



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



**IMPLEMENTACIÓN DE UN EXTRACTOR HIDRÁULICO DE PINES
PARA LA REPARACIÓN DE CADENAS DE MAQUINARIA
PESADA EN LA EMPRESA INGENIERÍA
Y CONSTRUCCIÓN DE JULIACA**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. HUGO CESAR CHAIÑA SUCASACA

**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

**IMPLEMENTACIÓN DE UN EXTRACTOR HIDRÁULICO DE PINES
PARA LA REPARACIÓN DE CADENAS DE MAQUINARIA
PESADA EN LA EMPRESA INGENIERÍA
Y CONSTRUCCIÓN DE JULIACA**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. HUGO CESAR CHAIÑA SUCASACA

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

: 
Ing. CARLOS ALEJANDRO CÁCERES VARGAS

ASESOR DE TESIS

: 
Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

: **TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA - P18**



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1372-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 27 de octubre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025 - CU - 10035 presentado por el (la) Bachiller: **HUGO CESAR CHAIÑA SUCASACA** 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. **HUGO CESAR CHAIÑA SUCASACA**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **IMPLEMENTACIÓN DE UN EXTRACTOR HIDRÁULICO DE PINES PARA LA REPARACIÓN DE CADENAS DE MAQUINARIA PESADA EN LA EMPRESA INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN DE JULIACA**, 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** : Ing. CARLOS ALEJANDRO CACERES VARGAS

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: **HUGO CESAR CHAIÑA SUCASACA**; del informe final de la investigación (tesis) titulada: **IMPLEMENTACIÓN DE UN EXTRACTOR HIDRÁULICO DE PINES PARA LA REPARACIÓN DE CADENAS DE MAQUINARIA PESADA EN LA EMPRESA INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN DE JULIACA** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecánico Electricista.** de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : jueves 06 de noviembre del 2025
- * **HORA** : 16:00 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.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.


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



Dr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CUI. 12/30

cc. Archivo interesado (a)

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



Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 787-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 07 de agosto del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU - 4698 por el señor (a): **HUGO CESAR CHAIÑA SUCASACA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 465- 2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 019- 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): **HUGO CESAR CHAIÑA SUCASACA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UN EXTRACTOR HIDRAÚLICO DE PINES PARA LA REPARACIÓN DE CADENAS DE MAQUINARIA PESADA EN LA EMPRESA INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN DE JULIACA**, 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 Valdívía 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° 019- 2025 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UN EXTRACTOR HIDRAÚLICO DE PINES PARA LA REPARACIÓN DE CADENAS DE MAQUINARIA PESADA EN LA EMPRESA INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN DE JULIACA**, 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): **HUGO CESAR CHAIÑA SUCASACA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecánico Electricista**, con el Tema Titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UN EXTRACTOR HIDRAÚLICO DE PINES PARA LA REPARACIÓN DE CADENAS DE MAQUINARIA PESADA EN LA EMPRESA INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN DE JULIACA** 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) **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. PURASDr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.
Archivo
interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 195-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 02 de abril del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU- 016502, presentado el señor (a) **HUGO CESAR CHAIÑA SUCASACA** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 003 -2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 002 -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): **HUGO CESAR CHAIÑA SUCASACA** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UN EXTRACTOR HIDRAÚLICO DE PINES PARA LA REPARACIÓN DE CADENAS DE MAQUINARIA PESADA EN LA EMPRESA INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN DE JULIACA**, 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° 002 -2025- aprobando la propuesta de investigación titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UN EXTRACTOR HIDRAÚLICO DE PINES PARA LA REPARACIÓN DE CADENAS DE MAQUINARIA PESADA EN LA EMPRESA INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN DE JULIACA**.

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): **HUGO CESAR CHAIÑA SUCASACA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecánico Electricista**, con el Tema Titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UN EXTRACTOR HIDRAÚLICO DE PINES PARA LA REPARACIÓN DE CADENAS DE MAQUINARIA PESADA EN LA EMPRESA INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN DE JULIACA** 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 **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

Motr. **WALTER J. LIZARRAGA ARMAZA**
DECANO (e)
CIP. 70808

cc.
Archivo 2025
Interesado (a)



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

Dr. **Frida Willy Mamani Apaza**
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



18% 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
- 1% Publicaciones
- 16% 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

Título de la Tesis	
IMPLEMENTACIÓN DE UN EXTRACTOR HIDRÁULICO DE PINES PARA LA REPARACIÓN DE CADENAS DE MAQUINARIA PESADA EN LA EMPRESA INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN DE JULIACA.	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	HUGO CESAR CHAIÑA SUCASACA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	43691227
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0007-5115-8042
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02064066
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-8065-6533
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02406088
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02383061
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	CARLOS ALEJANDRO CÁCERES VARGAS
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	29591476

Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología e Ingeniería Mecánica – P18
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Juliaca Edificio: HBL INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C Coordenadas Latitud: 15°26'53.4"S Longitud. 70°08'31.4"W URL Maps https://www.google.com/maps/d/u/0/edit?mid=1lBIDDsWfe9v6cBfkgbRYeTExRaMeCfo&usp=sharing</p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Diciembre 2025 – Noviembre 2025
URL de disciplinas OCDE	<p>Ingeniería Mecánica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.03.00</p> <p>Ingeniería Mecánica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.03.01</p>
Librería	



UNIVERSIDAD ANDINA "MESTRE FALCÓN VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS EXACTAS
 Dr. César G. Camargo Najjar
 DIRECTOR
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo Hugo Cesar Chaiña Sucasaca identificado con DNI Nro. 43691227 en mi condición de egresado de:

- [X] Escuela Profesional
[] Programa de Segunda Especialidad,
[] Programa de Maestría o Doctorado

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

IMPLEMENTACIÓN DE UN EXTRACTOR HIDRÁULICO DE PINES PARA LA REPARACIÓN DE CADENAS DE MAQUINARIA PESADA EN LA EMPRESA INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN DE JULIACA

Asesorado por: Ing. Adwar Ranulfo Sánchez Carreón

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 27 de Noviembre del 2025

[Signature]
FIRMA ASESOR

[Signature]
FIRMA TESISTA



Huella



DEDICATORIA

Dedico este trabajo con profundo cariño y gratitud a mi familia, por ser mi base, mi guía y mi constante fuente de fortaleza.

A mi madre Gregoria, por su amor y por inculcarme el valor de la perseverancia y esfuerzo.

A mis docentes, por compartir su conocimiento y encender en mí la pasión por aprender.

Y a todos aquellos que creyeron en mí incluso cuando yo dudaba: este logro también es suyo.



AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradecido con Dios por darme la vida, la salud y la fortaleza para alcanzar esta fase trascendental de mi vida.

A mis docentes, por su dedicación, paciencia y por haber impartido sus conocimientos con mi persona, en el transcurso de mi proceso formativo

A mis compañeros y amigos, por su compañía, colaboración y palabras de aliento en las situaciones más difíciles.

Finalmente, a todas las personas que, de algún u otro modo, contribuyeron a efectuar este trabajo: muchas gracias.



ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	xiv
CAPÍTULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1. Análisis de la situación problemática.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.2.1. Problema general.....	3
1.2.2. Problemas Específicos.....	3
1.3. Objetivos de la investigación.....	4
1.3.1. Objetivo general.....	4
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
1.4. Justificación de la investigación.....	4
1.5. Hipótesis de la investigación.....	6
1.5.1. Hipótesis general.....	6



1.5.2. Hipótesis específica	6
1.6. Variables	6
1.6.1. Variable independiente	6
1.6.2. Variable dependiente	6
1.7. Operacionalización de variables	6
CAPÍTULO II	9
MARCO TEORICO	9
2.1. Antecedentes de la investigación	9
2.1.1. Antecedentes Internacionales	9
2.1.2. Antecedentes nacionales	12
2.1.3. Antecedentes locales	17
2.2. Marco teórico	21
2.2.1. Cadenas de carrilería de maquinaria pesada	21
2.2.2. Extractor de pines	24
2.2.3. Cálculos generales de un extractor de pines	27
2.2.4. Vigas continuas	31
2.2.5. Estudio financiero	32
CAPÍTULO III	36
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION	36
3.1. Diseño de la investigación	36
3.2. Tipo de la investigación	36



3.3. Nivel de investigación	36
3.4. Enfoque de investigación	37
3.5. Población y muestra	37
3.5.1. Población.....	37
3.5.2. Muestra	37
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	37
3.6.1. Técnicas.....	37
3.6.2. Instrumentos	38
3.7. Materiales y equipos	38
3.8. Ubicación de la zona en estudio	38
3.9. Procedimiento metodológico	38
3.9.1. Diseñar y seleccionar los componentes del extractor de pines para maquinaria pesada en la empresa HBL ingeniería y construcción SAC de la ciudad de Juliaca.....	38
3.9.2. Simular el mecanismo de extracción de pines para maquinaria pesada empleando el software solidworks.....	41
3.10. Contrastación de hipótesis.....	43
CAPÍTULO IV	44
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	44
4.1. Resultados	44



4.1.1. Diseñar y seleccionar los componentes del extractor de pines para maquinaria pesada en la empresa HBL ingeniería y construcción SAC de la ciudad de Juliaca.....44

4.1.2. Simular el mecanismo de extracción de pines para maquinaria pesada empleando el software solidworks.66

4.1.3. Determinar la factibilidad económica de la máquina de extracción de pines para maquinaria pesada75

b) Análisis económico.....76

4.2. Discusión83

CONCLUSIONES85

RECOMENDACIONES.....87

BIBLIOGRAFÍA.....88

ANEXOS93



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Operacionalización de variables.....	7
Tabla 2 Características de la bomba y motor.....	49
Tabla 3 Sección de perfil	59
Tabla 4 Sección de perfil seleccionado.....	61
Tabla 5 Presupuesto de Materiales para el Fabricación del Extractor Hidráulico.....	75
Tabla 6 Inversión Total para la Fabricación del Extractor Hidráulico.....	77
Tabla 7 Gasto de la empresa Ingeniería y Construcción de Juliaca por operaciones de mantenimiento en cadenas de carrilería tercerizadas con proveedores externos.	77
Tabla 8 Gasto de la empresa Ingeniería y Construcción de Juliaca por operación de mantenimiento en cadenas de carrilería con la maquina extractora.....	78
Tabla 9 Muestra VAN y TIR.....	81



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Partes de una cadena de carrilería en un tren de rodamiento.	21
Figura 2 Componentes de una cadena de carrilería	23
Figura 3 Partes de una cadena de carrilería en un tren de rodamiento lubricada	23
Figura 4 Cadena de carrilería seca en excavadora	24
Figura 5 Extractor de pines y bocinas tipo espárragos	25
Figura 6 Extractor de pines tipo C	26
Figura 7 Extractor de pines tipo C	27
Figura 8 Flexión en columnas (pandeo)	28
Figura 9 Carga general en una viga cualquiera	31
Figura 10 Diagrama de momentos	32
Figura 11 Dimensiones del cilindro hidráulico seleccionado.....	45
Figura 12 DCL de la fuerza de desacople en el Pin.....	46
Figura 13 DCL de la fuerza en el botador.....	46
Figura 14 DCL de la fuerza en el vástago del cilindro hidráulico.	47
Figura 15 Arrastre de la cadena sobre la mesa de recepción.....	51
Figura 16 Esquema previo del Extractor hidráulico.	53
Figura 17 Parámetros establecidos del extractor hidráulico.	53
Figura 18 Área de contacto del soporte y el cilindro hidráulico.	54
Figura 19 Dimensiones de la silla de montar.....	56
Figura 20 Parámetros del perfil rectangular para la columna.	58
Figura 21 Esquema de la pata de una mesa.....	60



Figura 22	Esquema del botador en el extractor hidráulico.....	63
Figura 23	Esquema de los parámetros del botador.....	64
Figura 24	Esquema de la distribución de las columnas y vigas.....	66
Figura 25	Esquema de las placas de apoyo para cada columna.....	67
Figura 26	Esquema de distribución de las cartelas.	67
Figura 27	Estructura de soporte del bastidor (columnas y vigas)	68
Figura 28	Estructura del extractor hidráulico	68
Figura 29	Extractor hidráulico en funcionamiento.....	69
Figura 30	Mesa de desplazamiento de la cadena.	70
Figura 31	Posicionamiento del bastidor durante la extracción del pin.	70
Figura 32	Modelo de simulación del bastidor (cargas y restricciones).....	71
Figura 33	Resultado de concentrador de tensiones del bastidor.	71
Figura 34	Resultado de Desplazamiento del bastidor.	72
Figura 35	Resultado de Desplazamiento del bastidor.	73
Figura 36	Posicionamiento del botador en el procedimiento de extracción	73
Figura 37	Modelo de estudio del botador (cargas y restricciones).....	74
Figura 38	Factor de seguridad de pandeo para el botador	74



RESUMEN

La investigación surge porque la empresa HBL INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN realiza el desmonte de pines de manera tradicional con un combo hasta que este se desprenda, y con el incremento de calor para dilatarlo; implicando a que el operador este expuesta a diversos riesgos, como quemaduras y atrapamientos; por ello se plantea el objetivo general de implementar un extractor hidráulico de pines para la reparación de cadenas de maquinaria pesada en la empresa HBL INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC de Juliaca. Con procedimiento metodológico mediante el diseño y la selección de los componentes del extractor de pines; para seguidamente realizar su simulación, y realizar el análisis económico con el VAN y TIR. En los resultados se diseñó los componentes del extractor de pines, la cual incluye una mesa de recepción, soporte y refuerzos para el cilindro hidráulico con grandes cargas obteniendo así un refuerzo posterior con espesores de 1 ½", refuerzo frontal de 1", montura y tope de 2 ½", base de ½", perfiles para viga del bastidor de 100x80x8 mm, columna del bastidor de 100x40x6 mm, mesa de recepción de viga de 70x50x6.3 mm y columna de mesa de 50x50x1.5 mm, en donde se garantizó la seguridad y rendimiento de los componentes mediante la simulación, cuyo costo de fabricación es de S/. 55,576.60 (VAN), demuestra que, gracias a los beneficios esperados, la inversión se recuperaría en un período de 1.25 años (TIR), lo que garantiza su factibilidad económica para la empresa. Concluyendo que que la implementación de un extractor hidráulico de pines permite reparar las cadenas de maquinaria pesada garantizando el bienestar del operador.

Palabras clave: Maquinaria pesada, extractor de pines, cadenas.



ABSTRACT

The research arises because the company HBL INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN performs pin removal in the traditional manner with a combo until it comes loose, and with increased heat to expand it; this means that the operator is exposed to various risks, such as burns and entrapment; Therefore, the general objective is to implement a hydraulic pin extractor for the repair of heavy machinery chains at the company HBL INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC in Juliaca. The methodological procedure involves the design and selection of the components of the pin extractor, followed by simulation and economic analysis using NPV and IRR. The results include the design of the pin extractor components, which include a receiving table, support, and reinforcements for the hydraulic cylinder with heavy loads, thus obtaining a rear reinforcement with a thickness of 1 ½", a front reinforcement of 1", a 2 ½" mount and stop, a ½" base, 100x80x8 mm frame beam profiles, a 100x40x6 mm frame column, a 70x50x6.3 mm beam receiving table, and a 50x50x1.5 mm table column. where the safety and performance of the components were guaranteed through simulation, with a manufacturing cost of S/. 55,576.60 (NPV), demonstrating that, thanks to the expected benefits, the investment would be recovered in a period of 1.25 years (IRR), guaranteeing its economic feasibility for the company. Concluding that the implementation of a hydraulic pin extractor allows heavy machinery chains to be repaired while ensuring the operator's well-being.

Keywords: Heavy machinery, pin puller, chains, chains.



INTRODUCCIÓN

El objetivo de la reparación es maximizar la vida útil, la productividad y la fiabilidad de los equipos mediante la prevención o la reparación de los defectos que impiden su correcto funcionamiento (Labra, 2019). Dado que funciona en entornos difíciles y es esencial para la realización de proyectos de ingeniería, especialmente para operaciones de movimiento de suelos, excavación y carga pesada en proyectos civiles y mineros que requieren una reparación eficiente, la maquinaria pesada se considera un equipo crítico.

Uno de los procedimientos de mantenimiento del equipo es la reparación, que incluye el cambio de los pasadores hidráulicos que mueven el sistema de brazos y rieles (Ovalloz y Palomino, 2023). La técnica estándar consiste en golpearlos con un martillo de 10 libras hasta que se suelten. Además, se aplica calor para elevar su temperatura y se emplean gases comprimidos para provocar su expansión (Apolinario, 2018). Sin embargo, dado que estas técnicas no emplean un extractor de pasadores —donde se produce el desgaste en los pasadores, cuernos, eslabones y zapatas—, dan lugar a pérdidas.

Debido a esto, muchas de estas máquinas se encuentran fuera de servicio, primordialmente por problemas en el tren de rodamiento, especialmente por una mala gestión del mantenimiento y una disponibilidad limitada de equipos, lo que provoca retrasos en la actividad que se está realizando. Por lo tanto, es esencial mejorar el funcionamiento del tren de rodaje de la maquinaria pesada por medio del diseño y la implementación de un extractor de pasadores para acortar su tiempo de trabajo (Ovalloz & Palomino, 2023).



Teniendo la siguiente información se propicia el desarrollo del presente trabajo de investigación titulado: "Implementación de un extractor hidráulico de pines para la reparación de cadenas de maquinaria pesada en la empresa INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN de Juliaca"; el cual presenta IV capítulos que se menciona a continuación:

El problema objeto de estudio, los objetivos, la justificación y las hipótesis planteadas se establecen en el capítulo I. En la misma línea, el capítulo II describe el marco teórico, el marco conceptual y las referencias bibliográficas (antecedentes). A continuación, en el capítulo III se describen el diseño y el tipo de estudio, la población y la muestra, los métodos y las herramientas, la metodología y el diseño estadístico. En el capítulo IV se describen los datos obtenidos, junto con las pruebas estadísticas correspondientes y la discusión, seguidos de las conclusiones y sugerencias formuladas.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática

Hoy en día a nivel mundial las maquinarias pesadas realizan tareas específicas como por ejemplo cargar grandes cantidades de escombros, elevar cargas, extraer tierra, entre otras tareas, gracias a esto, se ha transformado en una herramienta esencial para las empresas dedicadas a este campo, por tal motivo se realiza una alta inversión para su obtención (Carvajal, Rocha, Carrera, & Cepeda, 2023), por ello requieren de cuidados muy específicos para mantenerlas en un muy buen estado y extender su vida útil, debido a que por su campo de trabajo están expuestos al material que puede llegar a ser contraproducente y a tareas arduas que desencadenan en un mal funcionamiento, por lo tanto, estas máquinas requieren de procesos para prevenir o reparar fallas (Ovalloz & Palomino, 2023); así mismo a medida que se desarrollan máquinas más complejas se generó el requerimiento de crear e implementar varios tipos de mantenimiento como por ejemplo el mantenimiento predictivo,



preventivo, correctivo o mantenimiento centrado en fiabilidad, entre otros (Choquehuayta, 2019).

Así mismo en el Perú, presenta desafíos con respecto al mantenimiento de maquinarias pesadas que requieren atención para garantizar su éxito (Vaca, 2017), además la industria minera, la construcción y otras actividades que dependen de maquinarias pesadas representan sectores clave para la economía; sin embargo, el mantenimiento de estos equipos, especialmente en lo que respecta al desmontaje de componentes esenciales como los pines, suele ser una tarea compleja y demandante (Huaynates, 2024), así como también las condiciones geográficas extremas, como los terrenos accidentados y climas adversos, junto con la limitada disponibilidad de herramientas especializadas en ciertas regiones, agravan la situación (Gómez, 2021), ahondando ello también la falta de capacitación técnica y los elevados costos asociados a la importación o fabricación local de extractores de pines añaden barreras significativas (Olortegui, 2022).

En la región de Puno, en específico en la empresa HBL INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C. situado en la ciudad de Juliaca no escapa de esta realidad, a razón de que se dedica al mantenimiento de maquinaria pesada que se desplazan con carriles, sistema que consiste en un grupo de eslabones modulares que conforman una correa flexible moviéndose en una transmisión por cadena, permitiendo un recorrido estable en terrenos irregulares; además está compuesto por diferentes partes entre la que sobresalen las cadenas la cual consta de unos eslabones unidos



entre sí por medio de pines que son necesarios desmontar para realizar cualquier trabajo de mantenimiento sobre cadenas de carriles; Pero la técnica más popular consistía en golpearlo con un martillo hasta que se soltara. Además, se empleaba calor para elevar su temperatura y hacer que se expandiera con la ayuda de gases a presión (acetileno y oxígeno). Estos procedimientos, ampliamente utilizados, ponían frecuentemente al operario en peligro de sufrir quemaduras, atrapamientos, golpes y aplastamientos de diversas partes del cuerpo, entre otras cosas. También provocaban un gran aumento del tiempo necesario para el mantenimiento.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Problema general

¿Sera posible la implementación de un extractor hidráulico de pines para la reparación de cadenas de maquinaria pesada en la empresa HBL INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC de Juliaca?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Qué componentes presentara el extractor de pines para maquinaria pesada en la empresa HBL INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC de la ciudad de Juliaca?
- ¿Cómo simular el mecanismo de extracción de pines para maquinaria pesada empleando el software SolidWorks?
- ¿Es factible económicamente la máquina de extracción de pines para maquinaria pesada?



