polietileno de baja densidad (LDPE), polipropileno (PP), polietileno de alta densidad (HDPE), poliestireno (PS), policloruro de vinilo rígido (RPVC), policloruro de vinilo flexible (FPVC), resinas epóxicas, poliuretano, resinas alquílicas.

### d) Semiconductores

Estos materiales han sido fundamentales para el vertiginoso avance de la electrónica en los últimos años, posibilitando el desarrollo de tecnologías de vanguardia. Gracias a sus propiedades, ha sido posible fabricar circuitos altamente complejos en espacios extremadamente reducidos, alcanzando escalas de milímetros e incluso nanómetros. Entre los materiales más representativos se encuentran el silicio (Si), el cadmio (Cd), el galio (Ga), el estaño (Sn), junto con sus respectivos compuestos químicos:



## e) **Compuestos**

Es la unión de 2 o más materiales simples en cual cada uno aporta con sus propiedades, para formar otro con propiedades mejoradas

Dentro de los materiales compuestos utilizados en diversas industrias, se pueden destacar los siguientes: mampostería, maderas estructurales reforzadas, concreto armado, y materiales avanzados como la fibra de carbono combinada con resina epóxica empleada en las fabricaciones de flaps y alerones de aeronaves. También se incluye la fibra de boro con resina epóxica, utilizada en estructuras como el fuselaje del avión invisible. Otros ejemplos son el Kevlar, el nailon y el poliéster, combinados con adhesivos o resinas epóxicas, ampliamente aplicados tanto en la aviación civil como militar. Además, materiales como los asfaltos, compuestos por brea, hormigón y aditivos, también forman parte de esta categoría por su resistencia y funcionalidad.

## **Importancia de los materiales en ingeniería**

Los materiales son tan importantes dado que de estos se fabrican los elementos y piezas de los mecanismos, máquinas y sistemas en las aplicaciones de ingeniería, se inicia con el diseño y la adecuada selección del material de acuerdo a las propiedades y los requisitos que deben tener para un determinado elemento, el cual cumplirá una determinada función luego un correcto proceso de fabricación y posterior ensamblaje de esto dependerá el eficiente trabajo que estos tendrán durante el funcionamiento en la aplicación.



Procesamiento de los materiales

Para dar la forma y dimensiones finales que deben tener los elementos y piezas componentes de un mecanismo, maquina o sistema hay diferentes procesos utilizados para este fin. Entre ellos tenemos:

Fundición

Consiste, el llegar al material hasta el estado líquido luego verterlo en moldes de forma dimensiones deseadas y dejarlo enfriar hasta solidificarse posteriormente se desmolda y se le da el acabado final

Conformado con máquinas herramientas

Mediante este procedimiento el material en estado sólido es labrado a la forma y dimensiones requeridas mediante la utilización de máquinas herramientas, tales como torno, fresa, taladro, cepillo, rectificadora, centros de mecanizado, etc.

Conformado por deformaciones plásticos (en frio y caliente)

Usando la propiedad de la plasticidad de los materiales se les da la forma y dimensiones requeridas, mediante la deformación plástica del material en frio y caliente, usando máquinas tales como: roladora, extrusora, dobladora, trefiladora, estampadora, repujadora y otras mas

### **2.2.3. Soldadura**

Mediante este proceso se fabrican partes o piezas, las cuales son de forma sencilla y se unen mediante los diferentes procedimientos de soldar, en él cual, estos se calientan por debajo o sobre el punto de fusión, con o sin aplicaciones de presiones y con o sin material de aporte.



## Pulvimetalurgia

Este proceso consiste en usar los materiales en polvo, mezclarlos adecuadamente luego comprimirlos en matriz de forma y tamaño deseado, se lo extraes de la matriz y se lo sinteriza (calienta) en un horno a temperatura adecuada, finalmente se lo enfría y se lo da el acabado final

## Tratamientos térmicos

Conjunto de operaciones de calentamiento y enfriamiento a los cuales se les somete a las piezas o elementos metálicos con el propósito de darle la propiedad y/o características mecánicas finales de aplicación, sin modificar su composición química. Entre estos tenemos

### a) Normalizado

Tratamiento térmico cuyo objetivo es devolver al material sus propiedades previas a u tratamiento térmico imperfecto. Este proceso implica elevar la temperatura del material hasta un nivel específico durante un periodo de tiempo definido, para luego permitir su enfriamiento de forma natural al aire, sin intervención forzada.

### b) Recocido

El propósito de este tratamiento térmico es disminuir la dureza del material para proporcionar su conformado o mecanizado. Consiste en calentar el material hasta una temperatura determinada, mantenerlo allí durante un tiempo determinado y luego enfriarlo de manera gradual dentro del horno.



c) Temple

Tratamiento térmico cuyo objetivo es endurecer el material, aumentando su resistencia mecánica y dureza mediante la formación de martensita, para lo cual se calienta el material a temperatura adecuada por un tiempo determinado y luego se lo enfría rápidamente por inmersión en un fluido

d) Revenido

Es un tratamiento complementario al temple que tiene por objetivo disminuir la dureza lograda en temple, para mejorar la tenacidad del material eliminando tensiones internas del temple

#### **2.2.4. Aluminio**

El aluminio es de color blanco o blanco grisáceo si esta oxidada su superficie. A diferencia de la oxidación o herrumbre del hierro, que continúa formándose, la superficie oxidada delgada del aluminio impide que avance la corrosión. El aluminio tiene un peso de 168.5 lb/pie<sup>3</sup> en comparación con 487 lb/pie<sup>3</sup> para el acero, y el aluminio puro funde a 660 °C (1220°F)

El aluminio se clasifica en dos tipos, maleable y vaciado o fundido. El aluminio maleable se trabaja en frío y se endurece por deformación, laminándolo, estirándolo, sometiéndolo a extrusión formándolo o trabajándolo en caliente por forjado. El aluminio fundido se vacía por gravedad en moldes de arena y moldes permanentes o se inyecta a alta presión en matrices. El aluminio vaciado generalmente es menos duro y resistente que los productos forjados, pero sin embargo, algunos tipos se pueden endurecer por tratamientos térmicos.

El aluminio puro resistente a la corrosión mejor que las aleaciones de aluminio, por lo cual, en donde la corrosión



## **2.2.5. Tipos de aluminio**

Se dividen principalmente en aleaciones. Estas aleaciones se clasifican en:

### **Serie 1000**

Aluminio puro, con alta pureza y buena resistencia a la corrosión, gran maleabilidad y acabados excelentes. Además, no es tóxico

### **Serie 2000**

Con aleación de cobre, esta aleación presenta mayor resistencia mecánica y asimismo a la corrosión, aunque con menor maquinabilidad que otras series

### **Serie 3000**

Con aleación de manganeso, por lo que presenta mayores resistencias mecánicas y a la corrosión, con buena maleabilidad

### **Serie 4000**

Con aleación de silicio, que permite mayor resistencia a la temperatura. Por ejemplo, se usa en fabricación de pistones de motor de combustión interna.

### **Serie 5000**

Con aleación de magnesio, tiene un elevado nivel de resistencia a la corrosión. Por ejemplo, agua de mar

### **Serie 6000**

Con aleación de magnesio y zinc tiene una resistencia mecánica y altas resistencias a la corrosión y excelente a la soldadura

### **Serie 7000**

Con aleación de zinc, permite una gran resistencia mecánica, se aplica en equipos móviles y estructura de aviones o aeronaves.

## Serie 8000

Esta serie presenta aleaciones de aluminio con otros elementos que no se han considerado en las anteriores series

### Significado de los dígitos de la serie

El primer dígito indica elemento de la aleación metálica, el segundo dígito si es 0 indica que no hay modificaciones en la aleación propia; si es diferente de 0 indica modificación de la aleación. El tercer y cuarto dígitos representan aleaciones específicas

### 2.2.6. Curvas de deformación vs esfuerzo

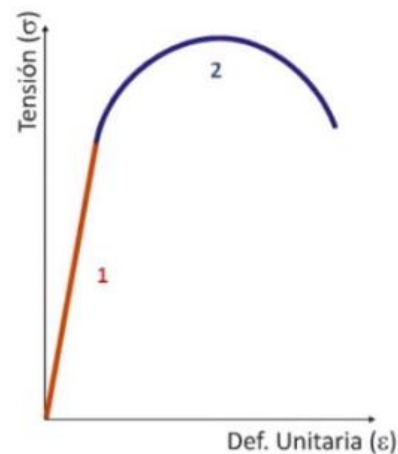
Es una gráfica que ilustra cómo responde un material ante una carga aplicada, mostrando la relación entre el esfuerzo ejercido y la deformación que este genera.