1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Implementar un extractor hidráulico de pines para la reparación de cadenas de maquinaria pesada en la empresa HBL INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC de Juliaca General.

1.3.2. Objetivos específicos

- ✓ Diseñar y seleccionar los componentes del extractor de pines para maquinaria pesada en la empresa HBL INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC de la ciudad de Juliaca
- ✓ Simular el mecanismo de extracción de pines para maquinaria pesada empleando el software SolidWorks.
- ✓ Determinar la factibilidad económica de la máquina de extracción de pines para maquinaria pesada

1.4. Justificación de la investigación

Recientemente, se empleó una combinación de calor y fuerza para retirar los pasadores que conectaban las cadenas de los raíles de la maquinaria pesada, lo que ponía a los trabajadores en un peligro considerable de quemarse diversas partes del cuerpo o aplastarse las manos. Además, esto suponía un aumento significativo del tiempo de mantenimiento. Esta es la razón que justifica este esfuerzo de investigación.

Aspecto técnico: Las piezas más duraderas y con una excelente fiabilidad operativa son el resultado de emplear la ingeniería a la construcción de una máquina extractora de pasadores de cadenas ferroviarias. De este modo, HBL INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC



podrá mantener una ventaja competitiva sobre otras organizaciones que operan en el mismo ámbito.

Aspecto social - ambiental: Como resultado, los técnicos de mantenimiento disfrutarán de mejores condiciones de trabajo y operativas. El medio biótico y el desarrollo sostenible se beneficiarán de la disminución de la masa de hierro que supone la mayor vida útil de los componentes de la máquina extractora de pines de cadenas.

Aspecto económico: Mediante la instalación de una máquina extractora de pines para cadenas ferroviarias en maquinaria pesada, HBL INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC podrá impulsar la demanda de servicios y la venta de piezas de repuesto, lo que aumentará los beneficios económicos de la empresa.

Así mismo la investigación se realizará **por que** surge debido a optimizar el mantenimiento de las cadenas de maquinaria pesada, un proceso que actualmente puede ser lento, riesgoso y costoso. La extracción de pines con métodos tradicionales suele implicar un alto esfuerzo físico, riesgo de accidentes y tiempos prolongados de inactividad de la maquinaria. Implementar un extractor hidráulico permitiría mejorar la efectividad operativa, disminuir los costes de mantenimiento y incrementar la seguridad de los trabajadores.

Además, la investigación se efectuará **para que** se pueda analizar y evaluar cómo la implementación de un extractor hidráulico de pines puede optimizar el proceso de reparación de cadenas de maquinaria pesada. Se busca determinar su impacto en la reducción de tiempos de mantenimiento, disminución del esfuerzo manual y mejora en la precisión

del desmontaje de pines, lo que contribuiría a una mayor productividad y seguridad en el sector. Además, la investigación permitirá establecer la viabilidad técnica y monetaria de su implementación en entornos industriales y de servicio.

1.5. Hipótesis de la investigación

1.5.1. Hipótesis general

La implementación de un extractor hidráulico de pines es posible para maquinaria pesada en la empresa HBL INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC de la ciudad de Juliaca.

1.5.2. Hipótesis específica

- Los componentes del extractor de pines para maquinaria pesada en la empresa HBL ingeniería y construcción SAC de la ciudad de Juliaca serán en base a la normativa.
- La simulación del mecanismo de extracción de pines para maquinaria pesada se realizará en el software SolidWorks.
- La máquina de extracción de pines para maquinaria pesada es factible económicamente.

1.6. Variables

En el presente estudio se plantean dos variables

1.6.1. Variable independiente

- ✓ Extractor hidráulico de pines

1.6.2. Variable dependiente

- ✓ Reparación de cadenas de maquinaria pesada

1.7. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

<u>VARIABLES</u>	<u>DEFINICION CONCEPTUAL</u>	<u>DEFINICION OPERACIONAL</u>	<u>DIMENSIONES</u>	<u>INDICADOR</u>	<u>ESCALA DE MEDICION</u>
	<u>L</u>	<u>AL</u>			
<u>Variable dependiente</u>	El extractor hidráulico de pines es un dispositivo mecánico especializado diseñado para remover de forma segura y eficiente los pines o pasadores que unen componentes estructurales en maquinaria pesada, como brazos articulados, cucharones o martillos hidráulicos. Este sistema utiliza la fuerza generada por un mecanismo hidráulico para vencer la resistencia mecánica que mantienen los pines en su lugar debido a la fricción, presión o desgaste (Corrales, 2022).	En el contexto del presente estudio, el extractor hidráulico de pines para maquinaria pesada se define como un equipo compuesto por un cilindro hidráulico, base estructural, soportes de ajuste y un sistema de bombeo manual o automático, diseñado para aplicar una fuerza de extracción superior a las 10 toneladas, permitiendo el retiro de pines de hasta 100 mm de diámetro en brazos articulados de rompe rocas (Corrales, 2022).	Dimensiones del extractor de pines Componentes del extractor hidráulico de pines	Diámetro Longitud Masa Material Cilindro hidráulico Bomba hidráulica Mangueras y conexiones hidráulicas Mordazas o adaptadores de sujeción Estructura Tornillos de ajuste Manómetro Varilla o pistón Aceite hidráulico	cm cm kg ASTM --- --- --- --- --- --- --- ---
<u>Variable independiente</u>	El costo económico se refiere al valor total de todos	En el presente estudio, el costo	Costo económico de un extractor	VAN TIR	--- ---



Costo económico	los recursos utilizados para llevar a cabo una actividad o producir un bien o servicio, incluyendo tanto los costos explícitos (gastos reales, como materiales, mano de obra y energía) como los costos implícitos (oportunidades perdidas al no utilizar los recursos en su mejor alternativa posible) (Corrales, 2022).	económico será medido como la suma total monetaria expresada en nuevos soles (S/), Se considerará como unidad de análisis el costo total por unidad de equipo fabricado, y se evaluará su impacto en la reducción de costos operativos del mantenimiento de maquinaria pesada (Corrales, 2022).	hidráulico de pines Normativa a considerar	Reglamento Nacional de Edificaciones	---
-----------------	---	---	---	--------------------------------------	-----

Fuente: Elaboración propia



CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Ramos (2024), **diseñaron y construyeron un mecanismo para el desmontaje de cilindros hidráulicos para el taller TRAC SERVICE RAMOS.** El primer paso en el desarrollo multifásico del proyecto fue examinar el contexto técnico e histórico de los cilindros hidráulicos. A continuación, se realizó una comparación exhaustiva de varias opciones de diseño, teniendo en cuenta factores como el coste, la simplicidad de construcción y el mantenimiento. Tras la selección de una de estas opciones, el cilindro hidráulico de la excavadora Caterpillar 320DL sirvió de referencia para el diseño conceptual del mecanismo de desmontaje. Se definió el material de cada componente y se llevaron a cabo evaluaciones de coste y resistencia. Por último, pero no por ello menos importante, se crearon especificaciones técnicas y planos para cada componente del mecanismo con el fin de garantizar su viabilidad y



eficacia, y se realizaron pruebas para evaluar la resistencia y la capacidad de desmontar cilindros de distintos diámetros. Como consecuencia, se disminuye el tiempo de desarrollo del proceso de mantenimiento del taller Trac Service Ramos, se mejora la seguridad de los técnicos y se facilita el mantenimiento de los cilindros hidráulicos. Este innovador mecanismo garantiza la estabilidad y la resistencia de la estructura con un factor de seguridad de 12,70, una base de 2,2 m de largo y 0,61 m de ancho, y una unidad de potencia hidráulica que funciona a 1500 psi.

Caiza (2024), **diseñaron y construyeron una prensa hidráulica especializada para la inserción de bujes de chasis en la empresa CIAUTO CIA. LTDA.** El objetivo de este proyecto era desarrollar y construir una máquina que facilitara una inserción más rápida de los casquillos. Para elegir el pistón hidráulico en función de la longitud de carrera necesaria, primero se realizaron mediciones. Con el fin de evitar cualquier interrupción en la línea de fabricación, se llevó a cabo una inspección en el lugar de trabajo. Se empleó la táctica de elementos finitos para los cálculos analíticos y de software, lo que permitió confirmar los componentes importantes y elegir los materiales adecuados. Se eligieron tratamientos estéticos y técnicas de soldadura para transportarlo a su lugar de funcionamiento. Como consecuencia, el tiempo se redujo de 13 a 5 minutos, lo que a su vez redujo el tiempo dedicado a cada estación de trabajo en la línea de 45 a 30 minutos. Esto aumentó la producción en 5 unidades por día y, por lo tanto, dio lugar a la eliminación de un operador.



Carvajal, Rocha, Carrera, & Cepeda (2023), **implementaron una prensa hidráulica de 25 ton., con accesorio para desmontaje de pines de cadena de tren de rodaje.** mediante el cual se extrajeron y colocaron correctamente los pasadores del equipo vial y el equipo pesado, garantizando la satisfacción del cliente con el producto terminado. Una vez finalizada la construcción, se probó y evaluó la máquina para determinar su eficacia y modificar los sistemas hidráulicos para un funcionamiento óptimo.

Ovallos & Palomino (2023), **diseñaron un extractor hidráulico manual tipo "c" para desmonte de pines de oruga en la empresa All Machines SAS.** Las especificaciones de la empresa para una fuerza operativa máxima de 50 [Tn] y una herramienta transportable sobre el terreno llevaron a la definición de los parámetros operativos, que incluían una presión de trabajo de 10 000 [PSI], cinco pasadores maestros para máquinas Caterpillar con diámetros que oscilaban entre 34 [mm] a 50 [mm] y longitudes entre 150 [mm] y 290 [mm]. Estas especificaciones dieron lugar a cálculos de diseño y confirmación por simulación, que dieron como resultado una prensa hidráulica de bastidor en C compuesta por hierro dúctil conectado a un cilindro hidráulico de simple consecuencia con una carrera de 150 [mm] y un diámetro de vástago de 79 [mm] para 50 [Tn].] accionado por una mesa con ruedas con un mecanismo elevador de tijera y una bomba hidráulica Power Team P157 de 10 000 PSI. Tras crear un manual de instrucciones detallado para el uso seguro de la herramienta, se estableció una estimación de los costes de fabricación, y el coste total ascendió a 11 603 597 dólares. La herramienta propuesta



resultó ser competitiva tanto en términos de precio como de características técnicas tras compararla con los costes de prensas similares disponibles en el mercado.

Corrales (2022), **optimizo una prensa hidráulica de capacidad 10 toneladas para desmonte de carriles de equipos de compactación de material reciclable**, El peligroso diseño y funcionamiento de esta prensa suponen un riesgo inmediato para la infraestructura de la empresa, así como para los trabajadores que la manejan. Con la finalidad de disminuir la probabilidad de incidentes en la empresa y, por lo tanto, evitar multas y/o pérdidas monetarias en la infraestructura, este proyecto tiene como objetivo rediseñar, verificar, diagnosticar y remediar los aspectos técnicos que optimicen el rendimiento y la vida útil de la prensa hidráulica de 10 toneladas. Además, se está elaborando una estrategia de mantenimiento preventivo para prolongar la funcionalidad de la máquina. Al reducir el volumen de material de la empresa, el servicio de compactación podría venderse a otras empresas de reciclaje de la zona que carecen de una máquina capaz de alcanzar este nivel de compactación, lo que proporcionaría a Reciclaje Social Para Colombia S.A.S. una ventaja competitiva a nivel local y facilitaría el transporte del material compactado, al tiempo que se crearía un valor añadido.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Alvitres & Ramos (2022), **diseño y simulo una prensa hidráulica semiautomática para desmontaje de rodamientos**. Como resultado, la empresa vio el potencial de adquirir una nueva prensa hidráulica para



abordar los problemas descritos anteriormente con el montaje y desmontaje de los cojinetes. Se aplicó un enfoque de diseño a lo largo de todo el proceso de desarrollo, comenzando por la recopilación de los requisitos de diseño. Se entrevistó a los empleados de la empresa para obtener estos datos. Tras su procesamiento, los datos se convirtieron en especificaciones técnicas, que luego se utilizaron para crear tres definiciones de diseño y tres conceptos de configuración antes de producir un diseño que satisficiera las especificaciones. Se alcanzó un factor de seguridad mínimo de 1,5 tras definir el concepto y realizar los cálculos estructurales y las simulaciones del modelo 3D. Se crearon planos detallados y se escogieron los materiales y componentes en función de los resultados. Por último, se llevó a cabo un análisis monetario que arrojó un (ROI) de 5,08 meses para invertir 9176,52 soles.

Gómez (2021), **diseñó un soporte para extraer el desmontaje de pines de cadenas de oruga**. Se pensó en construir un soporte para una máquina extractora de pasadores que cumpliera con su requisito principal, que es una presión de extracción de 25 toneladas. Como consecuencia, se utilizó acero estructural SAE 1045 para crear un soporte en tipo C con un perfil en forma de I que pudiera soportar los 448,8 MPa de tensión producidos durante el proceso de extracción. Dado que puede extraer pasadores de $\varnothing 24,2 * L = 130$ a $\varnothing 47,43 * L = 254$ y pesa 27 kg, el diseño es adaptable y mejora la movilidad y los costes de material, lo que disminuye los costos productivos y la posibilidad de daños al personal de mantenimiento. Para garantizar un funcionamiento adecuado, se eligió el sistema hidráulico teniendo esto en cuenta. Para crear la máquina



extractora se utilizó el proceso de diseño generalizado que apoyo y potenció la creatividad y la imaginación en dicho proyecto.

Santisteban (2020), **diseñó un extractor de pines para disminuir el tiempo operativo de los trabajos del tren de rodaje de una excavadora.** Para el análisis de sus condiciones, en las que se observan la carga, la tensión y la deformación de los distintos factores utilizados en cada elemento, se diseñó de acuerdo con la NTP 399.163-6:2016/ENM, que consume con las normas de acero estructural más utilizadas en el proceso de fabricación a razón de su bajo contenido de carbono y alta soldabilidad. Para ello se utilizó un programa de análisis de elementos finitos, lo que confirió legitimidad y fiabilidad a los resultados. El resultado más significativo fue la deformación de 0,02 mm de la varilla con una fuerza aplicada de 62 KN. que concluyó que la tarea se había realizado de la forma más eficiente posible. Según una lista de especificaciones, la forma del extractor de pasadores requería que fuera lo suficientemente ligero como para que sola una persona pudiera transportarlo y lo suficientemente sencillo como para poder montarlo en el espacio de trabajo designado. Este fue otro factor que determinó el funcionamiento del dispositivo. En vista de ello, se decidió que debía utilizarse acero estructural (ASTM-A36) para construir el extractor, con la finalidad de prolongar su vida útil y sortear la corrosión. Por último, dado que el VAN es positivo (S/ 17 355,15), el examen económico llegó a concluir de que el proyecto planteado es rentable. Esto indica que la inversión es atractiva desde el aspecto financiero, ya que existe un excedente que aumentará



la riqueza a largo plazo, además de recuperar la inversión y obtener el rendimiento previsto. El valor financiero crecerá en proporción al VAN.

Choquehuayta (2019), **diseñó un mecanismo para extraer pines de brazo rompe rocas - Arequipa**. Se construyeron una serie de piezas mecánicas, entre ellas la base extractora para una placa metálica reforzada y los soportes para los gatos hidráulicos. Para satisfacer nuestros requisitos, se seleccionó un sistema hidráulico que incluía gatos hidráulicos y sus correspondientes bombas manuales de palanca. La misión comenzó con una revisión de aplicaciones anteriores y tecnologías comparables en otros lugares, seguida de una revisión de cada anuncio de «extractores hidráulicos» y un método para seleccionar soluciones únicas al problema. Por último, se midieron y calcularon los componentes del extractor necesarios para extraer el pasador que conecta el cilindro hidráulico del brazo del rompedor de rocas. Tras dibujar el conjunto y las vistas detalladas para su construcción, se estimó el coste del elemento y la mano de obra correspondientes y, posteriormente, se comparó con el coste real.

Vaca (2017), **diseño un extractor de pines para cadenas de carriles en maquinaria pesada**. Con el fin de realizar la extracción y el montaje de pasadores y casquillos de la cadena de oruga de un tractor D8T y disminuir los costes operativos de la empresa Ferreyros, se trazaron los componentes que conforman un extractor hidráulico, desde la estructura que lo soporta hasta la selección de elementos auxiliares. Se utilizó el proceso de diseño generalizado para crear el extractor de pasadores de



cadena de oruga. A través de fichas técnicas, el fabricante de cadenas de oruga Caterpillar proporcionó la información necesaria para su creación. Se utilizó el estado del arte para establecer soluciones alternativas para la extracción de pasadores de cadenas de oruga, y se identificó una solución ideal por medio de la evaluación cualitativa de cada solución potencial desde el aspecto técnico y monetario. Además de la teoría del diseño mecánico, dimensionamos los componentes del extractor hidráulico de pasadores de rieles utilizando el criterio de la técnica del factor de carga y resistencia y la norma E 0,90 para el cálculo analítico. Se utilizó el programa Solidworks para modelar las estructuras del extractor hidráulico que estaban sometidas a las respuestas originadas por la fuerza del cilindro hidráulico como tensiones estáticas en cada elemento. Se eligió un cilindro hidráulico con una capacidad de 100 toneladas, una presión máxima de funcionamiento de 700 bar, un caudal de 7,57 litros por minuto y un motor eléctrico de 12,5 caballos de potencia que funciona a 1750 RPM. En comparación con la fuerza de montaje de 660 KN, esto produce una fuerza de 929 KN. Según los resultados hallados el VAN y la TIR, la empresa Ferreiros, con sede en Trujillo, ahorraría dinero si realizara el trabajo por su cuenta, y la inversión de 55 576,60 soles para construir el extractor se amortizaría en un año y tres meses.



2.1.3. Antecedentes locales

Limachi (2020), **estudio el comportamiento de los pernos estructurales sometidos a esfuerzos de tracción hasta su ruptura, seleccionadas los pernos de grado 8 cuyas dimensiones son $\frac{1}{2} \times 3$ "**. Utilizando un sistema hidráulico-mecánico creado de conformidad con la norma ASTM F606, se diseñó y fabricó una máquina de ensayo de tracción para la investigación. La fuerza y la tensión de diseño del equipo eran $f=29\ 400$ lbf; $\sigma=140\ 000$ psi, y se construyó a partir de estructuras metálicas. Las pruebas de tracción del equipo proporcionan datos experimentales para el estudio, concretamente las tensiones máximas y de rotura de los pernos, que se evalúan de acuerdo con las propiedades mecánicas y si alcanzan o no las descripciones del material y las exigencias de ensayo de calidad. A partir de estos resultados se determinan los errores relativos y absolutos de cada fabricante de pernos.

Medina (2019), **diseño e implemento un sistema de automatización de un filtro prensa marca Sperry, utilizado para el secado de concentrado de plomo en la planta concentradora de CIA Casapalca**, Además, su objetivo es maximizar los requisitos de aire de secado del filtro Sperry, minimizar los tiempos de filtrado en cada ciclo y recobrar la mayor cantidad posible de desechos del contenido de plomo. El diseño del sistema que utiliza el estándar ISA-S5.1 está cubierto por el desarrollo de la investigación. Un variador de velocidad ABB, relés de sobrecarga y una HMI se conectaron a un PLC CompactLogix 1759-L30-ER a través del protocolo de comunicación Ethernet/IP. Las pantallas HMI están



programadas de acuerdo con las especificaciones ISA102. Con el diseño y la instalación del sistema automatizado, se recogieron una media de 12,6 ton. de contenido de plomo al mes que se enviaban a los estanques de recuperación como consecuencia de la limpieza de tuberías y lonas. Se redujeron en treinta horas las horas de trabajo necesarias para el procedimiento de los estanques de recuperación. El tiempo medio por ciclo de filtrado se redujo de 112 min. a 72,4 minutos gracias a la implementación de un control de tiempo para la fase de secado. Dado que la demanda de aire de secado del filtro es un elemento que el PLC puede gestionar y el HMI puede modificar, también se optimizó. La automatización reduciría el consumo de aire, según el patrón de los datos del contador horario. En comparación con el 76 % sin automatización, la automatización del filtro Sperry aumentó la eficacia del equipo en un 86 %.

Catacora (2019), **análisis del rendimiento efectivo y esperado de la maquinaria pesada de C y M Vizcarra en la mina San Rafael**. En este contexto, se sugirió estimar el rendimiento efectivo - esperado - maquinaria pesada en un período de tiempo determinado. La población estaba compuesta por el contingente de maquinaria pesada que trabajaba en la mina San Rafael. Se utilizaron veintiocho máquinas pesadas como muestra. Se utilizó el análisis documental para recopilar datos, basándose en el informe de mantenimiento del canal de C y M Vizcarra. En la mina San Rafael, la investigación descubrió que la maquinaria pesada de C y M Vizcarra funciona con poca eficacia, bajas expectativas y sin diferencias apreciables en las proporciones de



rendimiento alto y bajo. En general, se descubrió que tanto el rendimiento previsto como el real están por debajo del umbral mínimo.

Labra (2019), **propuso un método basado en RCM, para la gestión de mantenimiento en maquinaria para movimiento de suelos pertenecientes**, El objetivo es aumentar la disponibilidad y fiabilidad de la maquinaria pesada de movimiento de tierras mediante la creación de un programa de mantenimiento predictivo basado en la técnica RCM para sus diversos componentes. Uno de los objetivos específicos era diagnosticar los sistemas, subsistemas y piezas de la maquinaria pesada con el fin de detectar su estado actual, los fallos funcionales y los modos de fallo. Esto permitió identificar los elementos más importantes e indicar los modos, tipos y frecuencias de fallo que forman parte del problema que hay que resolver. Con el fin de mejorar la disponibilidad y la fiabilidad del área de mantenimiento, se creó una propuesta de plan de mantenimiento preventivo utilizando la técnica RCM. El lugar del estudio estará situado en las siguientes coordenadas, en el departamento de Cuzco, distrito de Sicuani, provincia de Canchis: Las coordenadas son 14°15'15« sur, 70°16'45» oeste, y la altitud es de 3536 metros sobre el nivel del mar.

Huisa (2017), **optimizo la producción aurífera por medio de la selección y reemplazo de maquinarias y equipos en la Minera "San Juan de Dios"**. Debido a que surgen problemas con los equipos y la maquinaria durante las fases de puesta en marcha o excavación, carga y transporte de sus operaciones de producción de oro, se ha establecido el siguiente objetivo: maximizar la generación mediante la selección y sustitución de equipos y la maquinaria actuales de la unidad minera.



Optimizar el coste del transporte del material extraído es uno de los pasos más importantes en la minería a cielo abierto, por lo que es fundamental centrarse en controlar el tiempo de carga, el transporte, la limpieza y el mantenimiento de las vías para obtener los mejores resultados al menor coste posible. Evaluamos la eficiencia de la flota de maquinaria de la Unidad Operativa Minera, la producción por hora, los costos operativos (tanto fijos como variables), los costos por hora de los equipos, los costos unitarios y el beneficio financiero de los equipos nuevos frente a los usados, examinando los ciclos en las etapas de carga, acarreo y transporte. Todas estas métricas se utilizan para evaluar la viabilidad de optimizar la producción de oro. Con indicadores extremadamente favorables, se ha demostrado que sustituir la flota de equipos antiguos por equipos nuevos es más práctico y rentable. Esto optimizaría la producción diaria en 208,68 m³/día, o 48 692 m³/año. Desde el punto de vista monetaria, el beneficio se estima en 29,22 g. Au/día = 1202,50 dólares estadounidenses/día, mientras que la optimización mediante la sustitución por equipos modernos permitiría alcanzar una suma anual. de: 280,582.78 US\$/año.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Cadenas de carrilería de maquinaria pesada

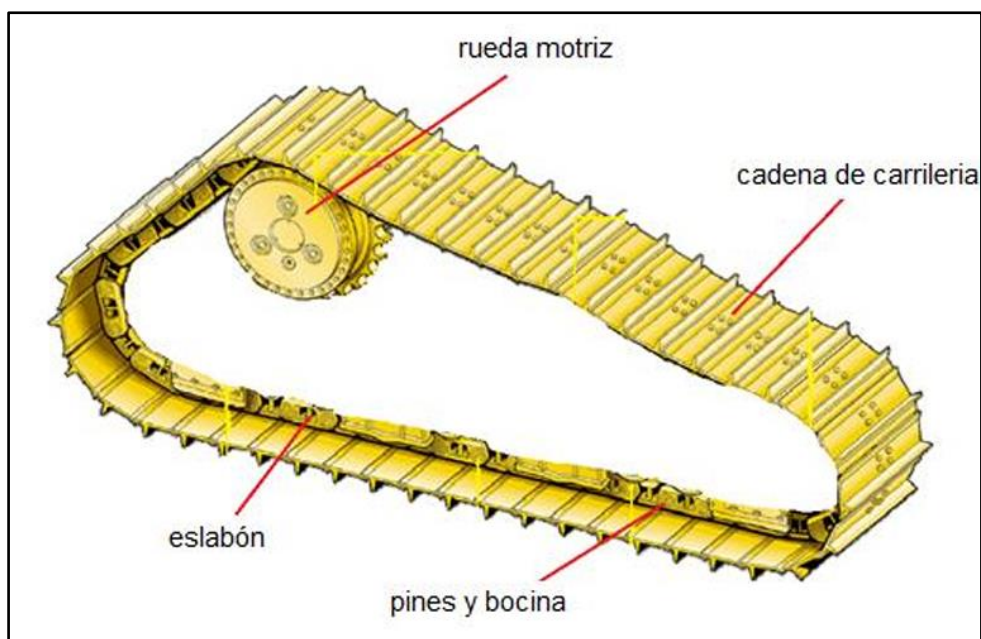
2.2.1.1. Cadena

El cuarenta por ciento de la máquina es una correa de acero. Además de soportar el peso del equipo, permite transportar tractores y excavadoras. Está fabricada para diversos tipos de terreno y puede soportar cargas de impacto durante su uso (Vaca, 2017).

En la figura 1 se exhibe una de las cadenas de oruga que se emplean en la maquinaria pesada. Los eslabones conectados por casquillos y pasadores que se mueven al entrar en contacto con una rueda motriz conforman el elemento de la cadena (Hibberr, 2021).

Figura 1

Partes de una cadena de carrilería en un tren de rodamiento.



Fuente: Obtenido de (Vaca, 2017).

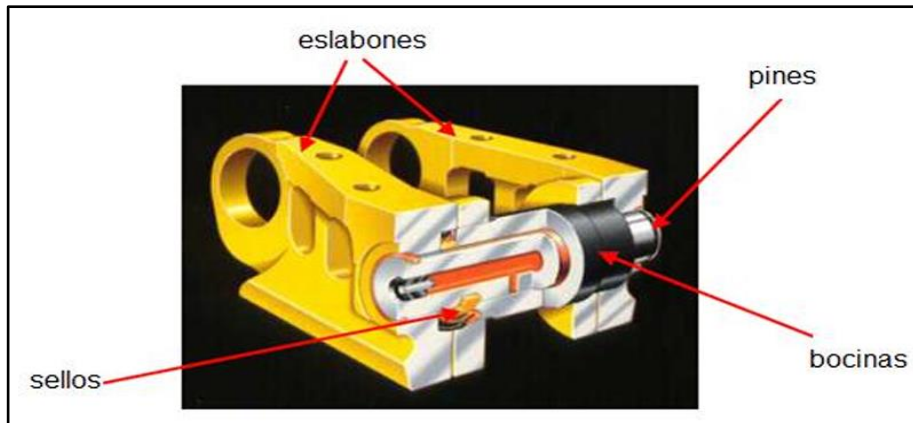
2.2.1.2. Principales componentes de una cadena de carrilería

Los elementos principales de una cadena ferroviaria se exhiben en la figura 2 y se explican a continuación. Transfiere la fuerza de la rueda motriz primero al cuerno y luego al pasador.

- a) **Bocina-** Es un material robusto y flexible compuesto por acero al boro con baja cantidad en carbono que ha sido estampado en frío y luego calentado a alta temperatura en un horno de sedimentación. A continuación, se inyecta carbono para proporcionar una superficie endurecida y resistente al desgaste (Carrera & Cepeda, 2014).
- b) **Pin-** Transfiere la fuerza motriz a los eslabones, que están compuestos igualmente por acero con bajo contenido en carbono y niveles específicos de aleación, transmitiendo primero la fuerza ejercida por la bocina al pasador y luego a sus extremos (Apolinario, 2018).
- c) **Eslabón-** Mantiene la fuerza que el pasador envía a los eslabones, que posteriormente se transfiere a las zapaatas para la tracción y el movimiento del equipo. En los hornos sin oxígeno, los niveles precisos de aleación de los eslabones y su alto contenido en boro permiten una dureza superior sin comprometer la resistencia del núcleo. Esto confiere al núcleo interno la capacidad de soportar la fatiga provocada por las cargas de impacto (Barba y Terán, 2021). Los eslabones están compuestos por acero con bajo contenido en carbono.
- d) **Sellos-** Estos elementos evitan que el lubricante del interior de los pasadores se filtre y aíslan la entrada de partículas contaminantes en el pasador. (Campozano, Ramos, & Naranjo, 2022).

Figura 2

Componentes de una cadena de carrilería



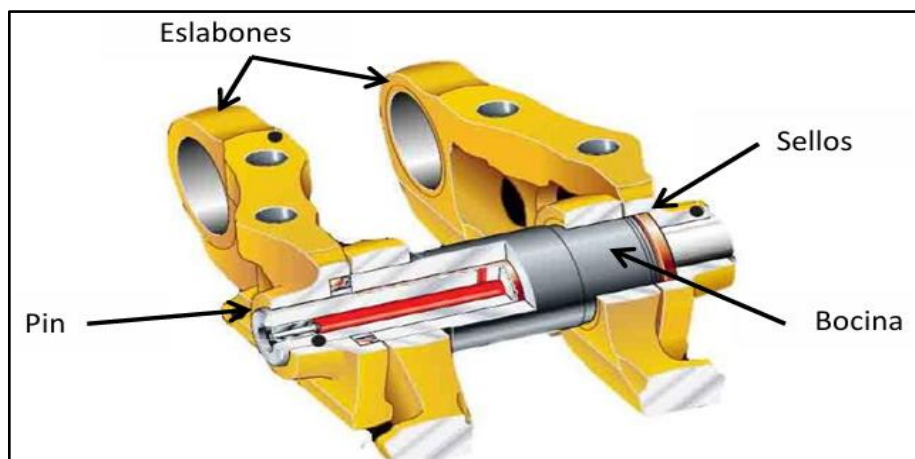
Fuente: Obtenido de (Campozano, Ramos, & Naranjo, 2022).

2.2.1.3. Tipos de cadenas de carrilería.

a) Cadena de Carrilería lubricadas- Estas caadenas tienen sellos en los extremos del pasador porque hay aceite dentro del pasador. En comparación con el método tradicional de los tractores de oruga Caterpillar, estas cadenas de oruga tienen más horas de funcionamiento (Niño & Sandoval, 2016).

Figura 3

Partes de una cadena de carrilería en un tren de rodamiento lubricada

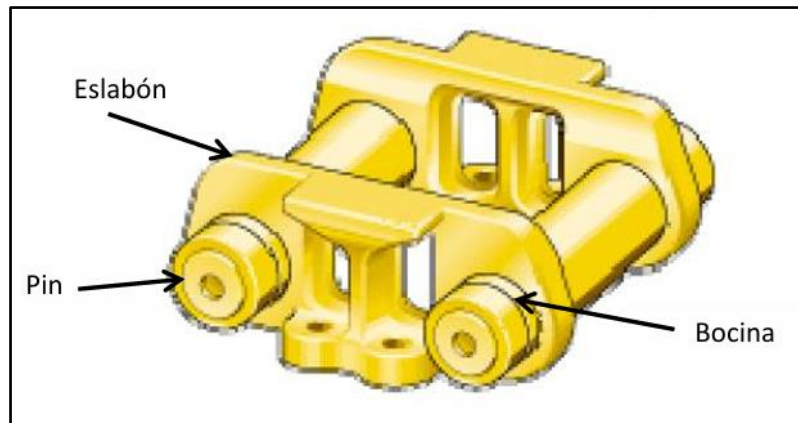


Fuente: Obtenido de (Torres & Bautista, 2016)

b) Cadena de carrilería selladas-. No es necesario lubricar estas cadenas. Se instalan en excavadoras hidráulicas que están fijas mientras se utilizan, tienen una cadena de oruga que solo permite un movimiento lento y no están sometidas a impactos (Toscano, 2018)

Figura 4

Cadena de carrilería seca en excavadora



Fuente: Obtenido de (Torres & Bautista, 2016)

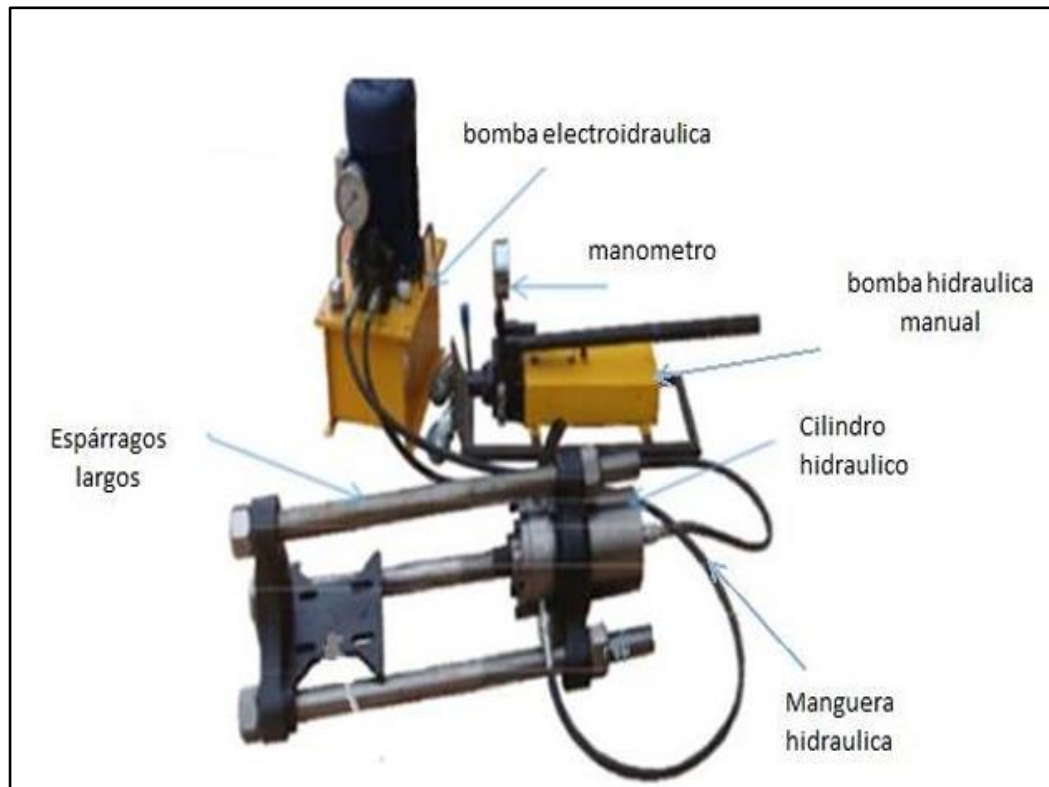
2.2.2. Extractor de pines

2.2.2.1. Extractor de tipo espárragos

En la figura 5 se exhibe el extractor de espárragos. Este instrumento es la prensa hidráulica portátil para uso en campo. Es principalmente útil para montar y desmontar cadenas ferroviarias que requieren introducir un pasador para conectarlas. Para ejercer fuerza, los tres pernos largos (espárragos) de buen grosor de la herramienta se fijan tanto al cilindro hidráulico como a una placa que sirve de barrera de apoyo. Una bomba eléctrica o manual conectada mediante mangueras acciona el cilindro hidráulico. Para verificar el circuito hidráulico, también cuenta con un manómetro (Arroyo, 2018).

Figura 5

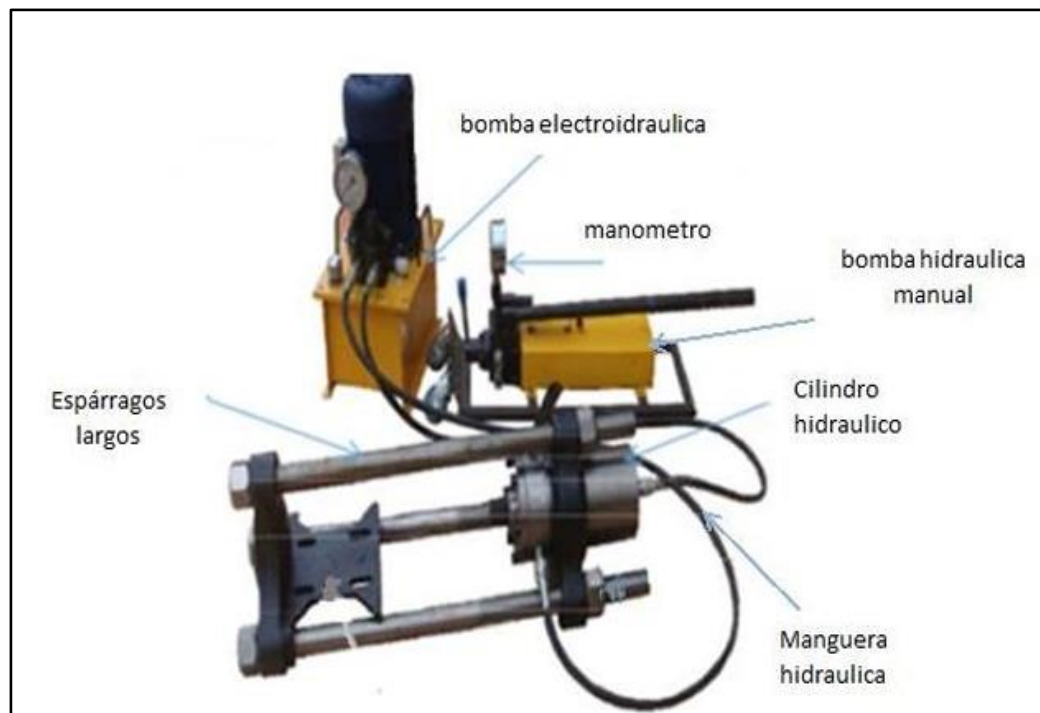
Extractor de pines y bocinas tipo espárragos



Fuente: Obtenido de (Torres & Bautista, 2016)

2.2.2.2. Extractor de tipo C

La prensa hidráulica utilizada para retirar los casquillos y pasadores de las cadenas ferroviarias se muestra en la figura 6. La forma en C de la herramienta facilita su colocación. Un soporte permanente con un orificio y una cesta donde cae el pasador extraído está fijado a un extremo de la herramienta en forma de C, mientras que el otro extremo está conectado a un pistón hidráulico. Además de contar con un manómetro que lee el circuito hidráulico, el circuito está conectado a la bomba manual a través de dos mangueras. La herramienta contiene dos puntos de anclaje para el equipo y requiere una fuerza externa (gato) para funcionar.

Figura 6*Extractor de pines tipo C*

Fuente: Obtenido de (Julca, 2015)

2.2.2.3. Extractor estacionario

En la figura 7 se exhibe una prensa hidráulica fija para labores de alta calidad. Se utiliza para el mantenimiento y la reparación de cadenas ferroviarias y está situada en un entorno limpio. Una de sus ventajas es que está especializada en el montaje de cadenas ferroviarias y realiza las tareas con una calidad y eficiencia excepcionales. Esta prensa cuenta con dos potentes pistones situados uno frente al otro y se alimenta mediante una cinta transportadora. Para el montaje y desmontaje, los pistones ejercen fuerza mientras la cadena ferroviaria entra y se coloca en un anclaje fijado. Las cadenas ferroviarias tienen diversas formas y se emplean acoplamientos en función de su tamaño. Un control hidráulico

dirige la bomba hidráulica que alimenta los cilindros hidráulicos, que a su vez accionan este circuito hidráulico.

Figura 7

Extractor de pines tipo C

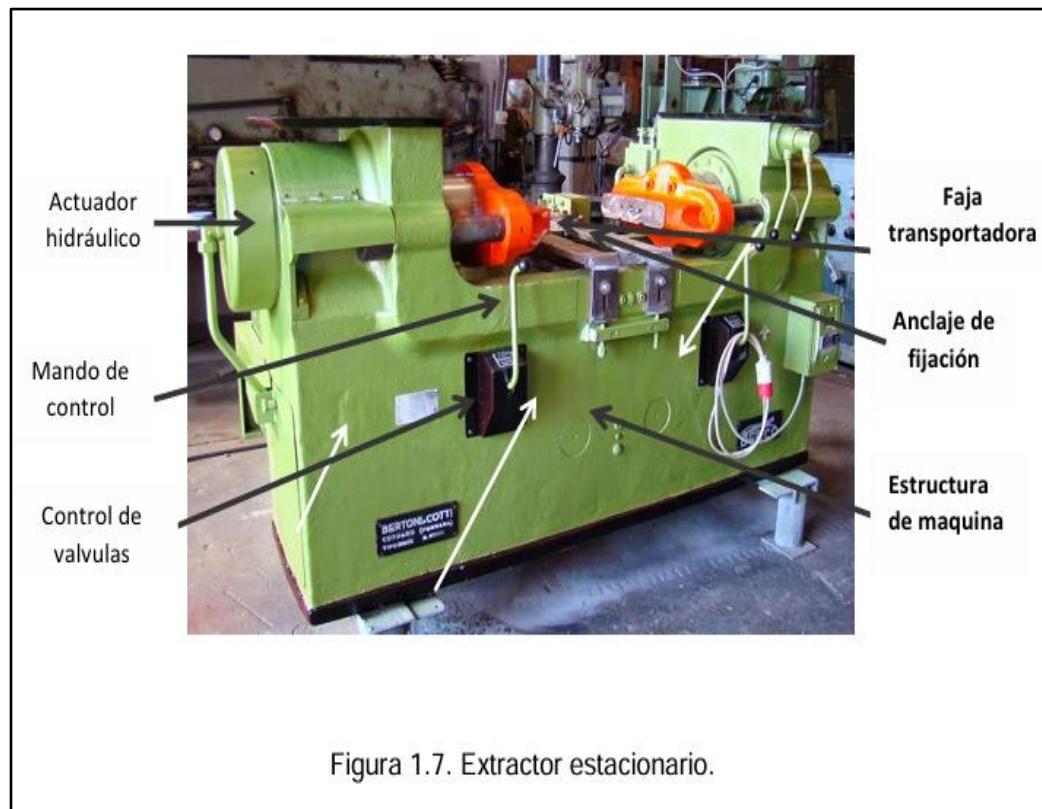


Figura 1.7. Extractor estacionario.