#### Figura 6.

*Curva deformación vs esfuerzo*

1. ZONA ELÁSTICA

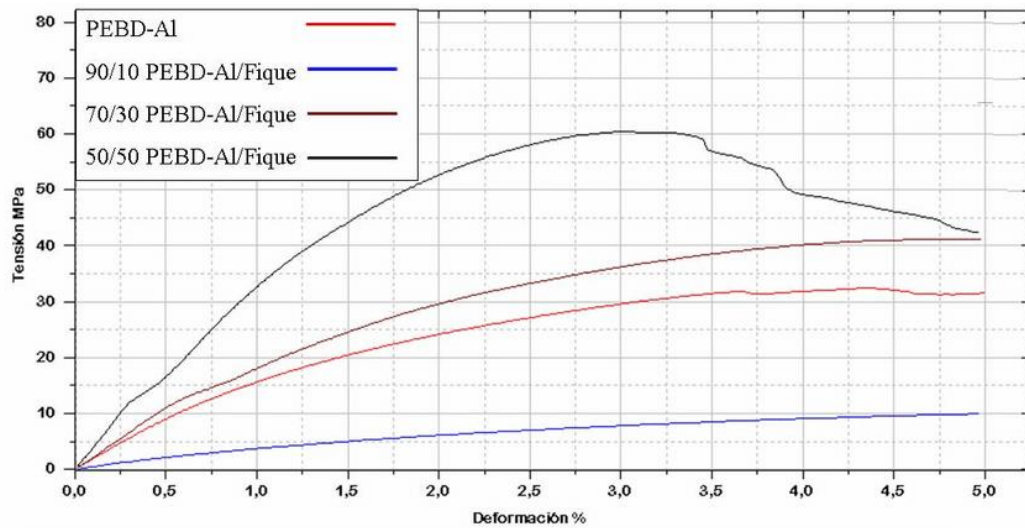
2. ZONA PLÁSTICA



**Nota:** (Espeza, 2021)

**Figura 7.**

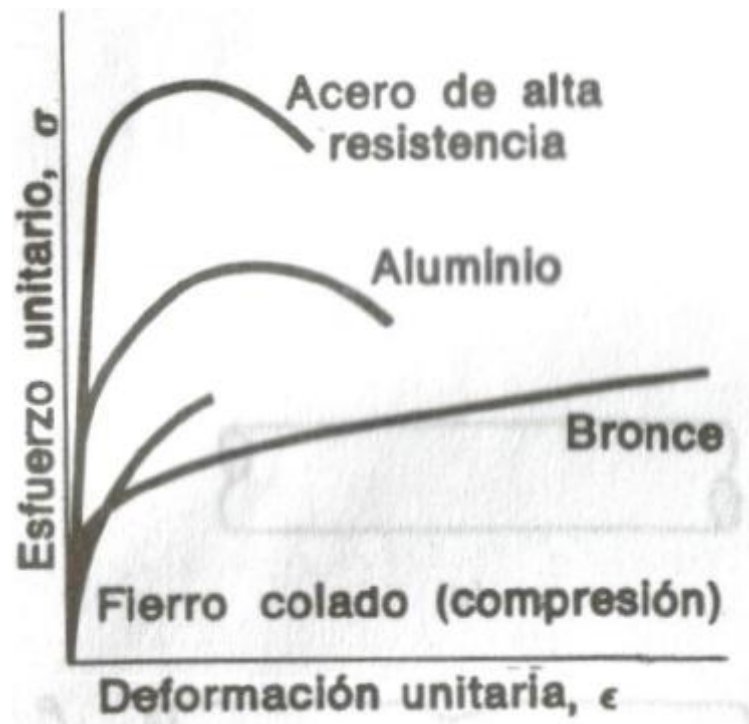
*Curva esfuerzo -deformación. ensayo de flexión.*



**Nota:** (Hidalgo y otros, 2011)

**Figura 8.**

*Diagrama esfuerzo deformación unitaria de otros materiales*



**Nota:** (Manuel, 2010)



## 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

- Temperatura de precalentamiento: Temperatura a la que se calienta el aluminio antes de soldar para optimizar la calidad de la soldadura y reducir las tensiones térmicas.
- Soldadura de aluminio: Proceso de unión de piezas de aluminio mediante la aplicación de calor y/o presión.
- Propiedades mecánicas de la soldadura: Características de la soldadura que determina su comportamiento bajo cargas y esfuerzos, como las resistencias a la tracción, la dureza y la resistencia a la fatiga.



## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Tipo de investigación es cuantitativo.

De acuerdo con Bunge (1971), la investigación aplicada tiene como finalidad abordar y resolver problemas específicos y claramente identificables.

Enfoque de investigación

Según Sampieri et al. (2004), el enfoque cuantitativo se basa en un razonamiento lógico-deductivo, orientado a la formulación de preguntas e hipótesis que luego son verificadas mediante procedimientos sistemáticos.

#### 3.2. ÁMBITO DE INVESTIGACIÓN

La presente estudio se desarrolla en la ciudad de Juliaca

**Figura 9.**

*Ubicación de la ciudad de Juliaca*



### 3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

#### Población

Según Pineda et al. (1994, p. 108), la población o universo en una investigación se describe al conjunto de personas u objetos sobre los cuales se busca obtener información.

#### Muestra

Según Luis (2004), la muestra representa una porción del total de la población o universo sobre la cual se realizará el estudio. Existen distintos métodos, como



fórmulas y criterios lógicos, que permiten determinar su tamaño adecuado. Esta debe ser representativa para garantizar la validez de los resultados logrados.

$$n = \frac{z^2 * p * q}{e^2}$$

Donde:

n: Muestra

z: Nivel de confianza

q: Probabilidad de que no ocurra el evento

p: Probabilidad de que ocurra el evento

E: Margen de error

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recopilación de informaciones

#### Técnicas

- Observación:

Es la técnica de examinar y registrar de manera sistemática un fenómeno para obtener información.

- Investigación documental:

Es la técnica que se basa en la revisión y análisis de documentos, libros y otros materiales escritos.

#### Instrumentos

- Instrumentos de observación:

Pueden ser diarios de trabajo, cuadernos de notas, cámaras de video, o software de análisis de datos.



- Documentos:

Pueden ser libros, artículos, informes, o cualquier otro material escrito que se utilice como fuente de información.

### **3.5. RECOLECCIÓN DE DATOS**

Se ejecutó el análisis de los elementos automotrices que son de material aluminio, para ello se trajo la técnica de observación, seguidamente se realizó el análisis del proceso de soldadura de aluminio 4032 se utilizó la técnica de observación e investigación documental. Por último, se realizaron curvas que se observa en el ítem 4.2. del capítulo IV.



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. PRESENTACIÓN




Se han llegado en la presente investigación.

#### 4.2. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

Partes del motor de combustión interna que son material de aluminio para soldadura

- Pistón
- Culata o tapa de cilindros
- Monoblock o bloque de cilindros
- Otras partes de material aluminio

**Tabla 3.***Elementos automotrices*

Elementos automotrices	
Pistón	
Culata o tapa de cilindros del motor	
Monoblock o bloque de cilindros	
Otras partes que son de material de aluminio	

**4.2.1. Proceso de soldadura de aluminio 4032****Limpieza para soldadura de aluminio**

Es importante limpiar y preparar la superficie de soldadura para eliminar cualquier suciedad, óxido o grasa

**1. Eliminación de impurezas:**

Utiliza un cepillo de alambre o de acero inoxidable para eliminar la capa de óxido y cualquier suciedad visible de la superficie del aluminio.

## 2. Limpieza con disolvente o desengrasante:

Aplica un disolvente o desengrasante para eliminar aceites, grasas y cualquier resto de impurezas. Algunas opciones comunes son la acetona, un desengrasante cítrico o una solución alcalina suave.

## 3. Enjuague y secado:

Después de aplicar el disolvente, enjuaga la superficie con agua limpia y sécala completamente antes de soldar.

### **Figura 10.**

*Limpieza de elemento automotriz a soldar*



### **Pre calentamiento**

El pre calentamiento de elementos automotrices de material aluminio como pueden ser culata o tapa de cilindro, pistones, monoblock y otras partes; antes de soldar es un paso muy importante que influye:

Reducción de tensiones térmicas

Mejora de la fluidez del metal

## Reducción de porosidad

La temperatura de precalentamiento recomendada debe ser en el rango de 150 °C y 250°C, dependiendo del espesor del material a soldar.

El precalentamiento puede realizarse utilizando soldadura oxiacetilénica y hornos

### **Figura 11.**

*Precalentamiento del elemento automotriz a soldar*



### **Control de la temperatura**

Es importante controlar la temperatura durante el proceso de soldadura para evitar la formación de porosidad o la distorsión del material. Para controlar la temperatura de precalentamiento para soldadura de aluminio se utiliza un termómetro digital laser para no sobrepasar del rango indicado

**Soldadura TIG:** Es un proceso común para soldar aluminio 4032, ya que ofrece un control preciso sobre el calor y velocidad de soldadura

**Soldadura MIG** se puede utilizar con éxito para unir aleaciones de aluminio. El proceso es más adecuado para espesores de material más delgados, como láminas de aluminio, ya que requiere menos calor que para placas más gruesas. El argón puro es el gas de protección preferido para este proceso y el alambre o varilla de soldadura utilizado debe tener una composición lo más similar posible a la de las piezas que se van a soldar.

Espesores delgados

**Figura 12.**

*Relleno de bordes del conducto de agua corroído*



**Figura 13.**

*Curva de deformación de la culata*



**Nota:** (Ramirez y otros, 2021)

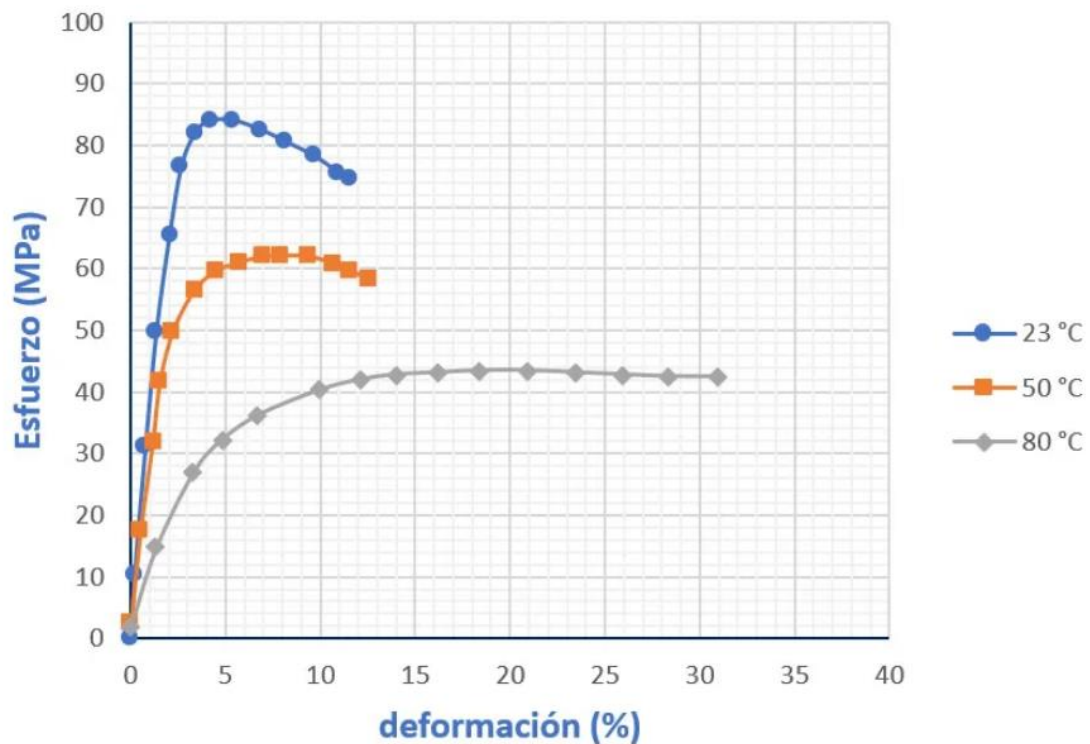
**Tabla 4.**

*Propiedades mecánicas del aluminio 4032 forjado*

Propiedad	Valor
Resistencia a la tracción (MPa)	390 -455
Limite elástico (MPa)	310 – 375
Elongación (%)	8 – 12
Dureza (HB)	120 – 140

**Figura 14.**

*Curva esfuerzo – deformación de un metal (aluminio) con influencia de la temperatura*



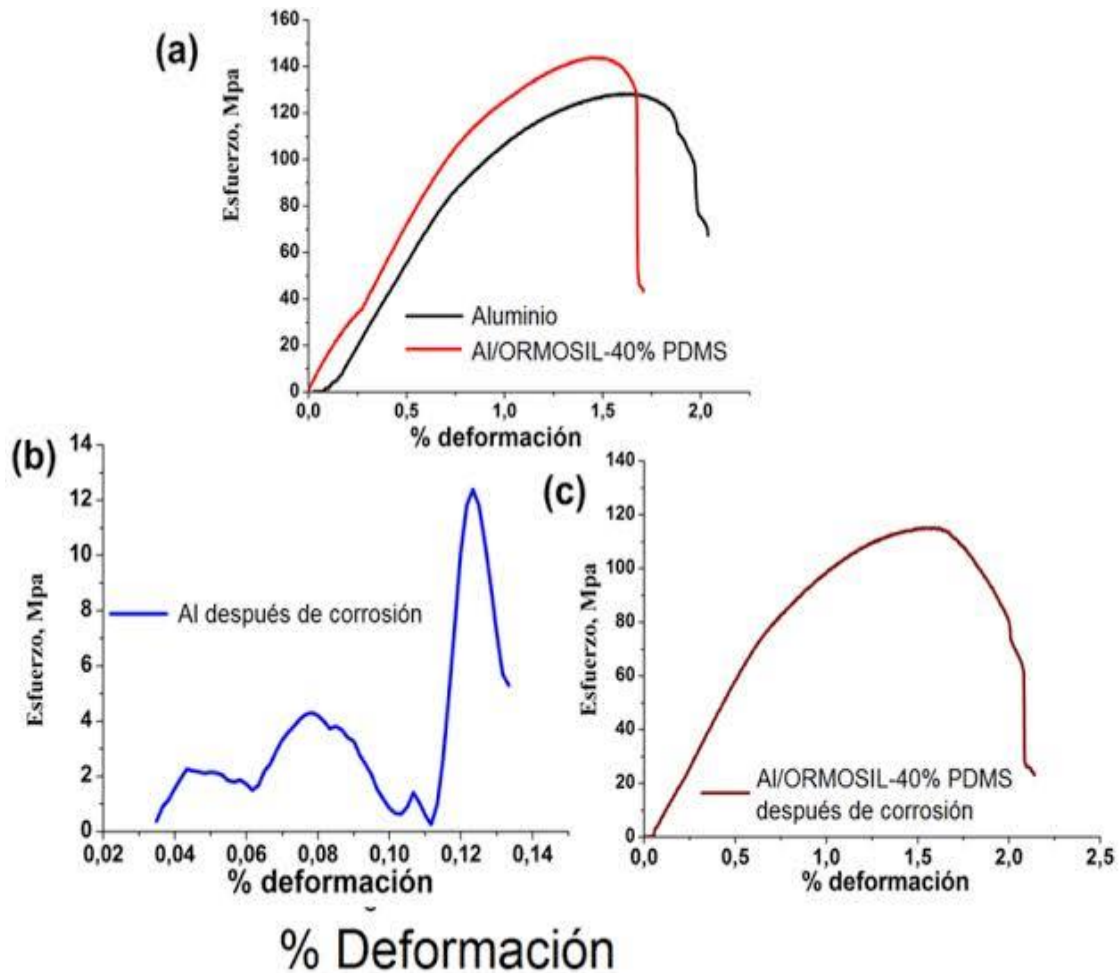
**Nota:** (Costa, 2024)

La curva de esfuerzo-temperatura en metales muestra cómo la resistencia a la deformación cambia con la temperatura. Generalmente, el esfuerzo requerido para deformar un metal disminuye al aumentar la temperatura, haciéndolo más blando y dúctil. Este efecto se debe a que la energía térmica hace que los átomos vibren más, debilitando los enlaces y permitiendo deformaciones más fáciles.

**El diagrama esfuerzo-deformación del aluminio en un monoblock es un gráfico que muestra la respuesta del material (aluminio) a una carga de tracción, dividiéndose en una región elástica lineal y una región plástica no lineal.**

**Figura 15.**

Curva esfuerzo – deformación de un metal (aluminio) con influencia de la temperatura



**Nota:** Yznaga, Hector & Tellez, Maria & Aguirre Flores, Rafael & Ortiz, José & Avalos, Felipe & Tellez-Rosas, Maria. (2015). Modelos para la simulación computacional del moldeo por inyección.