Fuente: Obtenido de (Niño & Sandoval, 2016)

2.2.3. Cálculos generales de un extractor de pines

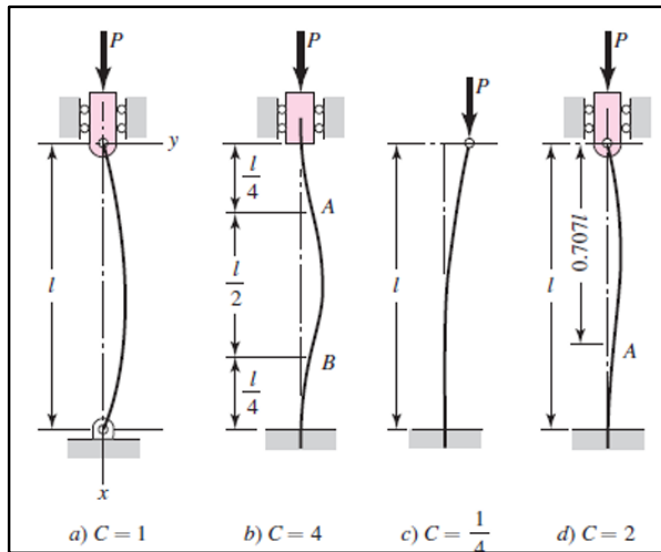
2.2.3.1. Elementos sometidos a compresión-general

Según Raymundo (2020), La siguiente fórmula proporciona la fuerza crítica de columna que termina en la unión de la figura 8:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 E I}{l^2}$$

Figura 8

Flexión en columnas (pandeo)



Fuente: Obtenido de (Vladimir, 2018)

En el caso de las columnas, se conoce la expresión de Euler. Al escribirla, la expresión puede ampliarse para aplicarse a condiciones finales adicionales.

$$P_{cr} = \frac{C\pi^2 El}{l^2}$$

Por lo tanto, como ilustra la figura 1, la constante C depende de las circunstancias finales. La ecuación puede reorganizarse en la forma más práctica utilizando la fórmula $I = Ak^2$, donde A es la zona y k es el radio de giro.

$$\frac{P_{cr}}{A} = \frac{C\pi^2 E}{\left(\frac{l}{k}\right)^2}$$

2.2.3.2. Método de factores de carga y resistencia (LRFD) para el cálculo estructural.

El primer paso en el diseño estructural es examinar las cargas que la fuerza de trabajo ejerce sobre la estructura con el fin de identificar sus puntos críticos. De acuerdo con los requisitos legislativos E.090 para estructuras metálicas, el análisis estructural emplea la técnica de diseño por factores de carga y resistencia (LRFD). Para determinar el material, este método requiere determinar un factor carga que se representará como la carga final, o carga a la que estará sometido el elemento. A continuación, este factor de carga se compara con la resistencia del diseño estructural que se va a evaluar, donde la resistencia del diseño debe ser mayor que la carga final para salvaguardar a que la estructura no falle (Niño & Sandoval, 2016)

- **Resistencia de diseño en tracción**

Como se ha indicado precedentemente, se necesita resistencia; se aplica la siguiente fórmula:

$$U = 1.2 * D + 1.6 * L$$

Donde:

D: Carga muerta (cargas permanentes)

L: Carga viva (sobrecarga).

- **Resistencia de diseño (N) Para esto se toma la ecuación de resistencia de diseño.**

$$N = \phi * A_s * f_y$$

**Donde:**

ϕ : Factor de reducción

A_s : Área neta de contacto

f_y : Esfuerzo de fluencia

$$N > U$$

- **Análisis de resistencia al momento flector.**

$$M_u = 1.2 * M_D + 1.6 * M_L$$

$$M_D = D * H \quad M_L = L * H$$

Dónde:

M_D : Momento.

D : Carga muerta

L : Carga viva

H : Altura específica.

- **Resistencia diseño (M_u), para esto se utiliza la siguiente ecuación.**

$$M_N = \phi * A_s * f_y * e$$

Donde:

ϕ : Factor de reducción de resistencia

A_s : Área neta de superficie de contacto

f_y : Esfuerzo de fluencia

e : Espesor del material

$$M_N > M_U$$

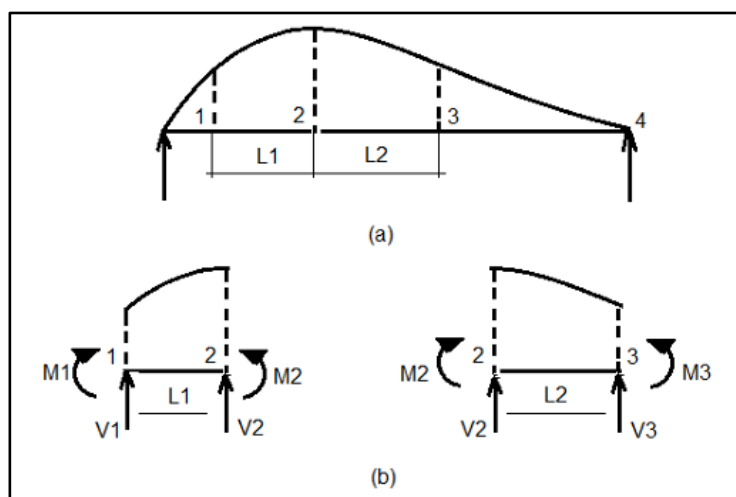
2.2.4. Vigas continuas

2.2.4.1. Ecuación de los tres momentos

En la figura 9 se exhibe una parte de una viga que puede soportar cualquier carga de forma arbitraria. La viga se puede cortar en cualquiera de los tres puntos siguientes: 1, 2 y 3. La fuerza cortante y la situación flector sustituirán a las cargas y fuerzas de derecha o izquierda de cada segmento cortado. Las partes de la viga entre las secciones 1 y 2 y entre las secciones 2 y 3, denominadas secciones 1 y 2, respectivamente, se representan en la figura 9 como diagramas de cuerpo libre (Martinez & Rugeles, 2022).

Figura 9

Carga general en una viga cualquiera

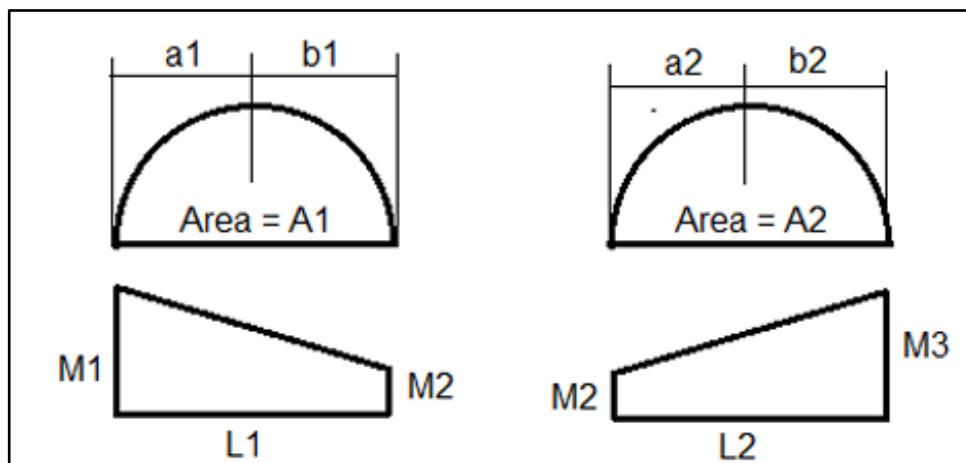


Fuente: Obtenido de (Vladimir, 2018)

Para los dos vanos cuya incorporación da como resultado el estado fingido en diagramas de cuerpo libre de figura 10, la figura muestra estos dos estados de carga. (Corrales, 2022)

Figura 10

Diagrama de momentos



Fuente: Obtenido de (Corrales, 2022)

2.2.5. Estudio financiero

2.2.5.1. Valor actual neto

Es la diferencia entre el valor actual de los ingresos y los pagos inventados por una inversión es la definición de este enfoque de valoración de inversiones (Cordova, Montijo, & Flores, 2018).

$$VAN = \frac{V_t}{(1+r)^t} - I_o$$

Donde:

VAN : Valor actual neto (S/.)

t : Número de períodos (años)

V_t : Flujos de caja (S/.)



I_o : Valor del desembolso inicial (S/.)

r : Interés (%)

2.2.5.2. Tasa interna de retorno:

La tasa compuesta efectiva anual de rendimiento que lleva el VAN de todos los flujos de dinero, tanto negativos como positivos, de una inversión concreta a cero se conoce como tasa interna de retorno (Huaynates, 2024).

$$\frac{V_t}{(1 + TIR)^t} - I_o = 0$$

Donde:

TIR : Tasa interna de retorno (S/.)

V_t : Flujos de caja (S/.)

t : Número de períodos (años)

I_o : Valor del desembolso inicial (S/.)

2.3. Marco conceptual

a) Maquinaria pesada

se describe a un conjunto de equipos de gran tamaño y potencia diseñados para realizar trabajos intensos en construcción, minería, agricultura, y otras actividades que requieren movimiento de grandes cantidades de materiales, tierra o estructuras pesadas (Olortegui, 2022).

b) Extractor hidráulico de pines

Un **extractor hidráulico de pines** es una herramienta diseñada para facilitar la extracción de pines o pasadores que conectan componentes en maquinaria pesada. Estos pines suelen estar sometidos a altas presiones y cargas, lo que puede dificultar su retiro utilizando herramientas convencionales (Raymundo, 2020).

c) Carriles de maquinaria pesada

Son componentes esenciales para el funcionamiento de vehículos sobre orugas, como excavadoras, bulldozers, y otros equipos utilizados en construcción, minería y agricultura. Estos carriles forman parte del sistema de rodamiento que distribuye el peso de la maquinaria y proporciona tracción en terrenos difíciles (Torres & Bautista, 2016).

d) Simulación de la extracción de pines

Es un proceso virtual que utiliza software de modelado y análisis para replicar y estudiar el proceso de retirar pines de componentes mecánicos, generalmente en maquinaria pesada. Este tipo de simulación ayuda a



optimizar el diseño de herramientas y procedimientos, así como a prever problemas antes de realizar la operación en la práctica (Vladimir, 2018)

e) VAN

El valor actual neto, un concepto fundamental en economía y finanzas, se utiliza para evaluar la rentabilidad de un proyecto de inversión exhibe la inversión inicial menos el valor actual de los flujos de caja futuros producidos por la inversión, descontados a una tasa determinada (Santisteban, 2020).

f) TIR

Una métrica financiera utilizada para analizar la rentabilidad de un proyecto de inversión es la tasa interna de rendimiento, o TIR. La tasa de descuento, o la tasa a la que los flujos de caja futuros descontados equivalen a la inversión inicial, es lo que hace que el VAN (valor actual neto) sea igual a 0 (Toscano, 2018).



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION

3.1. Diseño de la investigación

A razón de que la variable independiente no se cambiará deliberadamente, el diseño del estudio para este proyecto es de naturaleza NO EXPERIMENTAL (Hernandez & Fernandez, 2014).

3.2. Tipo de la investigación

La investigación para este estudio es de naturaleza APLICADA, ya que sus contribuciones tienen por objeto aclarar un problema práctico relacionado con el estudio de un determinado campo (Hernandez & Fernandez, 2014).

3.3. Nivel de investigación

En base a Hernández y Mendoza (2018), el nivel de estudio es DESCRIPTIVO, que es un diseño de estudio que trata de describir, narrar y evaluar acontecimientos, circunstancias o procesos sin modificar ningún factor.



3.4. Enfoque de investigación

Con el fin de proporcionar resultados objetivos y verificables, la técnica de estudio es CUANTITATIVA, que se esta basada en la compilacion, el análisis y la descripción de data numerica (Hernández & Mendoza, 2018)

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Según Hernández y Fernández (2014), es un conjunto de personas, cosas y otros elementos que comparten particularidades similares

Por ello la población en estudio está representada por la máquina de extracción de pines para maquinaria pesada en la empresa HBL ingeniería y construcción SAC de la ciudad de Juliaca

3.5.2. Muestra

La muestra es «parte de una población que se considera representativa de ella», afirma Córdova (2018).

Se ha considerado un muestreo no probabilístico intencional; por ello la muestra es la misma que la población; siendo en este caso representada por la máquina de extracción de pines para maquinaria pesada en la empresa HBL ingeniería y construcción SAC de la ciudad de Juliaca

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas

Según Hernández y Fernández (2014), las metodologías de investigación son las estrategias y procesos utilizados para recopilar, examinar y evaluar datos para un estudio.

- Revisión bibliográfica

- Observacional

3.6.2. Instrumentos

Los instrumentos en estudio son herramientas o medios específicos que se emplean para recolectar datos en un estudio (Hernandez & Fernandez, 2014).

- Cálculos matemáticos para el diseño
- Software Solidworks Cad

3.7. Materiales y equipos

a) Materiales

- ✓ Materiales de escritorio
- ✓ Software Solidworks Cad

b) Equipos

- ✓ Cámara digital
- ✓ Laptop
- ✓ Impresora

3.8. Ubicación de la zona en estudio

La empresa HBL ingeniería y construcción SAC está ubicada en la ciudad de Juliaca, perteneciente a la jurisdicción del distrito de Juliaca, provincia de San Román – Puno; situada en las coordenadas geográficas latitud: 15°29'22.20"S, Longitud 70° 8'4.20"O a una altitud de 3830 m.s.n.m.

3.9. Procedimiento metodológico

3.9.1. Diseñar y seleccionar los componentes del extractor de pines para maquinaria pesada en la empresa HBL ingeniería y construcción SAC de la ciudad de Juliaca



a) Selección de los componentes-

Los componentes y materiales que se usaron para la construcción del dispositivo fueron comerciales, siendo en este caso Cilindro hidráulico, Bomba hidráulica, Mangueras y conexiones hidráulicas, Mordazas o adaptadores de sujeción, Estructura, Tornillos de ajuste, Manómetro, Varilla o pistón y Aceite hidráulico

b) Diseño del extractor

Para el diseño del extractor se iniciará buscando cilindros que soporten y generen la fuerza de $490000[N]$, datos entregados por la empresa. Considerando el lugar y las condiciones de trabajo del dispositivo, se requerirá que sea pequeño y liviano para facilitar su operación.

c) Diseño de la estructura en C

Para el diseño de la estructura, se eligió como material la fundición dúctil, también llamada fundición nodular. Esto debido a su alto límite elástico que oscila entre $S_y = 551[MPa]$ y $827 [MPa]$, y también debido a las implicaciones de manufactura que representan la fuerza a la que se operará el dispositivo, ya que su elevado valor complica la aplicación de soldadura para un ensamblaje, pues aumenta significativamente el riesgo de falla en la soldadura.

Como primer paso se dieron valores dimensionales a la parte interna de la estructura, en donde se posicionará la cadena de la maquinaria con su respectivo pin.



Seguidamente, se procedió a realizar el dimensionamiento de la sección transversal, la cuál es de vital trascendencia, ya que se encarga de soportar las cargas axiales y flectoras que genera el funcionamiento de la prensa. Con las dimensiones definidas se pudo conocer su momento de inercia I_x . Se seleccionará un perfil en forma de C invertida.

Conociendo las medidas y teniendo definido un origen en O fue posible calcular el momento de inercia de sección transversal I_x . Para esto se aplicó el Teorema de Steiner para momentos de inercia respecto a un eje paralelo.

A continuación, fue necesario conocer las fuerzas aplicadas sobre la estructura, con el fin de posteriormente calcular los esfuerzos máximos y finalmente determinar los factores de seguridad mínimos en los elementos que la conforman. Sabiendo esto se procedió a realizar el DCL correspondiente a la estructura en C.

d) Diseño de las bridas

Las bridas sirvieron de unión entre la estructura y el cilindro, permitiendo su fácil acople y desacople. Este acople se realizó por medio de los pasadores que comprimirán las bridas para su correcta sujeción. Se realizó un análisis aproximado, tomando la brida como una viga empotrada con a la que se le aplicará una carga de 490000[N],

e) Diseño de los pasadores

Los pasadores cumplieron la función de sujetar la estructura en C con el cilindro hidráulico. Esto significa que dichos pasadores deben ser capaces



de soportar las cargas de tensión generadas por la fuerza de extraacción del pin. Para el diseño de los pasadores se partió de que nuestro número de pasadores es 4 y el grosor del material a sujetar es de 80[mm].

f) Diseño de los botapines

Los botapines fueron las herramientas que estuvieron en contacto directo con el pin y se encargaron de aplicar la fuerza suministrada por el vástago al pin, con el fin de retirar este último de la cadena. Esta herramienta fue sometida a un esfuerzo de compresión

g) Diseño de cilindro hidráulico

Para el cilindro hidráulico se diseñó un cilindro de simple efecto con un resorte a compresión para el retroceso del vástago.

h) Diseño de la mesa transportadora

Como uno de los requerimientos de la prensa se planteó que dicha prensa debe ser fácil de transportar. Anteriormente se determinó que la mejor forma para transportar el conjunto es por medio de una mesa elevadora por mecanismo de tijera. Como primer paso se tuvo el dimensionamiento de la mesa, teniendo en cuenta parámetros de altura mínima (H_i) y altura máxima (H_f) que alcanzo la mesa.

3.9.2. Simular el mecanismo de extracción de pines para maquinaria pesada empleando el software solidworks.

Para la simulación del mecanismo de extracción de pines se empleo el software SolidWorks el cual es un programa CAD (Diseño Asistido por



Computadora) que permite realizar simulaciones de mecanismos mediante su módulo de análisis de movimiento y su herramienta de análisis estructural (Simulation).

- a) **Crear el modelo 3D del mecanismo-**. Pin, Estructura del extractor, Soporte o base, Sistema hidráulico o mecánico:
- b) **Configuraciones de propiedades-**. fuerza de motores, tiempo de simulación
- c) **Simulación del mecanismo-**. Mediante la creación del modelo y la configuración de las propiedades se simulo el mecanismo.

3.9.3. Determinar la factibilidad económica de la máquina de extracción de pines para maquinaria pesada

Este objetivo permitió evaluar la factibilidad económica de invertir en una máquina de extracción de pines para maquinaria pesada, empleando las siguientes ecuaciones

VAN:

$$VAN = \frac{V_t}{(1+r)^t} - I_0$$

Donde:

VAN: Valor actual neto (S/.)

V_t: Flujos de caja (S/.)

r: Interés (%)

t: Número de períodos (años)



I_o : Valor del desembolso inicial (S/.)

TIR:

$$\frac{V_t}{(1 + TIR)^t} - I_o = 0$$

Donde:

TIR: Tasa interna de retorno (S/.)

V_t : Flujos de caja (S/.)

t : Número de períodos (años)

I_o : Valor del desembolso inicial (S/.)

3.10. Contrastación de hipótesis

Se empleo la estadística descriptiva, por medio a la interpretación de los resultados con tablas, figuras y planos, y no se empleó formula estadística



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Diseñar y seleccionar los componentes del extractor de pines para maquinaria pesada en la empresa HBL ingeniería y construcción SAC de la ciudad de Juliaca.

Con respecto al presente objetivo se identificaron y seleccionaron los componentes clave para el extractor de pines, optando por elementos comerciales para optimizar el diseño y asegurar su disponibilidad inmediata.

El extractor de pines para maquinaria pesada está diseñado para un tractor D8T, cuya fuerza máxima de armado de la presa de cadenas es de 660 kN, según la ficha técnica del Anexo 3.

a) Cilindro Hidráulico

Se inició con la selección del cilindro hidráulico que superara la fuerza máxima de acople (F_m), con el fin de asegurar una extracción eficiente del pin y la bocina, garantizando un rendimiento adecuado del extractor.

$$F_m = 660 \text{ Kn}$$

- Factor de diseño del cilindro hidráulico seleccionado.

Por ello, se adoptó un factor de diseño de 1.40, lo que implica que el cilindro debe ser capaz de soportar al menos un 40 % más de la carga nominal prevista para extraer el pin y la bocina del eslabón de la cadena, lo cual el cilindro hidráulico seleccionado es totalmente aceptable.