### **Aumento de la temperatura:**

Los átomos del metal vibran más, lo que debilita los enlaces entre ellos y facilita la deformación bajo tensión.

### **Disminución del esfuerzo requerido:**

La energía térmica reduce la resistencia del metal, requiriendo menos esfuerzo para deformarlo.

### **Cambio en la curva:**

La curva esfuerzo-deformación se desplaza hacia arriba, mostrando que la resistencia y el límite elástico a la tensión disminuyen con la temperatura.

### **Aumento de la ductilidad y tenacidad:**

A temperaturas elevadas, los metales tienden a volverse más dúctiles y tenaces, pudiendo deformarse más sin romperse.

### **Consideraciones adicionales:**

*Materiales específicos:* La respuesta a la temperatura varía según el tipo de metal y sus propiedades.

*Límite de fluencia:* El límite elástico, donde comienza la deformación permanente, también disminuye con la temperatura.

*Módulo de elasticidad:* A medida que la temperatura se incrementa, la pendiente de la curva en la zona elástica correspondiente al módulo de elasticidad tiende a reducirse.



### 4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

(Espín & Tene, 2013) de la Universidad Técnica de Ambato, en su tesis titulada "Estudio de la temperatura de precalentamiento en el procedimiento de soldadura SMAW en el hierro fundido gris y su incidencia en las propiedades mecánicas de la junta soldada Resultado. En el análisis se aplicaron distintas temperaturas de precalentamiento 21 °C, 100 °C, 200 °C, 300 °C, 400 °C, 500 °C, 600 °C y 370 °C utilizando un modelo predictivo basado en la composición química del material y el cálculo del equivalente de carbono para determinar la temperatura mínima necesaria que evite el agrietamiento.

(López & Cornejo, 2021). de la Universidad Técnica de Ambato, en su tesis titulada "Estudio para la optimización del proceso de soldadura de aluminio, aplicado en la reconstrucción de cabezotes de vehículos, en la rectificadora de Motores M. Noboa". En este estudio se trabajó con componentes del sector automotriz, aplicando el proceso de soldadura TIG con diversos parámetros, como el amperaje, los tiempos de acción de los gases, la limpieza superficial del aluminio y el tratamiento de limpieza por método eléctrico. Se evaluaron propiedades como la dureza y la resistencia a la tracción. Dado que estas piezas están destinadas a aplicaciones térmicas y de alta precisión, y no deben ser sometidas a modificaciones significativas, se optó por realizar ensayos no destructivos, preservando así la integridad del cabezote de aluminio.



## CONCLUSIONES

- PRIMERA:** Se determina que existe una influencia de la temperatura de precalentamiento en el proceso de soldadura de aluminio en los elementos automotrices para lograr la fundición de manera homogénea en la unión soldada respectiva
- SEGUNDA:** Los elementos automotrices que se pueden soldar son el pistón, la culata, el monoblock y algunas partes de material aluminio para recuperar elementos originales y economizar costos de adquisición, para mantener repuestos originales del motor porque los similares no tienen la misma calidad.
- TERCERA:** La temperatura de precalentamiento tiene un impacto significativo en el proceso de soldadura, recomendándose un rango entre 150 °C y 250 °C, el cual varía según el espesor del material a unir.
- CUARTA:** Con el proceso de precalentamiento para soldadura de las partes fracturadas del material aluminio se logra mantener sus propiedades mecánicas a la cual está diseñado para la resistencia de rozamiento y esfuerzos a los que está sujeto, además la porosidad mínima que en la soldadura en frío; con esto se minimiza costos de adquisición de repuestos.



## RECOMENDACIONES

- PRIMERA:** Se recomienda a futuros investigadores de la soldadura realizada de los elementos automotrices debería realizarse ensayos de laboratorio.
- SEGUNDA:** Se recomienda realizar mantenimientos preventivos para poder mantener la originalidad de los elementos de automotrices.
- TERCERA:** Se recomienda evitar el precalentamiento en los motores de combustión porque ocasiona deformaciones, fractura de estos elementos automotrices.
- CUARTA:** Se recomienda realizar tratamientos térmicos como templado y revenido para mejores resultados.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arroba, C., & Toapanta, R. (2015). *Estudio del proceso de soldadura por fricción agitación (FSW) y su incidencia sobre las propiedades mecánicas en uniones de perfiles de aluminio*. Universidad Técnica de Ambato.
- Aspilcueta, A. (2014). *Determinación experimental del precalentamiento óptimo mediante el método Tekken para evitar la fisuración en uniones de planchas de acero estructural T-1*. Universidad Nacional de Moquegua.
- Bunge, M. (1971). *Estrategias y fundamentos de la investigación científica*.
- Canahua, N. (2022). *Análisis comparativo entre soldadura SMAW y GTAW en aceros inoxidable AISI 304 para evaluar resistencia y dureza*. Universidad Nacional de Tacna.
- Costa, J. A. (15 de febrero de 2024). *Efectos de la temperatura sobre las propiedades de los materiales*. Centro Tecnológico de Materiales Avanzados. <https://www.ctma.org/blog/efectos-temperatura-materiales>
- Cuno, R. J. (2024). *Estrategias de gestión de riesgos para la seguridad laboral en una empresa de repuestos pesados en Juliaca 2023*. Universidad Peruana de los Andes.
- Espeza, J. P. (2021). *Análisis de las propiedades mecánicas: curva esfuerzo-deformación*. Universidad Privada del Norte.
- Espín, S., & Tene, O. (2013). *Evaluación del precalentamiento en soldadura SMAW del hierro fundido gris y su efecto en las propiedades de la junta*. Universidad Técnica de Cotopaxi.



- Hidalgo, M. A., Muñoz, M. F., & Quintana, K. J. (2011). *Comportamiento mecánico del compuesto polietileno-aluminio reforzado con fibras naturales de fique*. *Revista Latinoamericana de Materiales*, 3(15), 200-210. <https://revlatmat.org/articulos/polietileno-aluminio-fique>
- Jara, R. (2020). Evaluación comparativa de defectos internos y superficiales en uniones soldadas de aluminio AA1100 mediante procesos FSW y MIG. Universidad Andina del Cusco.
- Julca, Y. (2024). Efecto del precalentamiento en la soldadura del acero DIN 1.8915 y su relación con la dureza y resistencia mecánica. Universidad Privada Antenor Orrego.
- López, J., & Cornejo, J. (2021). Propuesta de optimización en la soldadura de aluminio aplicada a la reparación de cabezotes automotrices en talleres de rectificación. Universidad Técnica del Norte.
- López, J., & Rodríguez, J. (2015). Incidencia de la temperatura de precalentamiento en la dureza y en la microestructura de uniones soldadas de acero P460NL1 mediante SAW y FCAW. Universidad Nacional de Piura.
- Mamani, M. (2018). Análisis de parámetros de soldadura para la reparación de piezas de hierro fundido gris. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- Manuel, P. (22 de noviembre de 2010). Introducción a la metalografía y su aplicación en ensayos de materiales. Universidad Tecnológica de Pereira. <https://materiales.utp.edu.co/blog/metalografia-ensayos>



- Paredes, J., Pérez, C., & Castro, C. (2017). *Análisis de las propiedades mecánicas del compuesto de matriz poliéster reforzado con fibra de vidrio 375 y cabuya aplicado a la industria automotriz*. Universidad Tecnológica Equinoccial.  
<https://doi.org/https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=93216218>
- Portillo, E. (2018). *Influencia de la humedad del aire en los electrodos de soldadura SMAW y su incidencia en la calidad de los productos soldados*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Quispe, R. (2020). *Diseño y construcción de moldes permanentes en bronce para fabricación de cabezas de león ornamentales de aluminio, en la empresa Fabrimetx, Espinar - Cusco*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Ramirez, D. A., Gil, A. F., & Herrera, L. K. (2021). Estudio de la resistencia a la tracción de depósitos de soldadura de la aleación AA2024-T3. *Ciencia y Poder Aéreo*, *1*(16), 18-38.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.708>
- Ruiz, A. (2021). *Estudio de la rugosidad superficial en el proceso de torneado basado en las normas ISO 1302 de un acero AISI 4140 para verificar la calidad*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Sampieri, R., Fernández, C., & Lucio, P. (2004). *Metodología de la investigación*. Mc Graw Hill. Mexico.
- Vaca, W., & Aldás, M. (2015). *Análisis de la temperatura de precalentamiento en el proceso de unión de tuberías de agua de hierro nodular mediante soldadura SMAW con electrodo revestido AWS ENIFE – C y su incidencia*



*en las propiedades mecánicas de la junta soldada.* Universidad técnica de Ambato.

Vega, E. (2023). *Estudio del comportamiento mecánico de uniones soldadas de aluminio 6061 (10 mm) con aporte ER 4043 mediante el proceso GMAW, en aplicaciones estructurales.* Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.



# APÉNDICES



Apéndice 1. Matriz de consistencia

Título: INFLUENCIA DE TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO EN PROCESO DE SOLDADURA DE ALUMINIO PARA MEJORAR PROPIEDADES MECÁNICAS DE ELEMENTOS AUTOMOTRICES, JULIACA 2024

Problemática	Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables
<p>No seguir el procedimiento de soldadura adecuado o escribir un procedimiento inadecuado es otro factor que contribuye a la falla de la soldadura.</p> <p>Sin embargo, estas propiedades pueden verse degradadas cuando se expone el material a temperaturas superiores a los 100°C, limitando su uso. Por esta razón resulta de gran interés mejorar las propiedades del aluminio, tanto a temperatura ambiente como a altas temperaturas.</p> <p>Recuerde utilizar correctamente el precalentamiento y controlar la temperatura entre pasadas. Los procedimientos escritos correctamente con una temperatura adecuada de precalentamiento y entre pasada disminuyen la velocidad de enfriamiento en el material base y en el depósito de soldadura. En última instancia, esto ayuda a reducir el riesgo de agrietamiento por hidrógeno al soldar aceros al carbono y de baja aleación o materiales similares.</p> <p>Se forma porosidad, cuando esta frío no se funde calentando</p>	<p><b>Problema General</b> ¿De qué manera se puede determinar la influencia de temperatura de precalentamiento en proceso de soldadura de aluminio para mejorar propiedades mecánicas de elementos automotrices, Juliaca 2024?</p> <p><b>Problemas Específicos</b> PE1 ¿Qué criterios se utilizará para el proceso de soldadura y los elementos a soldar? PE2 ¿Qué metodología se utilizará para determinar la influencia de temperatura de precalentamiento en proceso de soldadura de aluminio? PE3 ¿Cómo se puede mejorar las propiedades mecánicas de elementos automotrices?</p>	<p><b>Objetivo General</b> Determinar la influencia de temperatura de precalentamiento en proceso de soldadura de aluminio para mejorar propiedades mecánicas de elementos automotrices, Juliaca 2024</p> <p><b>Objetivos Específicos</b> Utilizar criterios para el proceso de soldadura y los elementos a soldar Determinar la influencia de temperatura de precalentamiento en proceso de soldadura de aluminio Mejorar las propiedades mecánicas de elementos automotrices</p>	<p><b>Hipótesis General</b> Si se determina la influencia de precalentamiento en proceso de soldadura de aluminio entonces se podrá mejorar las propiedades mecánicas de elementos automotrices</p> <p><b>Hipótesis Específicas</b> Si se analiza los procesos de soldadura y los elementos a soldar entonces se podrá determinar la influencia de la temperatura de precalentamiento Si se determina la influencia de la temperatura de precalentamiento en proceso de soldadura de aluminio entonces se podrá proponer una mejora en las propiedades mecánicas Si se mejora las propiedades mecánicas de elementos automotrices entonces será tanto técnica y económicamente justificable</p>	<p><b>Variable independiente</b> Temperatura de precalentamiento en proceso de soldadura de aluminio</p> <p><b>Variable dependiente</b> Propiedades mecánicas de elementos automotrices</p>

## Apéndice 2. Otros

Vista de culata que requiere proceso de soldadura



Vista de la falda del pistón que requiere proceso de soldadura





## ESTUDIO DEL ALUMINIO EN AW-4032 UTILIZADO EN PISTONES PARA MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

Joselyn Rafaela Mina Alban

katherinevelena@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-7733-1568>

Instituto Superior Tecnológico Tecnoecuatoriano - Ecuador

Christian Patricio Cabascango Camuendo

ccabascango@istte.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4927-0832>

Instituto Superior Tecnológico Tecnoecuatoriano - Ecuador

Recibido: 10/10/22

Aceptado: 15/11/22

Publicado: 01/01/23

### RESUMEN

La investigación caracterizó los elementos presentes en las aleaciones de aluminio que conforman un pistón. Además, describió las propiedades que aportan cada elemento al producto. Para ello, se realizó una prueba de espectrometría por chispa en dos pistones en dos motores distintos. Luego de la prueba, se pudo caracterizar que ambos pistones tienen la nomenclatura de EN AW-4032, sin embargo, los pistones se encuentran funcionando en dos sistemas de inyección diferentes, razón por la cual, también se investigó como el rango de funcionamiento de cada motor afecta a la estructura de cada pistón. La distribución de los materiales es muy similar y proporciona una estructura estable, no obstante, el pistón del motor GDI se mira más alivianado en los laterales y en el centro concentra mayor masa, mientras que el pistón del motor MPFI presenta una distribución homogénea en todo el cuerpo. El estudio presenta las características de los componentes y la temperatura de trabajo en un motor. Al parecer, los pistones son muy similares en cuanto a la distribución de los metales, sin embargo, el proceso de fabricación influye en las características de resistencia.

**PALABRAS CLAVE:** EN AW-4032, pistón, GDI, MPFI, aleación aluminio.



## STUDY OF ALUMINUM IN AW-4032 USED IN PISTONS FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINES

### ABSTRACT

The research characterized the elements present in the aluminum alloys that make up a piston. In addition, he described the properties that each element contributes to the product. For this purpose, a spark spectrometry test was carried out on two pistons on two different engines. After the test, it was possible to characterize that both pistons have the nomenclature of EN AW-4032, however, the pistons are running on two different injection systems, which is why, also investigated how the range of operation of each engine affects the structure of each piston. The distribution of the materials is very similar and provides a stable structure, however, the GDI engine piston looks more relaxed on the sides and in the center concentrates more mass, while the MPFI motor piston has a homogeneous distribution throughout the body. The study presents the characteristics of the components and the working temperature in a motor. Apparently, pistons are very similar in terms of the distribution of metals, however, the manufacturing process influences the strength characteristics.

**KEY WORDS:** EN AW-4032, piston, GDI, MPFI, alloy aluminum.

Mina Alban, J. y Cabascango Camuendo, C. (2023). Estudio del aluminio EN AW-4032 utilizado en pistones para motores de combustión interna. *Revista Cotopaxi Tech*, 3(1), 47-58.  
<http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/142>



### 1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia moderna, el ser humano ha producido cambios tecnológicos significativos en el sector automotriz, convirtiéndose en una de las industrias manufactureras más innovadoras y automatizadas. Esta se encuentra en constante adaptación de nuevas tecnologías y metodologías que les permita desarrollar procesos para el uso de recursos en la producción de materiales para la industria (CEPAL, 2022).

De esta manera, se pueden reducir las pérdidas durante la fase de producción del material y alcanzar un aumento en la durabilidad del mismo (CAPEL, 2022). Según lo mencionado por Van Hoof, Núñez y De Miguel, (2022), citados en el estudio de la CEPAL (2022): "estas metodologías incluyen análisis del flujo de materiales, análisis del ciclo de vida y medición de huellas ecológicas a partir del consumo de agua, energía y suelo, y la generación de emisiones" (p. 168).

En los países de la región, la producción de elementos automotrices se ha vuelto muy compleja. Los modelos de transformación productiva requieren desarrollar nuevos métodos de producción y negocio, que generen una extracción eficiente de los recursos (CEPAL, 2022). Además, los productos que se fabrican, deben competir con productos e insumos importados de menor valor. Sin embargo, frente a este panorama, existen iniciativas de la región, que destacan hojas de ruta y estrategias nacionales de economía circular (CEPAL, 2022).

Adicionalmente, "en los últimos años se ha realizado un impulso al desarrollo de la matriz productiva en diferentes ámbitos de la producción, en donde se pide la creación de partes y piezas en gran cantidad" (Padilla, Cuaical y Buenaño, 2019, p. 2). Sin embargo, el desarrollo de una economía circular y de producción de elementos dentro del mercado, debe iniciar por conocer el elemento y su proceso de fabricación, pero, se debe tener en cuenta que las características de los elementos que contiene cada pieza fabricada, todavía no se han caracterizado del todo.