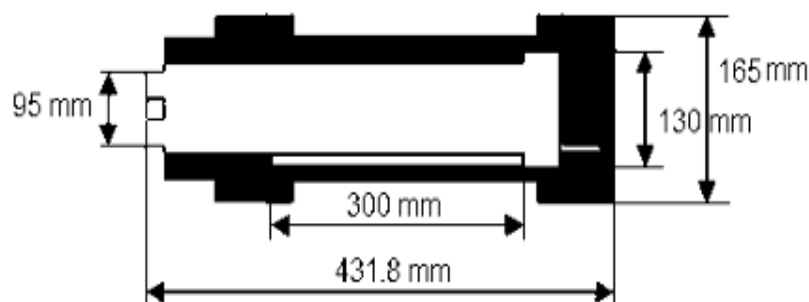
$$\text{Factor de diseño} = \frac{929 \text{ kN}}{660 \text{ kN}} = 1.40$$

- Dimensiones del cilindro hidráulico seleccionado.

En la figura 11 se exhibe las dimensiones del cilindro hidráulico, con una longitud total de 431.8 mm y un cuerpo principal de 300 mm de largo y 130 mm de diámetro sus extremos incluyen un acoplamiento de 95 mm y un cabezal de 165 mm, adecuados para aplicaciones de alta presión, ya que estas características condicionaron el diseño de los elementos estructurales del bastidor.

Figura 11

Dimensiones del cilindro hidráulico seleccionado.



Fuente: Elaboración propia

- Análisis de fuerzas en el sistema de extracción del pin mediante cilindro hidráulico.

Se determinó que el cilindro hidráulico debe tener una fuerza admisible ($F_{adm.}$) superior a 660 kN para garantizar una extracción segura y eficiente del pin y la bocina.

En la figura 12 me muestra que, la fuerza necesaria para el acople y desacople del pin esta influenciada principalmente por la fuerza de rozamiento (F_3), la cual se opone al desplazamiento del mismo; para fines de análisis, esta fuerza fue igualada a la transmitida por el pistón.

Figura 12

DCL de la fuerza de desacople en el Pin.



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 13 se muestra que, de manera similar al diagrama, la fuerza de reacción (F_2) se comunica axialmente a través del componente denominado botador, este elemento, de diámetro inferior al del pin, es responsable de realizar el recorrido necesario durante el proceso de desacoplamiento.

Figura 13

DCL de la fuerza en el botador.

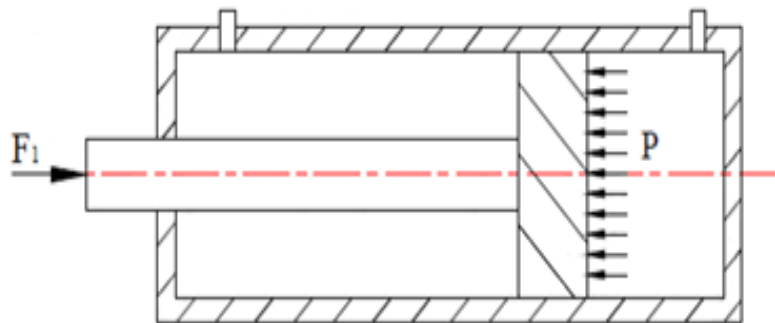


Fuente: Elaboración propia

En la Figura 14 se exhibe que, la fuerza de reacción axial (F_1) donde se presenta interacción entre el vástago del cilindro hidráulico y los componentes del sistema de rodaje, actuando a lo largo del eje longitudinal del cilindro.

Figura 14

DCL de la fuerza en el vástago del cilindro hidráulico.



Fuente: Elaboración propia

La fuerza del cilindro hidráulico seleccionado es de 929 kN, superior a la fuerza requerida para extraer el pin de 660 kN lo que garantiza una operación eficiente y segura del sistema.

$$929\text{kN} = F_{C-H} > 660\text{ kN} = F_1$$

- Selección del cilindro hidráulico.

Tras una exhaustiva búsqueda, se seleccionaron los cilindros hidráulicos de doble efecto de la marca ENERPAC, cuya fuerza máxima de empuje es de 928 kN, y que cumplen con las especificaciones técnicas necesarias, según el Anexo 4.

a) Componentes del sistema hidráulicos.

A partir de la fuerza de 929 kN del cilindro hidráulico seleccionado, se seleccionó los componentes del sistema hidráulico, el cual está compuesto por el motor, la bomba, las válvulas, las mangueras, entre otros.

- Bomba hidráulica y motor

En cuanto a la bomba hidráulica y el motor, se extrajeron los datos necesarios de los cuadros presentadas en el Anexo 4 para el cilindro hidráulico seleccionado, se utilizaron las siguientes variables:

- **(W):** Capacidad del cilindro de carga = 10 ton.
- **(L):** Longitud de carrera = 300 mm
- **(A):** Área efectiva de empuje = 132.7 cm²
- **(V):** Volumen de llenado en empuje = 3981 cm³
- **(t):** Tiempo de llenado = 35 segundos según tiempo de trabajo exigidas.
- Cálculo de la Presión del cilindro hidráulico (P)

La presión óptima del cilindro hidráulico es de 700 bar, garantizando la fuerza necesaria para extraer el pin y bocina, cumpliendo con los requisitos del sistema de rodaje del tractor D8T.

$$P = \frac{F}{A} = \frac{929 \text{ kN}}{132.7 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 70 \text{ Mpa} = 700 \text{ bar}.$$

Donde:

- **(P):** Presión = bar.
- **(F):** Fuerza máxima de trabajo = 929 kN.
- **(A):** Área efectiva de empuje del cilindro. = 132.7 cm² = 132.7 x 10⁻⁴ m².
- Caudal de la bomba hidráulica (Q)

El caudal óptimo del cilindro hidráulico seleccionado es de 1.80 GLM, lo que garantiza la conversión eficiente de energía mecánica en energía hidráulica para un funcionamiento adecuado del sistema

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{3921 \text{ m}^3}{35 \text{ seg.}} = 112.03 \text{ cm}^3/\text{seg.} = 180 \text{ GLM}$$

Donde:

- **(Q):** Caudal de la bomba hidráulica= cm³/seg. =GLM
 - **(V):** Volumen de llenado = 3981 cm³.
 - **(t):** Tiempo de llenado= 35 seg.
- Selección de la bomba y el motor.

En la Tabla 2 se exhiben las características de la bomba y el motor seleccionados de ENERPAC, que cumplen con los requisitos de fuerza y caudal del cilindro hidráulico, según el Anexo 5. Además, se seleccionó una bomba eléctrica de dos etapas para un cilindro de doble acción, cuyo comportamiento de caudal según la presión de operación se detalla en el Anexo 6.

Tabla 2

Características de la bomba y motor.

Característica	Bomba	Motor eléctrico		
	Caudal (Q)	Potencia	Voltaje	Frecuencia
Cantidad	2GPM	12.5 HP	230 VCA	60 Hz.

Fuente: Catálogo del fabricante ENERPAC, anexo 6.

- Válvulas del sistema hidráulico.

De acuerdo con los requerimientos del sistema, se seleccionó las válvulas más adecuadas, cuyas especificaciones se detallan en el Anexo 7.

- Se eligió una válvula de distribución principal tipo solenoide (modelo VE43), de configuración 4/3, la cual permite un control eficiente y preciso del movimiento del cilindro.

Adicionalmente, con el objetivo de proteger los componentes del sistema hidráulico, se integraron válvulas específicas, cuya selección se presenta en el Anexo 8:

- **Válvula de aguja:** Capaz de operar en rangos de presión entre 0 y 700 bares, con conexión de 3/8" NPTF, permite controlar con precisión la velocidad del cilindro regulando el caudal.
- **Válvula de alivio (serie V-152):** Diseñada para limita la presión generada por la bomba en circuito hidráulico, activándose automáticamente al superar la presión preestablecida para proteger los componentes y evitar sobrecargas.

- **Mangueras y conexiones del sistema hidráulico.**

Se selecciono mangueras hidráulicas de 3/8" para garantizar la compatibilidad con las válvulas, con una capacidad de resistencia a presión de hasta 700 bar, asegurando un funcionamiento seguro. Las especificaciones detalladas se encuentran en el Anexo 9.

- **Volumen del tanque de aceite para el sistema hidráulico.**

Se optó por un cilindro externo de la marca SMA, cuya especificación se presenta en el Anexo 10, y un tanque hidráulico con una capacidad de 21 litros, asegurando así la adecuación del sistema para su funcionamiento óptimo; los cálculos se detallan a continuación:

$$V_t = Q \times 3 = V_t = 1.8 \times 3 = 5.4 \text{ galones} = 20 \text{ litros.}$$

Donde:

- (V_T) = Volumen del tanque
- (Q) = Caudal = 180 GLM = 1.8

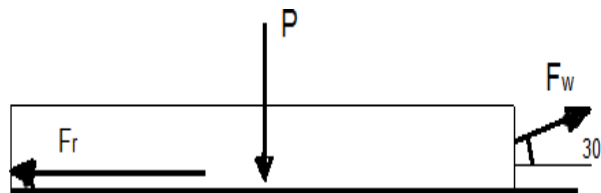
Según la norma ISO 1219, el depósito debe ser tres veces el volumen del flujo necesario, lo que permite el descanso del fluido, la disipación de calor, y la sedimentación de contaminantes.

- Winche para el sistema hidráulico.

En la figura 15 se exhibe la selección del winche para el sistema de extracción, correspondiente al modelo PW 1250i, con una capacidad de 1250 kg, esta elección se basa en la fuerza requerida de 1184 kgf para jalar la cadena hasta la zona de desacople, como se exhibe en el anexo 11.

Figura 15

Arrastre de la cadena sobre la mesa de recepción.



Fuente: Elaboración propia

- Cálculo de la Fuerza de Arrastre por el Winche.

Se considero un peso de cadena de 1800 kg y un coeficiente de rozamiento del acero sobre acero $\mu=0.57$, como se detalla en el Anexo 11.

$$F_r = P \times \mu = 1,800 \text{ Kg.} \times 0.57 = 1,026 \text{ Kg}$$



Donde:

- (F_r) = Fuerza de arrastre
- (P) = Peso de la cadena= 1,800 Kg.
- (μ) = coeficiente de rozamiento dinámico entre acero y acero= 0.57

- **Cálculo de la Fuerza Requerida por el Winche:**

$$F_r = F_w \cos 30^\circ$$

$$F_w = \frac{F_r}{\cos 30^\circ}$$

$$F_w = \frac{1,026 \text{ kgf}}{0.866}$$

$$F_w = 1,184 \text{ kgf}$$

Donde:

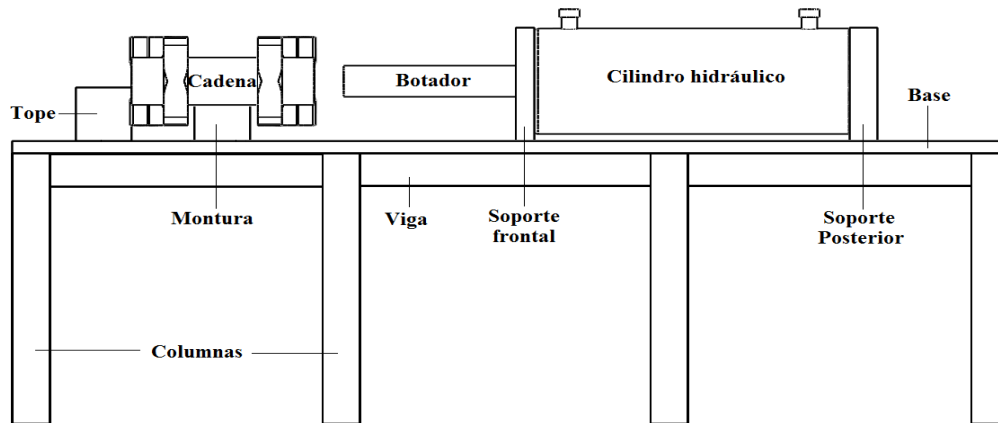
- (F_w) = Fuerza requerida
- (F_r) = Fuerza arrastre = 1,026 kgf.

b) Diseño bastidor

En la figura 16 se exhibe el esquema estructural del extractor hidráulico centrado en la mesa de trabajo, abarcando los puntos críticos en estructura como los apoyos, soportes, columnas, vigas y base que soporta las cargas de trabajo de los diferentes componentes.

Figura 16

Esquema previo del Extractor hidráulico.

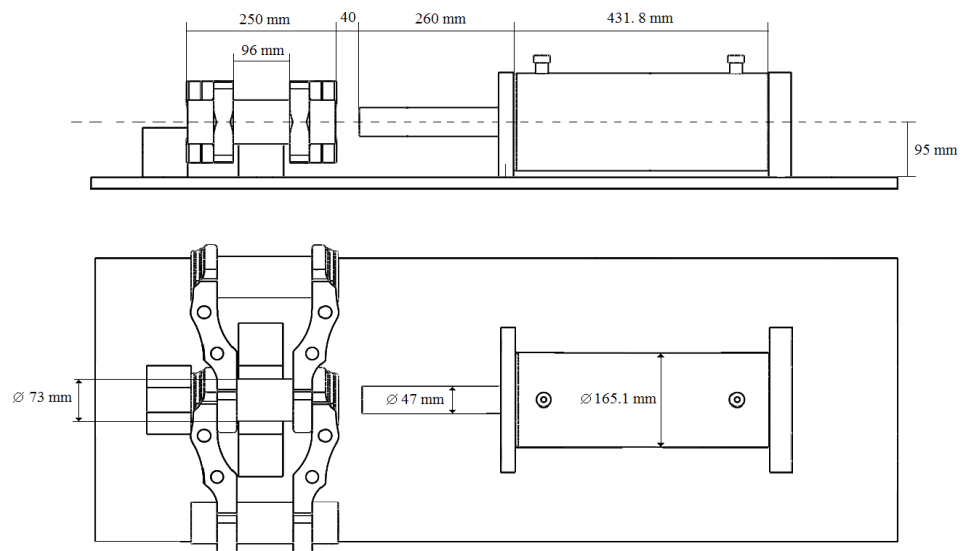


Fuente: Diseño del bastidor

En la figura 17 se exhibe el punto de partida para el dimensionamiento de los elementos del extractor, utilizando los parámetros del cilindro hidráulico escogido y de la cadena del tractor D8T; a partir de estos datos, se establecen las dimensiones iniciales de la mesa de trabajo.

Figura 17

Parámetros establecidos del extractor hidráulico.



Fuente: *Elaboración propia*

- **Soportes del cilindro hidráulico.**

Mediante el método LRFD, se determinó los materiales y parámetros de soportes rectangulares para la parte frontal y posterior del cilindro hidráulico.

✚ **Análisis del soporte posterior de cilindro hidráulico.**

1. **Cálculo del diseño en tracción (M_u)**

Aplicando el método LRFD y considerando solo la carga viva de 660 kN (por ser significativamente mayor que la carga muerta), se obtiene una resistencia requerida de 1056 kN.

$$U = 1.2 \times D + 1.6 \times L$$

$$U = 1.6 \times L$$

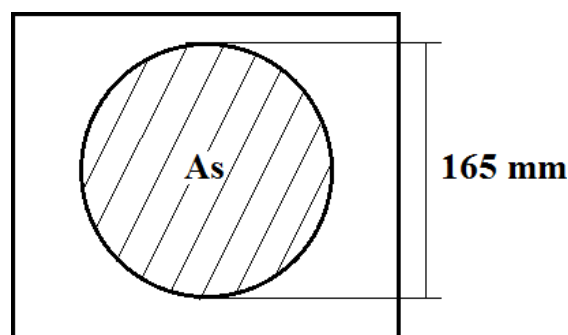
$$U = 1.6 \times 660 \text{ kN}$$

$$U = 1056 \text{ kN}$$

En la figura 18 se muestra el área de contacto entre el soporte y el cilindro hidráulico, la cual tiene una medida de 165 mm, esta medida es importante ya que una mayor superficie de contacto puede contribuir a una mejor distribución de esfuerzos, ayudando así a responder el buen funcionamiento y la estabilidad del sistema.

Figura 18

Área de contacto del soporte y el cilindro hidráulico.



Fuente: Elaboración propia



Determinamos el área neta (A_s):

$$A_s = \frac{\pi \times 165^2}{4} = 21,382.43 \text{ mm}^2$$

Para verificar si el perfil seleccionado es adecuado, se calculó la resistencia de diseño (N) utilizando la ecuación correspondiente:

$$N = \emptyset \times A_s \times f_y$$

$$N = 0.9 \times 21,382.46 \text{ mm}^2 \times f_y$$

$$N = f_y \times 19,244.21 \text{ mm}^2$$

Dónde:

- (\emptyset): Factor reductor de la resistencia = 0.9 Tracción.
- (A_s): Área neta de la superficie.
- (f_y): Esfuerzo de fluencia del material.

La resistencia a necesitar tiene que ser menor a resistencia de diseño.

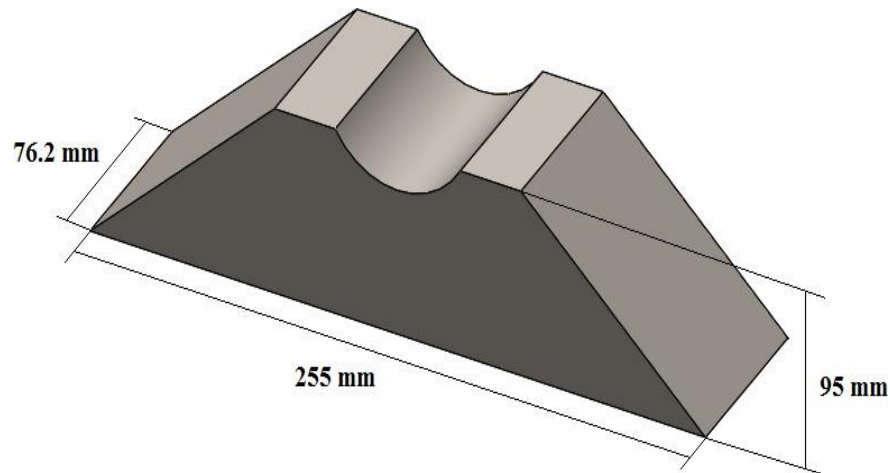
$$N > U$$

$$f_y \times 19,244.21 \text{ mm}^2 > 1,056 \text{ kN}$$

$$f_y > 54.87 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Figura 19

Dimensiones de la silla de montar.



Fuente: Elaboración propia

1. Tope

1. Cálculo del diseño en tracción (M_u)

Aplicando el método LRFD y considerando solo la carga viva de 660 kN (por ser significativamente mayor que la carga muerta), se obtiene una resistencia requerida de 1056 kN.

$$U = 1.2 \times D + 1.6 \times L$$

$$U = 1.6 \times L$$

$$U = 1.6 \times 660 \text{ kN}$$

$$U = 1,056.000 \text{ kN}$$

Dónde:

- **(D):** Carga muerta
- **(L):** Carga viva

✚ Selección del área de la superficie de contacto

$$A_S = 95 \times (120) - 2092.69 \text{ mm}^2$$

$$A_S = 9,307.31 \text{ mm}^2$$

2. Cálculo de la resistencia al momento flector (M_N)

Para el análisis de resistencia al momento flector se halló la resistencia requerida

M_u con la siguiente ecuación:

$$M_U = 1.2 \times M_D + 1.6 \times M_L$$

Dónde:

- (M_D y M_L): Momento debido a las cargas permanentes.
- (D): Carga muerta (cargas permanentes)
- (L): Carga viva (sobrecarga).
- (H): Altura específica, $H = d - (\alpha/2)$,

donde M_D y M_L son los momentos a razón de las cargas permanentes y vivas, respectivamente. La altura específica H se determina como:

$$H = d - \left(\frac{\alpha}{2}\right) = (95) - (36.5/2) = 76.75 \text{ mm}$$

Donde:

- (**d**): Diámetro del cilindro=165 mm.
- (**a**): Altura desde la base hasta el cilindro=12.5 mm.

En la figura 28 se exhibe el esquema del tope con una longitud de 120 mm, un diámetro pin de 73 mm y una altura de 95 mm desde la parte base hasta la parte inferior de un cilindro.

✚ Selección del espesor para el bloque del tope

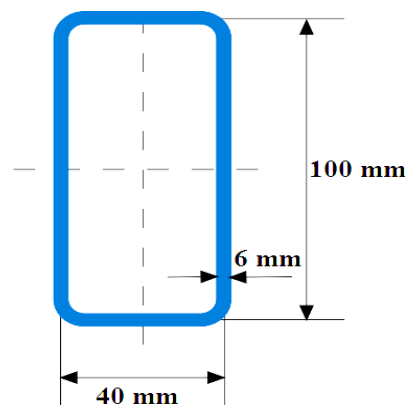
Para garantizar una mayor seguridad estructural, se seleccionó un espesor de 3 pulgadas (76.2 mm) para tal bloque, por ello se tiene los parámetros del tope.

✚ Selección de la tubería rectangular para columnas.

Se selecciono tubería rectangular con un área transversal de 14.1 cm² (14400 mm²) de la empresa Aceros Arequipa tal cómo se especifica en el anexo 15; además en la figura 36 se muestra los parámetros de perfil de la tubería rectangular para la columna.

Figura 20

Parámetros del perfil rectangular para la columna.



Fuente: Elaboración propia

1. Cálculo del diseño en tracción (M_u)

La carga viva (L) de 660 kN generada por el cilindro hidráulico se distribuye igualmente entre las 2 vigas, como se exhibe en la figura 37.

En la tabla 3 se muestra las propiedades de un perfil cuadrado con dimensiones de 30 x 30 x 4 mm, su área de sección transversal es de 3.75 cm², lo que indica

la capacidad del perfil para resistir cargas, el momento de inercia es de 3.97 cm^4 , lo que refleja la rigidez del perfil frente a la flexión, el módulo resistente, con un valor de 2.64 cm^3 , representa la capacidad del perfil para resistir momentos flectores sin fallar.

Tabla 3*Sección de perfil*

Dimensión específica	Área Cm2	Momento de Inercia cm4	Módulo Resistente cm3
30 x 30 x 4	3.75	3.97	2.64

Fuente: Elaboración propia

Comprobación de la fluencia en de la viga:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{(\sigma)^2 + 3(\tau)^2}$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\left(\frac{M_f \times 1000}{W_x}\right)^2 + 3\left(\frac{V}{A \times 100}\right)^2}$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\left(\frac{418 \times 1000}{2.64 \times 1000}\right)^2 + 3\left(\frac{1883.05}{3.75 \times 100}\right)^2}$$

$$\sigma_{eq} = 158.57 \text{ Mpa}$$

Entonces:

$$F.S = \frac{S_y}{\sigma_{eq}}$$

$$F.S = \frac{250}{158.57}$$

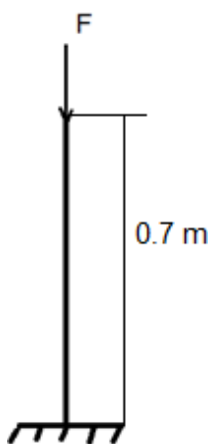
$$F.S = 1.58$$

✚ Selección del perfil para la pata de la mesa de recepción.

En la figura 21 se muestra el esquema de la pata de la mesa donde se evalúa la mayor reacción en pata de mesa 1726.13 N para seleccionar un perfil adecuado.

Figura 21

Esquema de la pata de una mesa.



Fuente: Elaboración propia

- **Análisis de la longitud de pandeo**

Donde:

- $C = 4$
- $L = 0.7$

$$L_k = c \times L$$

$$L_k = 2 \times 0.7$$

$$L_k = 2.8$$

Para determinar la sección adecuada del perfil, se analiza la esbeltez mecánica (λ) de una pieza simple con sección constante. Esta esbeltez se alude como la

asociación entre la longitud efectiva (l_k) y el radio de giro (k) en un plano perpendicular al eje de inercia de la sección:

Donde:

- **(K):** Radio de giro de la sección.

$$\lambda = \frac{l_k}{k}$$

Se sugiere que la esbeltez mecánica no exceda 200 en componentes principales y hasta 250 en secundarios.

$$\lambda \leq 200 = \frac{l_k}{k} \leq 200 = \frac{280}{200} \leq K = 1.4 \leq K$$

La Tabla 4 presenta el perfil tubular cuadrado de 45 x 30 mm y 4 mm de espesor, seleccionado del catálogo técnico incluido en el Anexo 11.

Tabla 4

Sección de perfil seleccionado.

Dimensión específica	Área	Momento de inercia	Radio de giro
45 x 30 x 4	3.75 cm ²	11.6 cm ⁴	1.53 cm

Fuente: Elaboración propia

- **Evaluación de resistencia a compresión de barras rectas.**

$$F_d = \phi c \times F_n$$

Donde:

- **(F_d):** Resistencia de diseño.



- (F_n) : Resistencia nominal.
- (ϕ) : 0.85 para $F_y \leq 250$ MPa y 0.8 para $250 < F_y < 400$ MPa.

$$F_n = \sigma_{cr} A_g \cdot 10^{-1}$$

Donde:

- (σ_{cr}) : Esfuerzo crítico.
- (A_g) : Área bruta de la sección de la barra.

Entonces,

$$\lambda = \frac{280}{1.53} = 183$$

$$\lambda_c = \frac{1}{\pi} \left(\frac{l_k}{k} \right) \sqrt{\frac{S_y}{E}} = \frac{1}{\pi} (183) \sqrt{\frac{250}{2 \cdot 10^5}} = 2.59$$

Del anexo 12, se toma un valor para omega w:

$$\sigma_{cr} = S_y \times w = 250.106 \times (0.124) = 31 \text{ MPa}$$

Donde:

- (W) : Coeficiente de pandeo del acero=0.124

Resistencia nominal:

$$F_n = \sigma_{cr} \times A_g = 31(3.75)10^{-1} = 11.63 \text{ kN}$$

Resistencia de diseño:

$$F_d = F_n \phi = 11.63(0.85) = 9.88 \text{ Kn}$$

Debe cumplir el siguiente criterio:

$$F_a < F_d$$

Fuerza aplicada en la columna $F_a = 1,726 \text{ N}$

Entonces:

$$1.73 \text{ KN} < 9.88 \text{ KN}$$

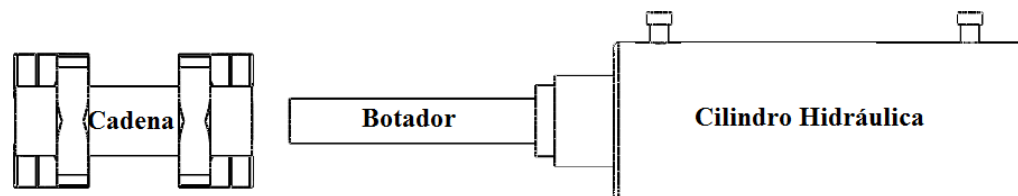
Por ende, la sección de la barra elegida no corre peligro de pandeo.

2. botador del extractor hidráulico

En la figura 22 se exhibe el esquema del botador acoplado al vástago de un cilindro hidráulico, diseñado para empujar el pin durante su extracción y soportar la carga de operación, evaluado bajo criterios de resistencia a compresión.

Figura 22

Esquema del botador en el extractor hidráulico.



Fuente: Elaboración propia

- Resistencia a compresión de barras rectas con sección circular sólida.

Para el diseño del botador, se calculó la resistencia de diseño a compresión

P_d usando la expresión:

$$P_d = \phi_c \times P_n \text{ con la condición } P_d \geq P_u = 660 \text{ kN}$$

Parámetros iniciales:

- **(L)**: Longitud de la barra= 260 mm.
- **(Ø)**: Diámetro= 47 mm.
- **(F_y)**: Acero A36= 250 MPa, E= 200 GPa.

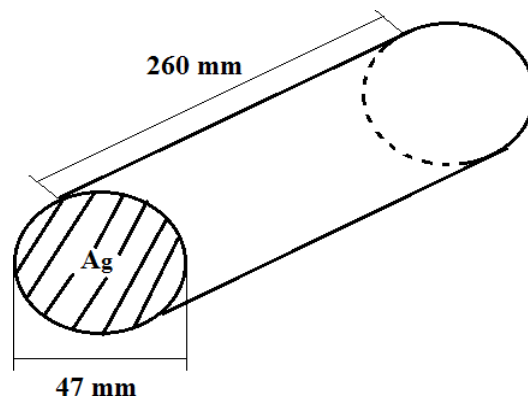
Cálculo del área bruta de la sección A_g :

$$A_g = \frac{\pi \times 47^2}{4} = 1,734.947 \text{ mm}^2$$

En la figura 23 se exhibe el esquema de los parámetros del botador, donde incluye una longitud superior a 250 mm y un diámetro de hasta 47 mm, el botador está diseñada para la extracción completa del pin asegurando la eficiencia y funcionalidad en el proceso.

Figura 23

Esquema de los parámetros del botador.



Fuente: Elaboración propia

Cálculo del Factor de Esbeltez λ_c :

$$\lambda_c = \frac{0.7 \times 260}{\pi \times (47/4)} \times \sqrt{\frac{250}{2 \times 10^5}} = 0.17$$

Según la tabla del Anexo G, para $\lambda_c=0.17$ se obtiene:

$$W = 1$$

Cálculo de la tensión crítica y resistencia nominal:

Se calcula f_{cr} :

$$f_{cr} = w \times f_y = 1 \times 250 = 250 \text{ MPa (N/mm}^2\text{)}$$

Donde:

- **(f_{cr}):** Tensión crítica a compresión = MPa.
- **(w):** Factor reductor por esbeltez= 1
- **(F_y):** Acero A36= 250 MPa, E= 200 GPa.

Se calcula P_n :

$$P_n = f_{cr} \times A_g = 250 \text{ MPa} \times 1,734.94 \text{ mm}^2 = 443.74 \text{ kN}$$

Donde:

- (P_n): Resistencia nominal= N o kN.
- (f_{cr}): Tensión crítica a compresión= 250 MPa (N/mm^2)
- (A_g): Área bruta de la sección transversal=1,734.947 mm^2

Cálculo de la resistencia de diseño con A36:

Se calcula P_d :

$$P_d = \phi_c \times P_n = 0.85 \times 443.74 = 3658.67 \text{ kN}$$

Donde:

- (P_d): Resistencia de diseño= kN.
- (ϕ_c): Factor de resistencia por compresión= 0.85 según norma
- (P_n): Resistencia nomina= 443.74 kN.

Como no cumple con el contexto dada anteriormente.

$$P_d \geq P_u$$

$$368.67 \text{ kN} < 660 \text{ kN}$$

Selección del material para el botador

Se descartó el acero A36 y se optó por probar otro material, finalmente, se consideró el uso de **acero 1045** con $F_y=350$ MPa, continuando el proceso de verificación para cumplir con la resistencia requerida.

4.1.2. Simular el mecanismo de extracción de pines para maquinaria pesada empleando el software solidworks.

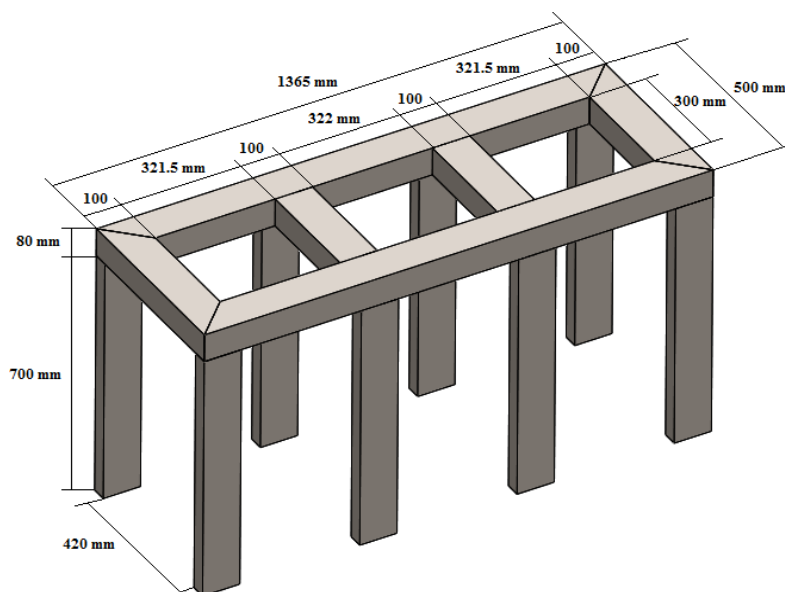
Para cumplir el presente objetivo se realizó un análisis el bastidor por ser la zona de mayor concentración de tensiones, seguido del estudio de la estructura de soporte compuesta por columnas y vigas y finalmente, se realizó un análisis de pandeo del botador para validar los cálculos previos.

a) Perfil de columnas y vigas de la base del extractor

En la figura 24 se exhibe el esquema de la distribución simétrica de las columnas y vigas que optimiza tanto el equilibrio estructural como la estética del sistema.

Figura 24

Esquema de la distribución de las columnas y vigas.

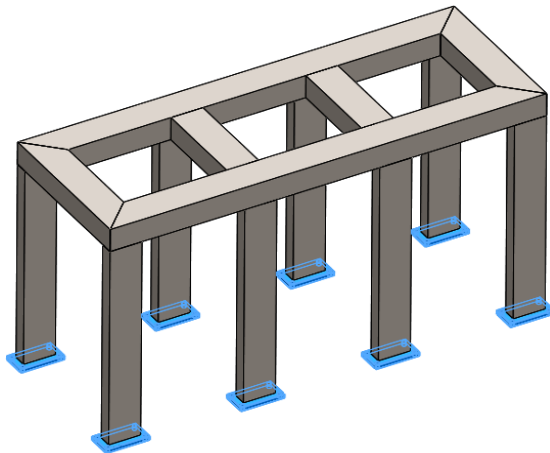


Fuente: Elaboración propia

En la figura 25 se exhibe el esquema por cada columna unas placas de acero, con espesores de $\frac{1}{2}$ in, para una mejor apoyo con el suelo de concreto.

Figura 25

Esquema de las placas de apoyo para cada columna.

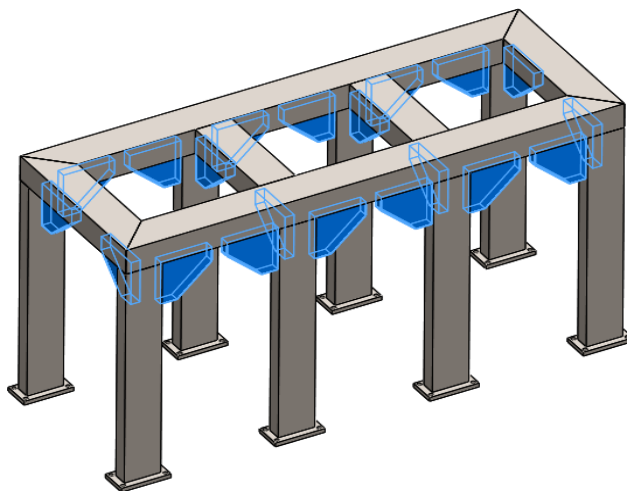


Fuente: Elaboración propia

En la figura 26 se exhibe el esquema de distribución de cartelas en toda la estructura de acero con un espesor de 25 mm.

Figura 26

Esquema de distribución de las cartelas.

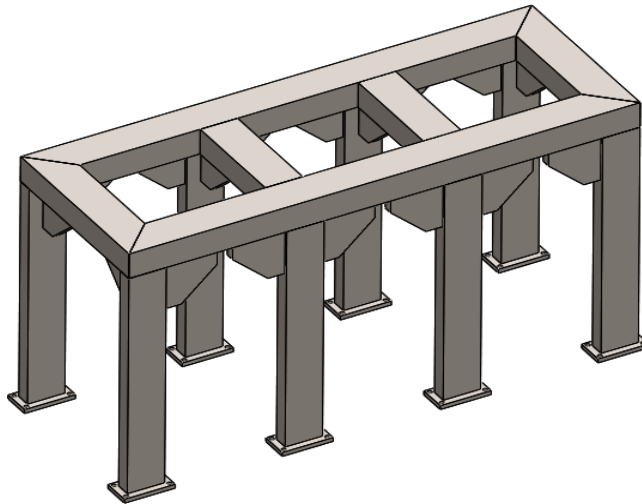


Fuente: Elaboración propia

La figura 27 se muestra la estructura rígida del soporte del bastidor, conformada por columnas y vigas, diseñada para garantizar la seguridad durante las labores de extracción de las cadenas del tractor D8T.

Figura 27

Estructura de soporte del bastidor (columnas y vigas)

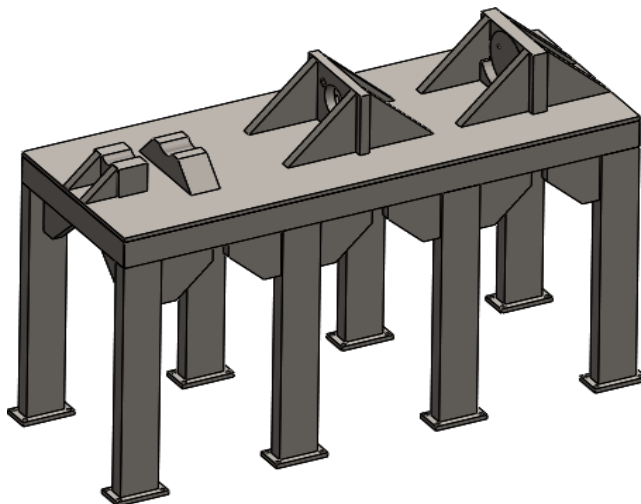


Fuente: Elaboración propia

La figura 28 muestra la estructura del extractor hidráulico, junto con la identificación de sus componentes principales.

Figura 28

Estructura del extractor hidráulico

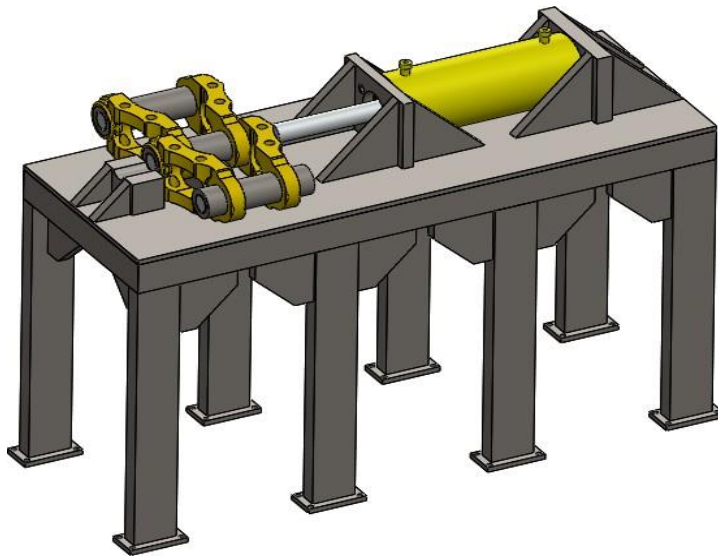


Fuente: Elaboración propia

La figura 29 muestra como trabajaría como trabajaría el extractor hidráulico, con el cilindro hidráulico y la cadena.

Figura 29

Extractor hidráulico en funcionamiento.



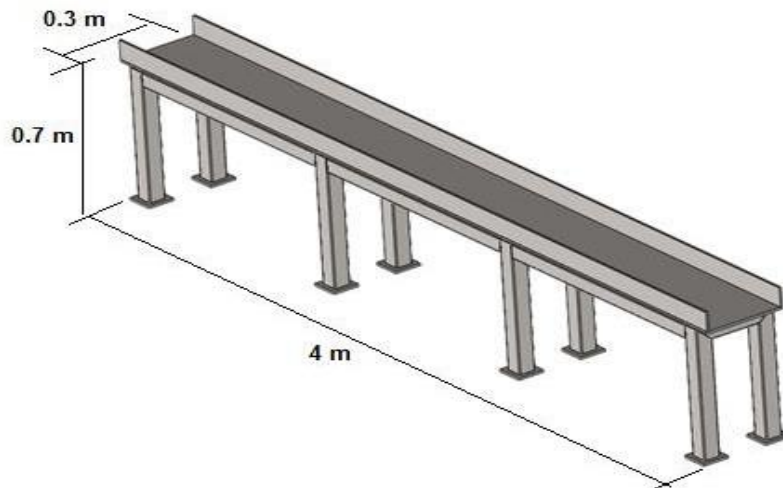
Fuente: Elaboración propia

b) Perfil de la mesa de desplazamiento de la cadena.

La figura 30 se muestra la Mesa de desplazamiento diseñada para transportar una cadena hacia la silla de montar, donde se alinea un pin con un botador. Soporta el 54% del peso de la cadena, mientras el resto es traccionado por un winche. Su longitud fue definida según la geometría de la cadena de carrilería y requisitos técnicos.

Figura 30

Mesa de desplazamiento de la cadena.



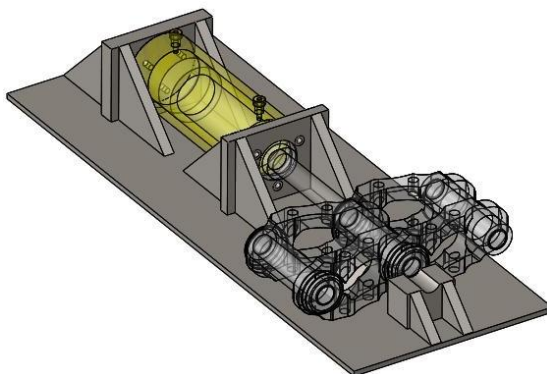
Fuente: Elaboración propia

- **Análisis de tensiones en el bastidor frente a carga crítica.**

En la figura 31 se exhibe la a posición del extractor hidráulico durante la extracción del piin de la cadena, donde se concentra la mayor tensión en todo el bastidor

Figura 31

Posicionamiento del bastidor durante la extracción del pin.

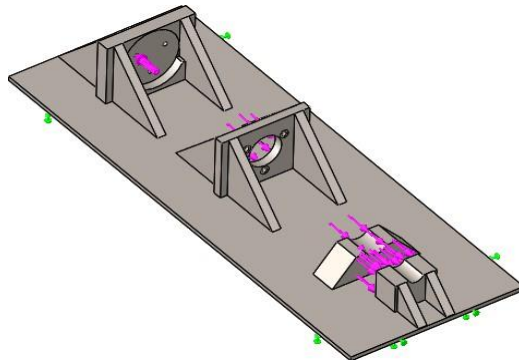


Fuente: Imagen creada con SolidWorks.