Los pistones juegan un papel fundamental en el trabajo que realiza el motor. Estos se encuentran en constante contacto con las altas temperaturas, fricción y los esfuerzos que son generados por la combustión que se da en la cámara los desgastan. Si su aleación no es la adecuada, puede llegar a desbalancearse y generar cascabeleo que puede afectar a más elementos internos del motor.

Es por ello, que la presente investigación se centró en realizar un estudio de la aleación y las características que le aportan cada elemento al pistón de aluminio EN AW-4032, utilizado en motores de combustión interna con sistema de inyección directa de gasolina (GDI) y pistón con sistema de inyección multipunto (MPFI). La razón de comparar estos dos pistones es porque según los datos proporcionados por el CIMA (2021) el parque automotor ecuatoriano tiene más de 15 años. Consecuentemente, en unos cuantos años más ya no se tendrá en stock algunas piezas, entre ellas el pistón.

Mina Alban, J. y Cabascango Camuendo, C. (2023). Estudio del aluminio EN AW-4032 utilizado en pistones para motores de combustión interna. *Revista Cotopaxi Tech*, 3(1), 47-58.  
<http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/142>

## 2. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS / MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio toma como metodología de investigación la descriptiva, ya que se va a caracterizar la cantidad de elementos metálicos presentes y cuáles son las características que aportan cada elemento a la aleación de aluminio 4032 de un pistón de inyección indirecta y un pistón de inyección directa. El análisis de los datos recopilados determinó las características esenciales y parámetros de funcionamiento del motor que afectan a los pistones mencionados. Además, se utilizó investigación correlacional, al plasmar en una tabla los resultados de las pruebas de espectrometría óptica por chispa, realizados en una máquina Bruker, modelo Q4 Tasman, bajo la normativa UNE-EN ISO 17072-2.

### Figura 1

Máquina Bruker modelo Q4 Tasman.



Fuente: autoría propia.

## 3. RESULTADOS

El estudio realizado arrojó la siguiente distribución de datos, que se pueden observar en la Tabla 1, donde la distribución y la presencia de metales generan la característica y la clasificación de la familia a la que pertenece el aluminio (Al). Es decir, con cantidades de 84,52% y 83,12% de Al. Esto determina que es un metal base, lo que determina que se trata de aleaciones de aluminio y el metal que le sigue con porcentajes altos es el silicio (Si), con valores de 12,10% y 12,93%. Entonces, se deduce que existe una aleación de aluminio-silicio (International Alloy Designation System, 2012, p. 38). Los porcentajes dados están en función a la cantidad de composición química de ambas muestras.

Tabla 1

Quantificación de metales presentes en las muestras.

Metales	Pistón Chevrolet (%)	Pistón Mazda (%)
Silicio (Si)	12,10	12,93
Hierro (Fe)	0,395	0,369
Cobre (Cu)	0,999	1,195
Manganeso (Mn)	0,056	0,160

Mina Alban, J. y Cabascango Camuendo, C. (2023). Estudio del aluminio EN AW-4032 utilizado en pistones para motores de combustión interna. *Revista Cotopaxi Tech*, 3(1), 47-58. <http://ois.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/142>

## cotopaxitech

Magnesio (Mg)	0,764	0,881
Cromo (Cr)	0,044	0,012
Níquel (Ni)	0,934	0,968
Zinc (Zn)	0,057	0,192
Titanio (Ti)	0,063	0,075
Galio (Ga)	0,010	0,009
Antimonio (Sb)	0,012	0,011
Vanadio (V)	0,011	0,012
Aluminio (Al)	84,52	83,12

Fuente: autoría propia.

Dentro de la clasificación de aleaciones de aluminio establecidas por el Instituto Alemán de Normalización (DIN), la aleación aluminio-silicio pertenece a la serie 4xxx, aleación tratable térmicamente para moldeo (total). Los porcentajes de metal que caracterizan esta aleación varían desde 0,6% a 21,5% de silicio (Si). Para determinar exactamente la numeración de aleación a la que pertenece dentro de las 14 subdivisiones de aluminio-silicio, se procede a comparar los valores obtenidos con el rango de valores establecidos por la Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales (ASTM).

Una vez calculada, la cantidad de porcentaje de los metales, se tiene que en su mayoría la composición química está conformada por: aluminio (Al), silicio (Si), cobre (Cu), níquel (Ni), magnesio (Mg) y hierro (Fe). Así, se encuentra que la numeración de aleación que más se acerca a los resultados es EN AW-4032, en su forma simbólica (EN AW- $AlSi_{12,5}MgCuNi$ ). En la Tabla 2 se muestra la comparación de valores. La primera fila está dada por los valores estándares de la ASTM.

**Tabla 2**

*Comparación de valores estándares AW-4032.*

Piston	% Si	% Fe	% Cu	% Mn	% Mg	% Cr	% Ni	% Zn	% Ti	% Ga	% Sb	% V	% Al
Estándar	11-13,5	1	0,5-1,3	0,05-0,5	0,8-1,3	0,1	0,5-1,3	0,25	0,05-0,15	-	-	-	El resto
MPII	12,1	0,4	0,999	0,056	0,764	0,04	0,934	0,06	0,063	0,01	0,01	0,01	84,52
GDI	12,93	0,37	1,195	0,16	0,881	0,01	0,968	0,19	0,075	0,01	0,01	0,01	83,12

Fuente: autoría propia.

La aleación de un metal se da para compensar o aumentar ciertas propiedades que se encuentran carentes en el metal base. Todos los metales que conforman la aleación deben escogerse según la capacidad de los átomos para adaptarse, es decir, que los átomos logren una estructura uniforme homogénea en el espacio.

El aluminio, como elemento base, se encuentra en un rango de 84,52% / 83,12% dentro de la aleación. Este es uno de los elementos más comunes en la corteza terrestre y presenta una densidad de 2,70 g/cm<sup>3</sup>, que representa un tercio de la densidad que presenta el acero, lo que lo vuelve más liviano. Además, esta característica hace que la resistencia peso-tracción sea excepcional (Newell, 2011), ligeramente oxidante, pero, puede contribuir como un aislante en el proceso de

## cotopaxitech

oxidación. Finalmente, posee un módulo de elasticidad de 70 GPa y una resistencia a la tracción de 50-600 MPa (Kleiner, Geiger y Klaus, 2017).

La mayor composición del metal base aluminio en los dos pistones provoca: disminución en peso, mayor capacidad de conducción del calor, resistencia a la corrosión, ductilidad, resistencia mecánica y las fuerzas de inercia disminuyen debido a su baja densidad. Gracias a la composición estructural de los pistones se logra optimizar el peso, junto con la reducción de la altura de compresión (distancia entre cabeza y bulón del pistón) para compensar el incremento de inercia de masas que se produce en los componentes del motor.

El silicio, con una distribución de 12,10% / 12,93%, es el segundo componente más abundante después del oxígeno. Este metal se presenta de forma amorfa y cristalizada (estructura ordenada de átomos de silicio); es inerte y estable a altas temperaturas. En la Tabla 3 se destacan propiedades del silicio (Padilla, Cuaical y Buenaño, 2019).

**Tabla 3**

*Propiedades del silicio (Si).*

Densidad (25 °C)	2,329 g/cm <sup>3</sup>
Punto de fusión	1412 °C
Punto de ebullición	3265 °C
Masa atómica	28,085 g/mol
Calor latente de fusión	1854,873 KJ/Kg [2]
Coefficiente de expansión térmica (25 °C)	$2,6 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
Conductividad térmica (25°C)	1,3 W/cm°C
Resistividad eléctrica (20 °C)	$2,3 \cdot 10^{-3} \Omega\text{m}$
Módulo de Young	130-188 GPa

Fuente. adaptado de Kalpakjian y Schmid, (2008).

Las características que aporta el silicio en la aleación del pistón son: incremento de las características del colado (proceso de forja), fluidez, resistencia al agrietamiento en caliente, resistencia mecánica, dureza, resistencia la desgaste, baja contracción, bajo coeficiente de expansión térmico y características buenas de alimentación de la pieza.