En la figura 32 se exhibe el modelo de simulación del bastidor, en el que se emplean las sujeciones en la base, considerando las reacciones en las áreas de contacto donde se distribuye la carga a lo largo de toda la estructura.

Figura 32

Modelo de simulación del bastidor (cargas y restricciones)

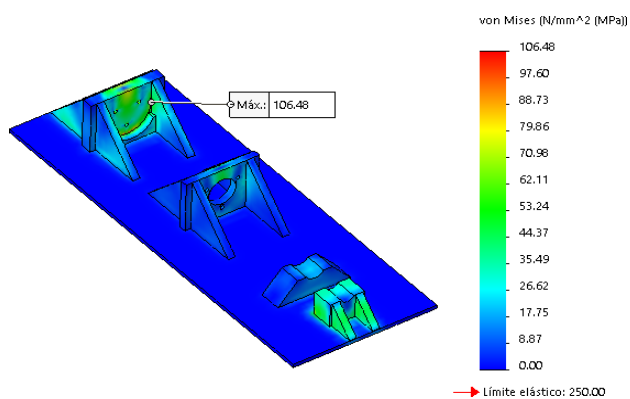


Fuente: Imagen creada con SolidWorks.

En la figura 33 se exhibe el análisis de concentración de tensiones del bastidor, realizado mediante un mallado automática para estructuras metálicas, se observa que la máxima concentración de teensión se encuentra en el soporte posterior, con un valor de 106.48 N/mm², que está por debajo del límite elástico del material seleccionado (250 N/mm²).

Figura 33

Resultado de concentrador de tensiones del bastidor.

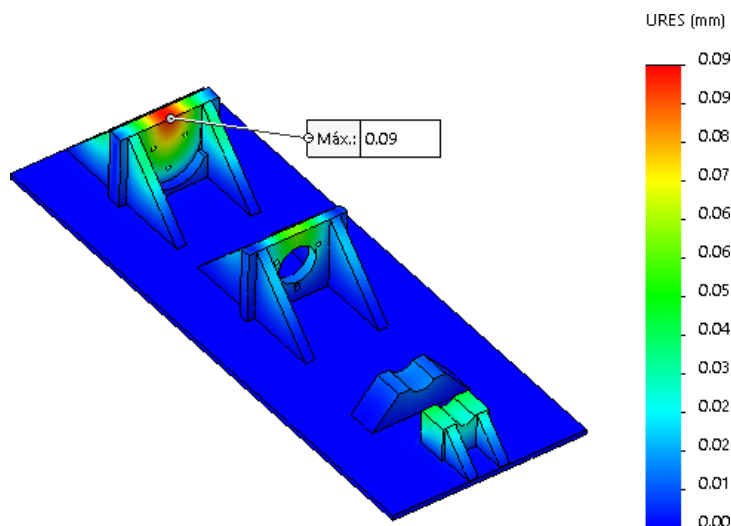


Fuente: Imagen creada con SolidWorks.

En esta figura 34 se exhibe los resultados del análisis de desplazamiento generado por la carga de extracción aplicada al bastidor. El desplazamiento máximo obtenido es de 0.09 mm, localizado en el soporte posterior. Este valor es insignificante y no afecta de manera relevante el funcionamiento del extractor hidráulico, lo que asegura que el bastidor mantiene su estabilidad y desempeño durante su operación.

Figura 34

Resultado de Desplazamiento del bastidor.

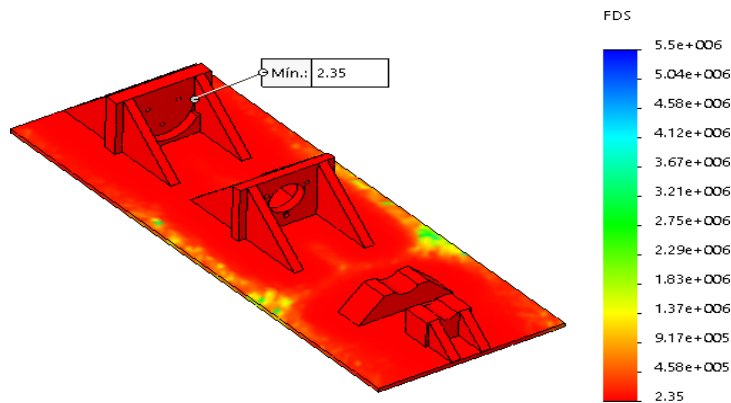


Fuente: Imagen creada con SolidWorks.

En esta figura 35 se muestra el análisis del factor de seguridad del bastidor bajo las condiciones de carga crítica obteniendo un valor de 2.35, lo que confirma que el diseño del bastidor cumple con las exigencias de resistencia y seguridad necesarios para el funcionamiento del extractor hidráulico, validando así su capacidad para soportar las cargas aplicadas sin comprometer su integridad estructural.

Figura 35

Resultado de Desplazamiento del bastidor.



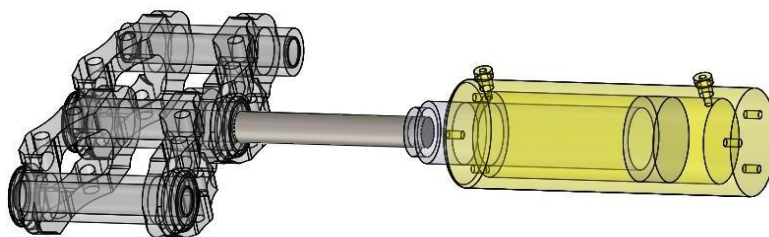
Fuente: Imagen creada con SolidWorks.

- **Análisis de pandeo del botador para la carga crítica**

En la figura 36 se muestra la configuración del extractor hidráulico en la posición de extracción, donde el botador aplica la carga directamente sobre el pin de la cadena del tractor D8T, esta condición representa el punto de máxima exigencia para el sistema, lo que justifica el análisis de pandeo realizado en dicha zona, con el fin de garantizar la integridad del diseño frente a la carga crítica.

Figura 36

Posicionamiento del botador en el procedimiento de extracción



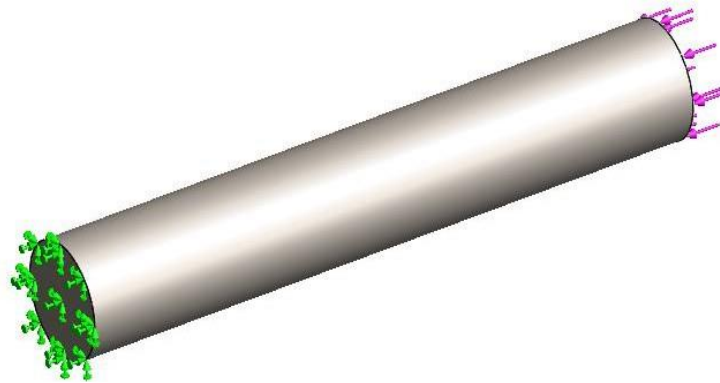
Fuente: Imagen creada con SolidWorks.

En la figura 37 se exhibe el modelo simplificado del botador, con sujeciones aplicadas en una cara y una carga de extracción de 929 kN en la cara opuesta,

esta configuración permitió simular condiciones críticas y evaluar su comportamiento estructural frente al pandeo.

Figura 37

Modelo de estudio del botador (cargas y restricciones)

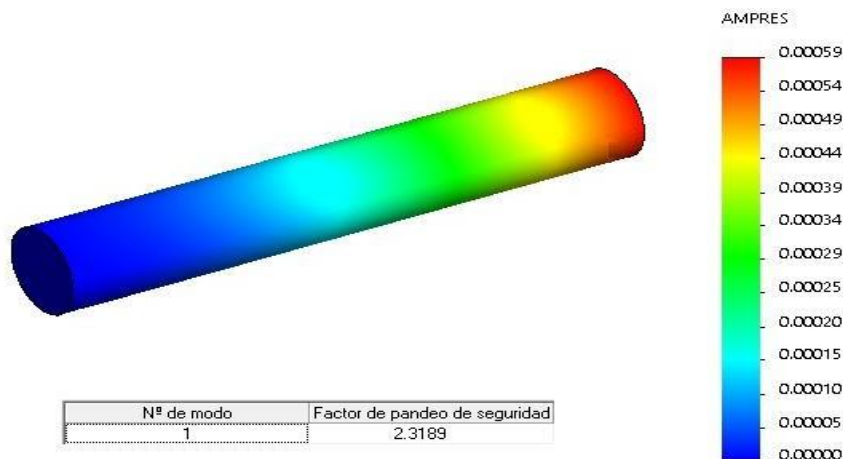


Fuente: Imagen creada con SolidWorks.

En la figura 38 se muestra el resultado del análisis de pandeo aplicado al botador, utilizando un mallado automático específico para geometrías curvas. En su posición más desfavorable, el botador presenta un factor de seguridad de 2.32, valor que se considera adecuado para garantizar un funcionamiento seguro del extractor hidráulico fabricado en acero 1045.

Figura 38

Factor de seguridad de pandeo para el botador



Fuente: Imagen creada con SolidWorks.



4.1.3. Determinar la factibilidad económica de la máquina de extracción de pines para maquinaria pesada

Como parte del desarrollo de tercer objetivo, se realizó un análisis detallado de los recursos necesarios para la fabricación del **extractor hidráulico de pines para cadenas de carrilería**, considerando cada componente estructural, mecánico y de ensamblaje.

a) Recursos y Presupuestos

En la Tabla 5 se exhibe el presupuesto de materiales para la fabricación del extractor hidráulico, destinado al mantenimiento de cadenas de carrilería en maquinaria pesada; el presupuesto se desglosa en 19 ítems, con un costo total de S/. 35,576.60, que incluye componentes estructurales, elementos hidráulicos, consumibles y accesorios eléctricos y mecánicos.

Tabla 5

Presupuesto de Materiales para el Fabricación del Extractor Hidráulico.

Nº	Materiales	Cantidad	Total (S/.)
1	Anillos de seguridad ANSI	12	19.20
2	Bloque para apoyo de cadena	1	160.00
3	Bloque para montura	1	150.00
4	Cilindro hidráulico	1	9,500.00
5	Disco de corte 4 ½	1	25.40
6	Disco esmeril 4 ½	1	25.00
7	Electro de 6011 (5 kg)	1	45.00
8	Electro de 6027 (10 kg)	1	160.00



9	Equipo hidráulico ENERCAP	-	12,000.00
10	Pernos hexagonales	6	30.00
11	Plancha de acero estructural ASTM A- 36 1/2"x1.5x6 m	1	2,288.00
12	Plancha de acero estructural ASTM A- 36 3/8"x1.2x2.4 m	2	520.00
13	Plancha LAF 1/16" x1.20x1.20 m	1	108.00
14	Tubo rectangular 100"x 40"x 6 mm	2	48.00
15	Tubo rectangular 100"x 80"x 8 mm	2	116.00
16	Tubo rectangular 50"x 50"x 1.5 mm	2	160.00
17	Tubo rectangular 70"x 50"x 6 mm	1	72.00
18	Winche eléctrico	1	4,500.00
19	Otros	-	7,500.00
Total			S/.35,576.60

Fuente: Precios actualizados según cotizaciones de mercado vigentes.

b) Análisis económico

En la tabla 6 se exhibe el desglose de la inversión inicial para la fabricación del extractor hidráulico, que asciende a S/. 55,576.60, este monto será considerado en el análisis económico del proyecto mediante indicadores como el VAN y la TIR, a fin de evaluar su viabilidad y rentabilidad.

Tabla 6

Inversión Total para la Fabricación del Extractor Hidráulico.

Inversiones	Cantida d	U.M.	Precio S/.	Sub total Soles
Costo de diseño	1	servicio	10,000.00	10,000.00
Costo de materiales y consumibles	1	piezas	35,576.60	35,576.60
Costo de fabricación	1	servicio	10,000.00	10,000.00
Total				55,576.60

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 7 se muestra que al tercerizar el mantenimiento de cadenas de carrilería, la empresa Ingeniería y Construcción de Juliaca incurre en un gasto mensual de S/. 12,206.63, compuesto por transporte, servicio de mantenimiento externo, materiales misceláneos y repuestos, lo que representa un gasto anual total de S/. 146,479.56.

Tabla 7

Gasto de la empresa Ingeniería y Construcción de Juliaca por operaciones de mantenimiento en cadenas de carrilería tercerizadas con proveedores externos.

	Sub total Soles
	(S/.)
Transporte de cadena Juliaca-Lima ida y vuelta	3,322.00
Servicio de mantenimiento de cadena de carrilería	3,477.50



Costo por materiales misceláneos	406.00
Repuestos por mantenimiento	5,000.00
Gasto Mensual	12,206.63
Gasto anual	146,479.56

Fuente: Elaboración propia

En la a Tabla 8 se exhibe que la empresa Ingeniería y Construcción de Juliaca incurre en un gasto mensual de S/. 8,406.00 al realizar internamente el mantenimiento de cadenas de carrilería con una máquina extractora, lo que representa un gasto anual total de S/. 102,125.00, incluyendo dos mantenimientos adicionales al año.

Tabla 8

Gasto de la empresa Ingeniería y Construcción de Juliaca por operación de mantenimiento en cadenas de carrileria con la maquina extractora.

	Sub total
	Soles
Salario de Operario	2,000.00
Alquiler de montacarga	800.00
Servicio de luz	200.00
Costo por materiales misceláneos	406.00
Repuestos por mantenimiento	5,000.00
Gasto mensual	8,406.00
Gasto anual	100,872.00
dos mantenimientos al año	1,220.00



Gasto anual

102,125.00

Fuente: Elaboración propia

c) Beneficio anual

El cálculo del beneficio de S/. 45,604.56 permite concluir que la operación de mantenimiento con máquina extractora es rentable para empresa, ya que cubre los gastos operativos y genera una ganancia significativa.

Se contó con los siguientes datos:

- Ingreso anual= S/. 147,729.56
- Gasto anual= S/. 102,125.00

Con esos dos datos, se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Ingreso Anual} = \text{Gasto Anual} + \text{Beneficio Anual}$$

$$\text{Beneficio Anual} = \text{Ingreso Anual} - \text{Gasto Anual}$$

$$\text{Beneficio Anual} = \text{S/. } 147,729.56 - \text{S/. } 102,125.00$$

$$\text{Beneficio Anual} = \text{S/. } 45,604.56$$

d) Rentabilidad económica mediante VAN Y TIR del cliente

Dado que el Valor Actual Neto (VAN) es S/. 12,488.48, esto indica que el proyecto es económicamente rentable, ya que el VAN es mayor a cero.

VAN:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+r)^t} - I_0$$

$$VAN = \frac{45,604.56}{(1+0.20)^1} + \frac{43,324.33}{(1+0.20)^2} - 55,576.60$$

$$VAN = 38,003.80 + 30,130.23 - 55,576.60$$

$$VAN = 68,134.03 - 55,576.60$$

$$VAN = 12,557.43$$

Donde:

- (VAN) : Valor actual neto (S/.)
- (V_t) : Flujos de caja en cada tiempo
Año 1: S/.45,604.56
Año 2: S/.43,324.33
- (r) : Interés = 20 %
- (t) : Número de períodos considerados = Año 1, Año 2
- (I_o) : Valor del desembolso inicial de la inversión = S/.55,576.60

TIR:

$$\sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1 + TIR)^t} - I_o = 0$$

$$\frac{45,604.56}{(1 + 0.41)^1} + \frac{43,324.33}{(1 + 0.41)^2} - 55,576.60 = 0$$

$$\frac{45,604.56}{1.42} + \frac{43,324.33}{(1.42)^2} - 55,576.60 = 0$$

$$31,131.80 + 30,372.28 - 55,576.60 = 0$$

$$6,927.48 = 0$$

Donde:

- (TIR) : Tasa interna de retorno (S/.)
- (V_t) : Flujos de caja en cada tiempo (S/.)

$$\text{Año 1: S/.45,604.56}$$



Año 2: S/.43,324.33

- (t): Número de períodos considerados =Año 1, Año 2
- (I_o): Valor del desembolso inicial de la inversión = S/55,576.60

El TIR de este proyecto es del 41%, que es superior a la tasa de interés del mercado del 20%, lo que indica que el proyecto es rentable y cumple con los requisitos de rentabilidad establecidos.

c) Resumen Financiero del Proyecto: VAN y TIR

En la Tabla 9 se exhibe el flujo de fondos netos del proyecto, con una inversión inicial de S/. 55,576.60 y flujos de S/. 45,604.56 y S/. 43,324.33 en los dos primeros años; la implementación de la máquina de extracción de pines para maquinaria pesada genera una TIR del 41%, que es superior a la tasa de interés del 20%, y un VAN de S/. 12,488.48, lo que indica que es rentable y recomendable como inversión.

Tabla 9

Muestra VAN y TIR

Flujo de fondo netos		
Años	Flujo de fondos	Movimiento en el periodo - año
Inversión	S/. -55 576.60	Costo inicial de fabricación
Depreciación anual de la maquina	5 %	-



1	45604.56	Beneficios netos anuales
2	43 324.33	Beneficio anual
TIR	41%	TIR > tasa interés
Tasa interés	20%	Proyecto es rentable
VAN	S/. 12,488.48	VAN > 0

Fuente: Elaboración propia

4.2. Discusión

Al comparar los resultados alcanzados con estudios previos efectuados en otros países, se observan similitudes donde demuestran que el diseño y la implementación de sistemas hidráulicos para la reparación de maquinaria pesada se ha orientado hacia la mejora de la eficiencia, seguridad y rentabilidad.

El estudio desarrollado por Choquehuayta (2019) responde a una necesidad crítica en el ámbito del mantenimiento de maquinaria pesada, específicamente en la extracción de pines de los brazos de los rompe rocas, una tarea que tradicionalmente implica un alto nivel de esfuerzo físico, tiempo prolongado de ejecución, y riesgos para la integridad de los operarios. La propuesta del diseño de un mecanismo extractor representa un avance significativo en términos de eficiencia operativa y seguridad laboral.

Uno de los principales aportes de estudio fue el diseño mecánico del extractor, que se basó en principios de transmisión de fuerzas hidráulicas y resistencia de materiales, logrando reducir la intervención manual directa. Este aspecto es especialmente relevante en entornos industriales donde la productividad está íntimamente relacionada con la reducción de tiempos muertos por mantenimiento. El uso de herramientas especializadas como la diseñada en este estudio permite no solo optimizar los procesos, sino también minimizar daños colaterales al equipo, como deformaciones o fisuras en el brazo del rompe rocas durante el retiro de los pines.



El estudio también evidenció que el diseño del mecanismo fue viable técnica y económicamente, ya que los materiales propuestos se encuentran disponibles en el mercado local, y el sistema no requiere tecnología compleja para su fabricación ni operación. Esta accesibilidad permite su implementación en diferentes contextos del sector minero e industrial en la región de Arequipa y otras zonas del país.

No obstante, es importante señalar algunas limitaciones. El estudio se centró en condiciones específicas de operación y dimensiones particulares de pines, por lo que sería recomendable realizar estudios posteriores que adapten el diseño a otras máquinas o tamaños estándar de diferentes fabricantes. Asimismo, sería valioso incorporar sensores o sistemas automatizados que incrementen aún más la precisión y reduzcan la intervención humana.

Finalmente, el impacto del diseño propuesto no se limita a una mejora técnica, sino que también tiene implicancias positivas en la salud ocupacional y en la sostenibilidad operativa de las empresas del rubro. Este tipo de investigaciones aplica directamente en la mejora de procesos industriales, fortaleciendo la ingeniería mecánica aplicada en el país.



CONCLUSIONES

- PRIMERA:** Se logró implementar un extractor hidráulico de pines para la reparación de cadenas de maquinaria pesada en la empresa HBL INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC de Juliaca, cumpliendo satisfactoriamente con el diseño, validación y análisis económico del proyecto.
- SEGUNDA:** En cuanto al objetivo 1, que mediante el método de diseño por factores de carga y resistencia se diseñó los componentes del extractor de pines de cadena de carrilería, incluyendo una mesa de recepción, soporte y refuerzos para el cilindro hidráulico con grandes cargas obteniendo así un refuerzo posterior con espesores de 1 ½", refuerzo frontal de 1", montura y tope de 2 ½", base de ½", perfiles para viga del bastidor de 100x80x8 mm, columna del bastidor de 100x40x6 mm, mesa de recepción de viga de 70x50x6.3 mm y columna de mesa de 50x50x1.5 mm; todo fabricado en acero ASTM A36.
- TERCERA:** En cuanto al objetivo 2, que mediante el software SolidWorks simuló los elementos expuestos a la fuerza de empuje del cilindro hidráulico, obteniendo un esfuerzo máximo de 106.48 MPa, una deformación de 0.09 mm y un factor de seguridad de 2.35;. además, el "botador", modelado en acero 1045, presentó un factor de seguridad ante el pandeo de 2.32, garantizando la seguridad y rendimiento de los componentes.



CUARTA: En cuanto al objetivo 3, que el mediante el análisis económico del proyecto, cuyo costo de fabricación es de S/. 55,576.60, demuestra que, gracias a los beneficios esperados, la inversión se recuperaría en un período de 1.25 años, lo que garantiza su factibilidad económica para la empresa HBL INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC de Juliaca.