Estas propiedades son el producto de la mezcla homogénea del silicio. De acuerdo a los valores obtenidos de silicio, se encuentra que para la aleación Al-Si AW 4032, su composición para la fundición es de tipo eutéctica silicio (Si) 12%, debido que el pistón requiere fundición a presión y altas velocidades de enfriamiento. Otro de los elementos que proporciona valor a la aleación es el cobre, que se encuentra presente en una cantidad de 0,999% / 1,195%. Este elemento tiene un característico color rojizo anaranjado con un brillo metálico, de alta conductibilidad eléctrica y resistente a temperaturas elevadas de trabajo. Además, tiene buena ductilidad y maleabilidad, con una densidad de 8,96 kg/m<sup>3</sup>, con un punto de fusión 1082 °C, con una conductibilidad térmica de 393 W/mk, y

Mina Alban, J. y Cabascango Camuendo, C. (2023). Estudio del aluminio EN AW-4032 utilizado en pistones para motores de combustión interna. *Revista Cotopaxi Tech*, 3(1), 47-58.  
<http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/142>



## cotopaxitech

un módulo de elasticidad de 42.500 MPa (Newell, 2011) y (Echavarría y Orrego, 2018).

Las propiedades que aporta a la estructura de los pistones son: incremento notable de la resistencia a la tracción y la dureza, tanto en condiciones de extrusión como tratado térmico, maquinabilidad, reduce la resistencia al agrietamiento en caliente, disminuye la colabilidad en el proceso de fundición del pistón, incremento de propiedades mecánicas, a mayor contenido de cobre dentro de la aleación AW-4032 aumenta la corrosión bajo tensión (efecto galleo) (Kalpakjian y Schimd, 2008).

El níquel es uno de los principales elementos de aleación: 0,934% / 0,968%. Sus características le contribuyen a la aleación resistencia, tenacidad y resistencia a la corrosión, siendo utilizado como elemento aleante en piezas que se encuentran sometidas a trabajos bajo altas temperaturas (Kalpakjian y Schimd, 2008).

Las características que aporta en la aleación de los pistones son: resistencia mecánica, dureza, conductividad térmica, reduce el coeficiente de expansión térmica. El níquel aleado con hierro proporciona tenacidad y resistencia a la corrosión, así también aleado con el cobre mejora las propiedades a altas temperaturas (Kalpakjian y Schimd, 2008).

El magnesio con una proporción de 0,764% / 0,881%, dentro de la aleación AW-4032 aporta: disminución del efecto fragilizante, resistencia mecánica, resistencia a la corrosión, ductilidad, resistencia a la fatiga, resistencia a la abrasión, resistencia mecánica. También, produce alta capacidad de amortiguamiento y junto con los demás elementos que conforman la aleación del pistón es capaz de absorber energía elásticamente, incluso aporta resistencia a la tracción y dureza junto con el zinc y el aluminio (Kalpakjian y Schimd, 2008).

El hierro aporta una proporción de 0,395% / 0,369%. Por su característica de dureza y con una densidad de 7,87 g/cm<sup>3</sup>, posee un módulo de elasticidad de 207GPa y un módulo de rigidez de 81GPa (Montes, Cuevas y Cinta, 2014).

Dentro de la aleación AW-4032 aporta: tenacidad, mejora la resistencia al agrietamiento en caliente, resistencia a la fluencia a altas temperaturas, disminuye la tendencia a la adhesión en la fundición a presión del pistón, aumenta la resistencia mecánica, pero disminuye notablemente la ductilidad. Junto con el manganeso y el cromo, el hierro ayuda en las fases importantes de fundición de las piezas.

El estudio realizado por Chica et, al (2019), presenta las características que aporta cada elemento dentro de una aleación de aluminio que se presentan la Tabla 4.

**Tabla 4***Influencia de metales en la aleación de aluminio.*

Propiedades	Elementos Químicos	%Mg	%Si	%Fe	%Ti	%Zn	%Mn	%Cu
Resistencia Mecánica	-----	Mayor	Mayor	-----	-----	-----	Mayor	Mayor
Dureza	-----	-----	-----	-----	-----	-----	Mayor	Mayor
Ductilidad	Mayor	-----	Menor	-----	-----	-----	Notable	-----
Resistencia en Caliente	-----	Mayor	Mayor	Mayor	Mayor	Mayor	-----	Menor
Resistividad Térmica	Menor	Mayor	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Resistencia a la Corrosión	Mayor	-----	-----	-----	-----	-----	Igual	Menor

Fuente: Chica, et al., (2019).

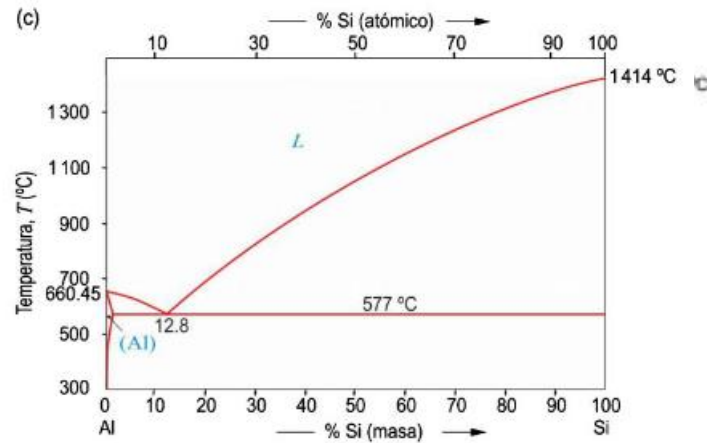
Las características y la funcionalidad de una pieza que será utilizada en la industria dependen del tipo de aleación que conforma el material. Es decir, su desempeño y el tipo de trabajo que realice dependen de su composición y del tratamiento térmico. Esto busca obtener una distribución uniforme del grano. En este proceso, las etapas son de gran importancia. Como primera etapa, más importante, dentro del proceso de fundición, es la solidificación de la aleación y el segundo factor es el tratamiento térmico. Las propiedades mecánicas de la pieza manufacturada dependen, en gran medida, de lo mencionado anteriormente. Así también, influyen en la resistencia, dureza, ductilidad, tenacidad y resistencia al desgaste.

La solidificación de la aleación es el proceso físico que consiste en el cambio de estado del metal de líquido a sólido, bajo determinada temperatura conformado por varias fases: formación de núcleos estables en el fundido (nucleación), crecimiento del núcleo hasta dar origen a cristales, la formación de granos y estructura granular.

De acuerdo a la cantidad de silicio en los resultados, se determina que la aleación AW-4032 lleva un proceso de solidificación binaria. El tipo de mezcla homogénea que forma dentro de la solidificación es de tipo eutéctica dentro del rango 11%-13% de silicio. Los resultados de las muestras son 12,10% / 12,93% de silicio. Esto quiere decir que la solidificación de la aleación se llevó a cabo de 577°C a 580°C como se encuentra descrito en la Figura 2.

**Figura 2**

Diagrama de equilibrio de solidificación del sistema binario Al-Si.



Fuente: Callister y Retwisch, (2016).

La Figura 3 presenta los tipos de tratamiento térmico que deben seguir los materiales antes de su producción. Para el caso del aluminio en estudio, se pueden observar los rangos de las propiedades mecánicas que se refuerzan y sus comportamientos de manera general

**Tabla 5**

Tratamientos de dureza.

Material	Temperatura de fusión (K)	Módulo elástico E (GPa)
Aluminio	933	62
Cobre	1357	128
Cromo	2148	259
Hierro	1811	207
Níquel	1728	207
Oro	1337	78
Plata	1235	80
Plomo	601	16
Titanio	1941	116
Wolframio	3695	401
Alúmina	2320	244 - 460
Carburo de silicio	3453	350 - 461
Carburo de titanio	3100	420 - 450
Diamante	3823	1050 - 1200
Nitruro de silicio	2173	170 - 318

Fuente: Callister y Retwisch, (2016).

Mina Alban, J. y Cabascango Camuendo, C. (2023). Estudio del aluminio EN AW-4032 utilizado en pistones para motores de combustión interna. *Revista Cotopaxi Tech*, 3(1), 47-58. <http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/142>



Generalmente, el tratamiento térmico al que son sometidos los pistones es el T5, conocido como tratamiento térmico de precipitación - enfriamiento. Este consiste en someter al elemento desde una temperatura elevada al proceso de conformado y envejecimiento artificial. Además, se usa el T6, conocido como tratamiento térmico puesta en solución y maduración; también, se lo denomina como endurecimiento por precipitación. Se utiliza para aumentar hasta el 30% de resistencia en la aleación. Además, proporcionan una excelente resistencia a altas temperaturas, facilitan el mecanizado, reducen la flexibilidad y producen una mayor resistencia a la tracción.

#### 4. DISCUSIÓN

Ambos pistones del estudio presentan diferentes diseños y tipos de fundición. De acuerdo al análisis visual y los datos de Barona y Velasteguí (2020), el pistón Chevrolet es de tipo Hydrothermik, con especificaciones convencionales y de cabeza plana. Por ende, al no tener tanta complicidad en el diseño, su proceso de fabricación es vaciado en moldes con presencia de flujo de grano desequilibrado. Por otro lado, el pistón Mazda es de tipo Evotec, con especificaciones especiales y adaptadas al tipo de cámara de combustión. En este caso, si hay complicidad en el diseño por lo que su proceso de fabricación es mediante forja con máquinas de mecanizado.

Un dato a tomar en cuenta es que los pistones por forja tienen más resistencia mecánica (Camiño 2017). Los datos del libro SAE, editado por Basshuyen y Schäfer (2017), mencionan que las temperaturas constantes de trabajo dentro de un motor de combustión interna a gasolina son elevadas: 1000°C en la cámara de combustión, 800°C en válvulas de escape, 250 a 350°C en el alojamiento del pistón, 200 a 400°C en la cabeza pistón y, por último, un valor promedio de 150°C en la falda del pistón. Además de presiones altas de encendido, los valores van de 50 a 120 bares.

Debido a que el pistón es sometido a estas condiciones de altas temperaturas, presiones y fricción, el diseño del pistón debe cumplir con los siguientes parámetros fundamentales en el diseño: debe tener una distribución uniforme de presión, falda con propiedades de elasticidad, aleaciones de aluminio-silicio Al-Si, específicamente, de composición eutéctica o hipoeutéctica, para la resistencia térmica y reducción de peso. Por último, se menciona que, para optimizar las características mecánicas y físicas, los tratamientos térmicos que se deben utilizar son: tratamiento térmico de temple, desde la temperatura de extrusión y maduración (T5) y tratamiento térmico de solución, temple y maduración artificial (T6). Estos tratamientos aumentan hasta el 30% de resistencia en la aleación; además, proporcionan una excelente resistencia a altas temperaturas, facilitan el mecanizado, reducen la flexibilidad y producen una mayor resistencia a la tracción (Callister y Retwisch, 2016).

Una vez identificadas las propiedades externas de varios pistones, es necesario evaluar el comportamiento microestructural de la aleación. Cada metal tiene una forma o estructura molecular, diferente al momento de aliarse con otro

Mina Alban, J. y Cabascango Camuendo, C. (2023). Estudio del aluminio EN AW-4032 utilizado en pistones para motores de combustión interna. *Revista Cotopaxi Tech*, 3(1), 47-58.  
<http://ojs.ingenieria.unca.edu.co/cotopaxitech/article/view/1142>



## cotopaxitech

metal. A esto se le llama estructura cristalina del metal. Cada metal presente en la aleación se une de manera uniforme gracias a las características que poseen. Cuando estos metales de la aleación son sometidos a esfuerzos, altas y bajas temperaturas bruscamente durante un tiempo determinado, sucede una alteración en su estructura molecular con presencia de fallas, teniendo como consecuencia la pérdida de propiedades físicas y mecánicas de la estructura que conforma el pistón.

### 5. CONCLUSIONES / CONSIDERACIONES FINALES

Los tratamientos térmicos a los que se encuentran sometidos los pistones por lo general son el T5 y T6. Al encontrarse trabajando dentro de la cámara de combustión y ser sometidos a temperaturas elevadas y fricción, estos presentan distribuciones de elementos metálicos muy similares, como se puede observar tanto en el pistón del motor de inyección directa como en el motor de inyección indirecta.

Las temperaturas y rangos de funcionamiento son similares en ambos motores. El pistón, por las propiedades del material, se acopla a estos rangos de trabajo. Esto llevaría a que el fabricante, en lugar de centrarse en generar nuevas aleaciones, se centre en el diseño del pistón para generar las características específicas de trabajo que tiene cada motor.

Finalmente, los sistemas de inyección en el mercado automotriz siguen evolucionando. Sin embargo, los elementos de fabricación de un motor se mantienen. Esto puede llevar a deducir que el comportamiento del material conlleva a mantener los principios de funcionamiento del motor.

### 6. REFERENCIAS

- Barona, G. y Velasteguí, L. (2020). Materiales de aleación aluminio-silicio aplicados en la fabricación de partes de motores de combustión interna alternativos Parte II. *Ciencia digital*, 3(2).  
<https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v3i2.1203>
- Basshuyen, RV. y F. Schäfer (2017). *Internal Combustion Engine Handbook*. Segunda edición.
- Callister, D. y Retwisch, D. (2016). *Ciencia e ingeniería de materiales*. Segunda edición.
- Camiño, F. (2017). *Diseño de un proceso de fundición de aleaciones de aluminio*. [Tesis]. Repositorio Coruña.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2022). *Ciencia, tecnología e innovación: Cooperación, integración y desafíos regionales*. [www.cepal.org/apps](http://www.cepal.org/apps)

Mina Alban, J. y Cabascango Camuendo, C. (2023). Estudio del aluminio EN AW-4032 utilizado en pistones para motores de combustión interna. *Revista Cotopaxi Tech*, 3(1), 47-58.  
<http://ois.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/142>



- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2022). *Hacia la transformación del modelo de desarrollo en América Latina y el Caribe: producción, inclusión y sostenibilidad*.
- Chica, L., Rocha, J., Gómez, J. y Cabascango P. (2019). Análisis del sistema de producción y caracterización microestructural para evaluar el comportamiento mecánico de chasis de vehículo fabricado por extrusión. *Ciencia digital*, 3(1) 461-480. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i1.349>
- Echavarría, AV. Y Orrego, GP. (2012). Metalurgia básica de algunas aleaciones de aluminio extruidas o laminadas. *Revista-UDEA*, 51(34). DOI: <https://doi.org/10.17533/udea.rcm.11281>
- Kalpakjian, S. y Schmid, SR. (2008). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Quinta edición.
- Kleiner, M., Geiger, M., y Klaus, A. (2003). Manufacturing of Lightweight Components by Metal Forming. *CIRP Annals Manufacturing Technology*, 52(2), 521-542. DOI: 10.1016/S0007-8506(07)60202-9
- Montes, JM., Cuevas, FG y Cintas, J. (2014). *Ciencia e ingeniería de los materiales*. Primera edición.
- Newell, J. (2011). *Ciencia de los materiales, aplicaciones en ingeniería*. Alfaomega, México.
- Padilla, C., Cuaical, B., & Buenaño, L. (2019). Análisis microestructural y diseño de cigüeñal y biela de un motor mono cilíndrico de 4 tiempos. *Ciencia Digital*, 3(1), 246-264. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i1.293>

Mina Alban, J. y Cabascango Camuendo, C. (2023). Estudio del aluminio EN AW-4032 utilizado en pistones para motores de combustión interna. *Revista Cotopaxi Tech*, 3(1), 47-58.

<https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i1.412>



### ANEXO 1 FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

## AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 17-11-2025

### 1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos:	ROMARIO QUENTA HANCCO		
Dirección:	Jr. Manuel Pardo #592		
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°:	71738430		
Teléfono:	933411039	email:	romax.25.tk@gmail.com
Nombres y Apellidos:			
Dirección:			
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°:			
Teléfono:		email:	
Facultad y/o Escuela de Posgrado:	FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS		
Escuela Profesional o Mención:	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA		
Título o Grado Académico a optar:	INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA		
Asesor:	Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON		
Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:			
Trabajo de Investigación	<input type="checkbox"/>	Tesis	<input checked="" type="checkbox"/>
Trabajo de Suficiencia Profesional	<input type="checkbox"/>	Trabajo Académico	<input type="checkbox"/>
Título:	INFLUENCIA DE TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO EN PROCESO DE SOLDADURA DE ALUMINIO PARA MEJORAR PROPIEDADES MECÁNICAS DE ELEMENTOS AUTOMOTRICES, JULIACA 2024		
Palabras claves, (3 a 5 términos):	precalentamiento, proceso de soldadura, aluminio, elementos automotrices		
¿Esta obra se desarrolló en la UANCV <sup>1,2</sup> ?			
2			

<sup>1</sup> Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

<sup>2</sup> Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



### 2. Referencia de tesis:

Bachiller  Título  2da Especialidad  Maestría  Doctorado

### 3. Licencias:

#### a) Licencia estándar:

**Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.**

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez” una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez” podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez” consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

**Autorizo su publicación (marque con una X)**

- Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): \_\_\_\_\_
- No autorizo.

#### b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

**¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?**

**Sí:** significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

**No:** significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- Sí autorizo
- No autorizo



**Jurisdicción de su Licencia**

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción “internacional” o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción “internacional” emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción “internacional” goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA – P18

Firma de Autor



huella digital

03 de diciembre del 2025

Fecha