RECOMENDACIONES

- PRIMERA:** Para el diseño estructural se recomienda complementarlo con el método ASD (Allowable Stress Design) para validar los resultados y enriquecer el enfoque de diseño.
- SEGUNDA:** Se recomienda evaluar minuciosamente las uniones soldadas, particularmente en el bastidor, donde se concentran las mayores cargas inducidas por el empuje del cilindro hidráulico, con el fin de asegurar la integridad estructural y prolongar la vida útil del sistema.
- TERCERA:** Se recomienda añadir una segunda bomba hidráulica para mejorar el rendimiento del extractor: una para velocidad de aproximación y otra para generar la presión de trabajo necesaria en la extracción del pin.
- CUARTA:** Se recomienda reforzar la estructura del bastidor con cartelas de espesor adecuado para aumentar su rigidez, asegurando que no interfieran con la extracción del cilindro hidráulico, lo que facilitará su desmontaje y mantenimiento.



BIBLIOGRAFÍA

- Apolinario, J. (2018). *Diseño de una prensa hidráulica de 100 ton para el conformado de calaminas de fibrocemento de 1.2 x 0.5 m.* . Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú .
- Arroyo, J. (2018). *Cálculo y selección del sistema hidráulico para una prensa de punzonado de 25 toneladas.* Mexico: Instituto Politecnico Nacional de Mexico.
- Barba, L., & Teran, O. (2021). *Cálculo y diseño de una prensa hidráulica tipo "C" con capacidad de 20 toneladas.* Chimborazo: Instituto Politécnico Nacional. .
- Caiza, A. (2024). *Diseño y construcción de una prensa hidráulica especializada para la inserción de bujes de chasis en la empresa CIAUTO CIA. LTDA.* Ambato: Universidad Tecnica de Ambato.
- Campozano, R., Ramos, M., & Naranjo, E. (2022). Análisis y simulación de fuerzas en el trabajo de una prensa hidráulica a planchas de acero de distintos espesores aplicadas en perfiles estructurales angulares. *Revista científico profesional*, 2 - 7.
- Carrera, C., & Cepeda, W. (2014). *Diseño, construcción e implementación de una prensa hidráulica de 25 toneladas, con accesorio para remoción de pines de cadena de tren de rodaje; para la empresa Proyectos Mecánicos KBM El Rastro.* Carvajal: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Carvajal, M., Rocha, J., Carrera, C., & Cepeda, W. (2023). *Diseño, construcción e implementación de una prensa hidráulica de 25 toneladas, con*



accesorio para remoción de pines de cadena de tren de rodaje; para la empresa proyectos mecánicos KBM el rastro. Latacunga: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE .

Choquehuayta, J. (2019). *Diseño de mecanismo extractor de pines de brazo de un rompe rocas, Arequipa, 2019.* Arequipa: Universidad Continental .

Córdova Baldeón, I. (2018). *"Instrumentos de investigación"*. Lima: San Marcos de Aníbal Jesús Paredes Galván.

Cordova, M., Montijo, D., & Flores, A. (2018). *Modelo integral de un sistema de control de presión en una prensa hidráulica para ensamble de bujes para la suspensión de camionetas .* Ciudad de Mexico: Universidad Politecnica Nacional.

Corrales, J. (2022). *Rediseño, verificación y creación de un plan de mantenimiento adecuado para la prensa hidráulica de capacidad 10 toneladas de la empresa reciclaje social para colombia s.a.s para optimizar la compactación del nuevo material que ingresa a la empresa.* Monteiro: Universidad Pontificia Bolivariana.

Gómez, F. (2021). *Diseño del soporte de un extractor para desmontaje de pines de cadenas de oruga en la empresa AGUARA INGENIEROS.* Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Peru.

Hernandez, R., & Fernandez, C. (2014). *Metodología de la Investigacion.* Mexico: McGrawHill Education.

Hibberr, R. (2021). *Mecánica de Materiales.* México: Pearson Educación.



- Huaynates, A. (2024). *Diseño del acople mecánico y cabezal de embutido para una prensa hidráulica de 30 toneladas usada para la manufactura de tapas de ventiladores centrífugo*. Lima: Universidad Tecnológica del Peru.
- Huaynates, A. (2024). *Diseño del acople mecánico y cabezal de embutido para una prensa hidráulica de 30 toneladas usada para la manufactura de tapas de ventiladores centrífugos*. Lima: Universidad Tecnología del Peru.
- Julca, A. (2015). *Diseño de una prensa hidraulica de 100 toneladas para el conformado de calaminas de 1.2x0.5m*. Lima: Pontifice Universidad Catolica del Perú.
- Martinez, M., & Rugeles, L. (2022). *Diseño de un rector de pirólisis rápida en la producción de combustible a base de plástico PET para la implementación en los laboratorios de la Universidad de América*. Bogota: Fundacion Universidad de America.
- Niño, D., & Sandoval, D. (2016). *Cálculo y diseño de una prensa hidráulica semiautomática tipo "H" de 100 toneladas para la empresa Sistemas Innovadores Moldeados y Arquitectónicos, SIMA S.A.S*. Bogota: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Niño, D., & Sandoval, D. (2016). *Cálculo y diseño de una prensa hidráulica semiautomática tipo C*. Colombia: Universidad de Colombia.
- Olortegui, J. (2022). *Diseño de una prensa hidráulica semi-automática de 20 Toneladas para el desmontaje y montaje de rodamientos para el taller automotriz ASIS S.A.C.* . Lima: Universidad Cesar Vallejo.



- Ovallos, J., & Palomino, D. (2023). *Diseño de un extractor hidráulico manual tipo "c" para el desmonte de pines de oruga en la empresa All Machines SAS*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Ovalloz, J., & Palomino, D. (2023). *Diseño de un extractor hidráulico manual tipo "c" para el desmonte de pines de oruga en la empresa All Machines SAS*. Bucaramanga : Universidad Industrial de Santander .
- Ramos, J. (2024). *Diseño y construcción de un mecanismo para el desmontaje de cilindros hidráulicos de diámetro y longitud variable para el taller TRAC SERVICE RAMOS*. Ambato: Universidad Tecnica de Ambato.
- Raymundo, S. (2020). *Diseño de un extractor de pines para reducir el tiempo de operación en los trabajos del tren de rodaje de excavadora CAT 320*. Chiclayo: Universidad Cesar Valljeo.
- Santisteban, R. (2020). *Diseño de un extractor de pines para reducir el tiempo de operación en los trabajos del tren de rodaje de excavadora CAT 320*. Lima: Universidad Cesar Vallejo.
- Torres, L., & Bautista, N. (2016). *Diseño de prensa hidráulica automática para 300 toneladas con dispositivo de extracción de rodamientos y mesa móvil*. Lisboa: Fundacion Universidad de America.
- Toscano, J. (2018). *Diseño y construcción de una prensa hidráulica para el achatado de tubos redondos de diámetro 1 pulgada de 2mm de espesor para la empresa CONSEG*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.



Vaca, D. (2017). *Diseño de extractor hidráulico de pines para cadenas de carrilería en maquinaria pesada para la empresa FERREYROS TRUJILLO S.A.* Lima: Universidad Cesar Vallejo.

Vladimir, L. (2018). *Diseño, construcción de un banco didáctico del sistema de traslación y giro de los tractores de cadena.* . Latacunga: Universidad de Latacunga.



ANEXOS



Anexo 1. Matriz de consistencia

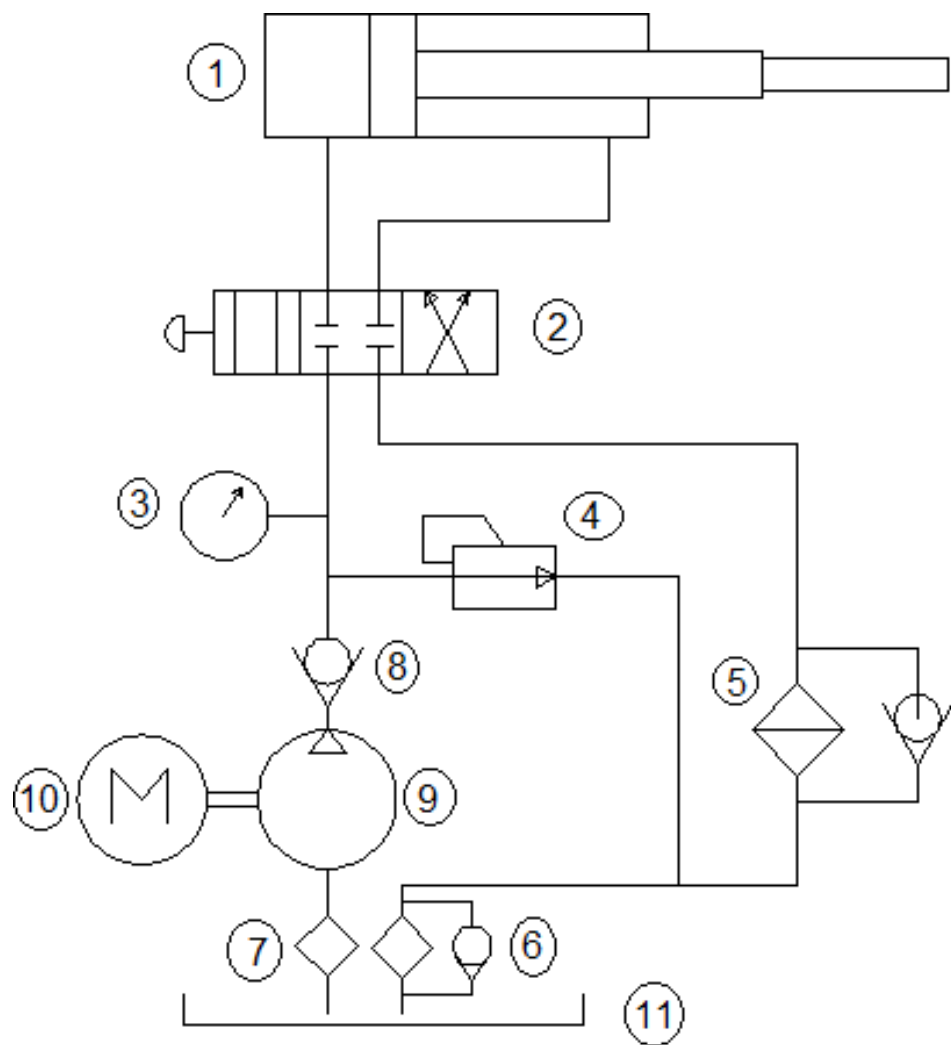
<u>PROBLEMA</u>	<u>OBJETIVO</u>	<u>HIPÓTESIS</u>	<u>VARIABLES</u>	<u>DIMENSIONES</u>	<u>INDICADOR</u>	<u>UND</u>	<u>METODOLOGIA</u>
<p>General</p> <p>¿Será posible la implementación de un extractor hidráulico de pines para la reparación de cadenas de maquinaria pesada en la empresa HBL INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC de Juliaca?</p>	<p>General</p> <p>Implementar un extractor hidráulico de pines para la reparación de cadenas de maquinaria pesada en la empresa HBL INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC de Juliaca</p>	<p>General</p> <p>La implementación de un extractor hidráulico de pines es posible para maquinaria pesada en la empresa HBL INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC de la ciudad de Juliaca</p>	<p>Variable dependiente</p> <p>Reparación de cadenas de maquinaria pesada</p>	Dimensiones del extractor de pines	Diámetro	cm	<p>Diseño de investigación</p> <p>No experimental</p>
					Longitud	cm	
					Masa	kg	
					Material	ASTM	
				Componentes del extractor hidráulico de pines	Cilindro hidráulico	---	
					Bomba hidráulica	---	
					Mangueras y conexiones hidráulicas	---	
					Mordazas o adaptadores de sujeción	---	
					Estructura	---	
					Tornillos de ajuste	---	
					Manómetro	---	
					Varilla o pistón	---	
Aceite hidráulico	---						
<p>Específicas</p> <p>¿Qué componentes presentara el extractor de pines para maquinaria pesada en la empresa HBL ingeniería y construcción SAC de la ciudad de Juliaca?</p> <p>¿Cómo simular el mecanismo de extracción de pines para maquinaria</p>	<p>Específicas</p> <p>Diseñar y seleccionar los componentes del extractor de pines para maquinaria pesada en la empresa HBL ingeniería y construcción SAC de la ciudad de Juliaca</p> <p>Simular el mecanismo de extracción de pines para</p>	<p>Específicas</p> <p>Los componentes del extractor de pines para maquinaria pesada en la empresa HBL ingeniería y construcción SAC de la ciudad de Juliaca serán en base a la normativa</p> <p>La simulación del mecanismo de</p>	<p>Variable independiente</p> <p>Reparación de cadenas de maquinaria pesada</p>	Costo económico de un extractor hidráulico de pines	VAN	---	<p>Tipo de investigación</p> <p>Aplicativo</p>
					TIR	---	
				Normativa a considerar	Reglamento Nacional de Edificaciones	---	



<p>pesada empleando el software solidworks?</p> <p>¿Cuánto es el análisis económico de la máquina de extracción de pines para maquinaria pesada con el VAN y TIR?</p>	<p>maquinaria pesada empleando el software solidworks.</p> <p>Realizar el análisis económico de la máquina de extracción de pines para maquinaria pesada con el VAN y TIR</p>	<p>extracción de pines para maquinaria pesada se realizará en el software solidworks</p> <p>En base al análisis económico de la máquina de extracción de pines para maquinaria pesada con el VAN y TIR es rentable</p>					
---	---	--	--	--	--	--	--

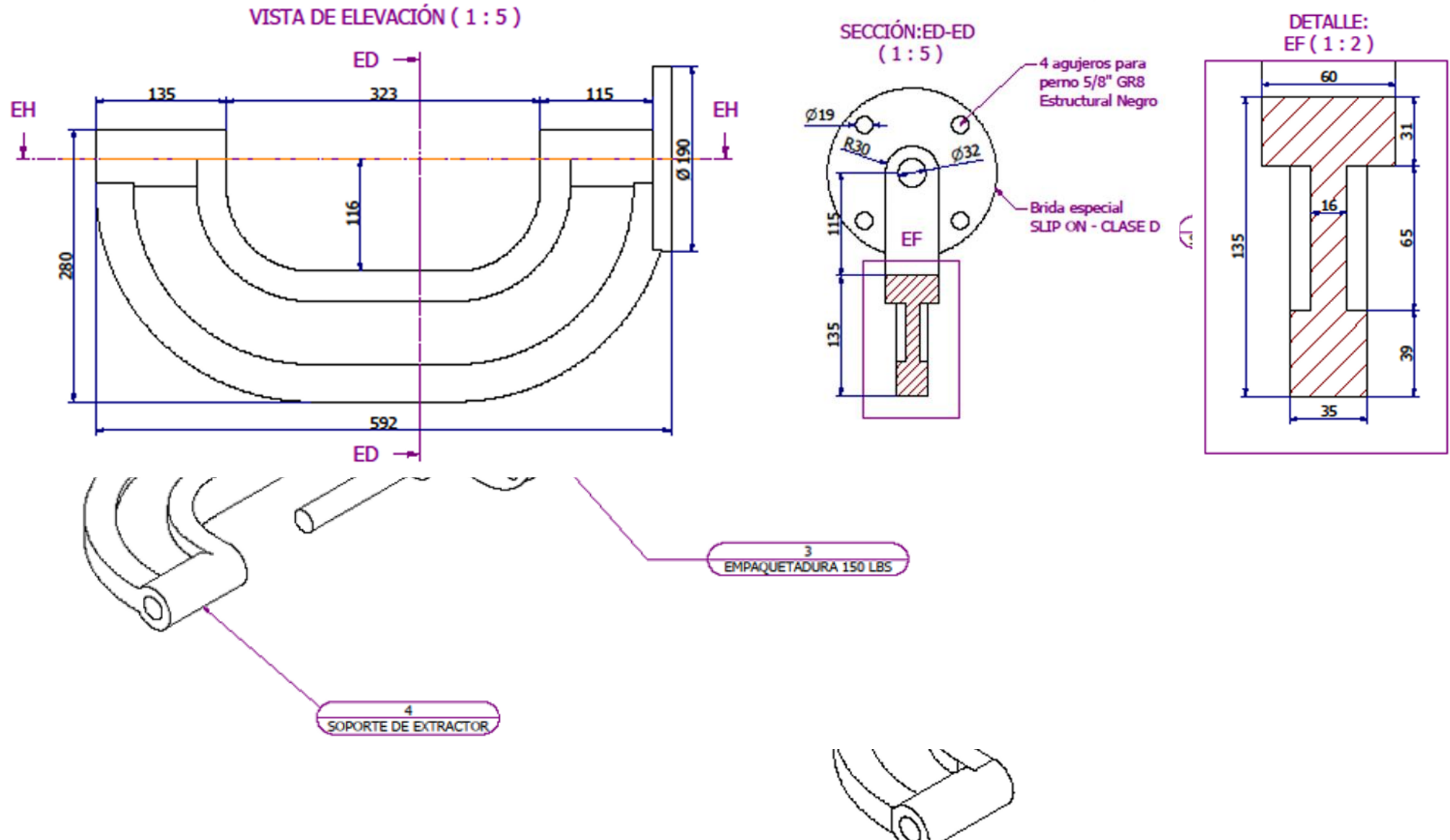


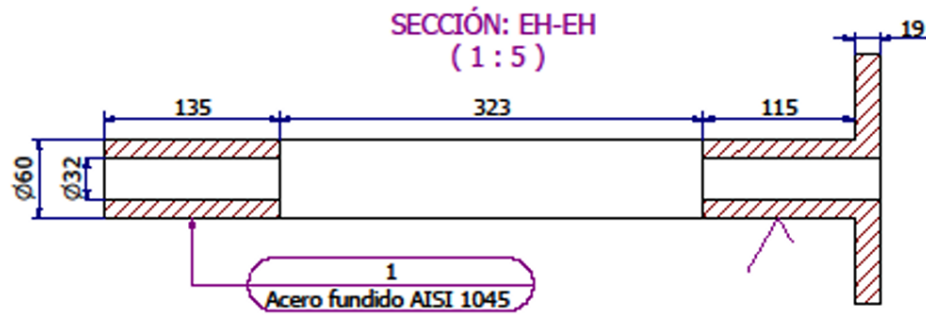
Anexo 1. Sistema Hidráulico Básico.



N°	DESCRIPCION
1	Cilindro hidráulico de doble efecto de empuje 929 KN.
2	Válvula distribuidora VE43 4/3
3	Manómetro de [0-700] bar
4	Válvula limitadora de presión [55-700] bar.
5	Filtro de retorno ISO 21/19/16
6	Filtro de retorno ISO 21/19/16
7	Filtro de succión ISO 21/19/16
8	Válvula check anti-retorno V-17
9	Bomba ENERPAC caudal 2 GPM
10	Motor eléctrico ENERPAC 9.32 KW

Anexo 2. Planos del extractor hidráulico de pines

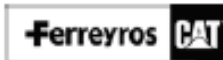




Anexo 3. Ficha técnica de cadena del tractor D8T.

7/5/2017

D8T TRACK-TYPE TRACTOR J8B00001-UP (MACHINE) POWERED BY C15 Engine(SEBP4195 - 101) - Sistemas y componentes



Service Information System

Pantalla anterior

Bienvenido: r080drva

< Producto: TRACK-TYPE TRACTOR
Modelo: D8T TRACK-TYPE TRACTOR J8B
Configuración: D8T TRACK-TYPE TRACTOR J8B00001-UP (MACHINE)
POWERED BY C15 Engine

Especificaciones

D8T Tractor de Cadenas Tren de fuerza

Número de medio -RSNR7526-06

Fecha de publicación -01/10/2012

Fecha de actualización -26/08/2013

i05220263

Cadenas

SMCS - 4170

Número de pieza - 8E-7696

Especificaciones

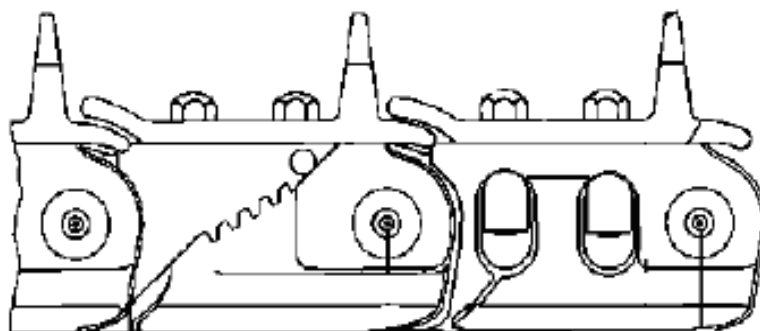


Ilustración 1

g00553339

Consulte el Boletín de reacondicionamiento del tren de rodaje, SEBF8558, "Guideline for Reusable Track Parts" para obtener instrucciones sobre reutilización

Fuerza máxima de armado de la prensa de cadenas ... 660 kN (148,500 lb)

Anexo 4. Medidas de la cadena de carrilería.



Figura 5.1 *Medición de la longitud entre pines de la cadena (Fuente propia) Medición del diámetro de pin.*

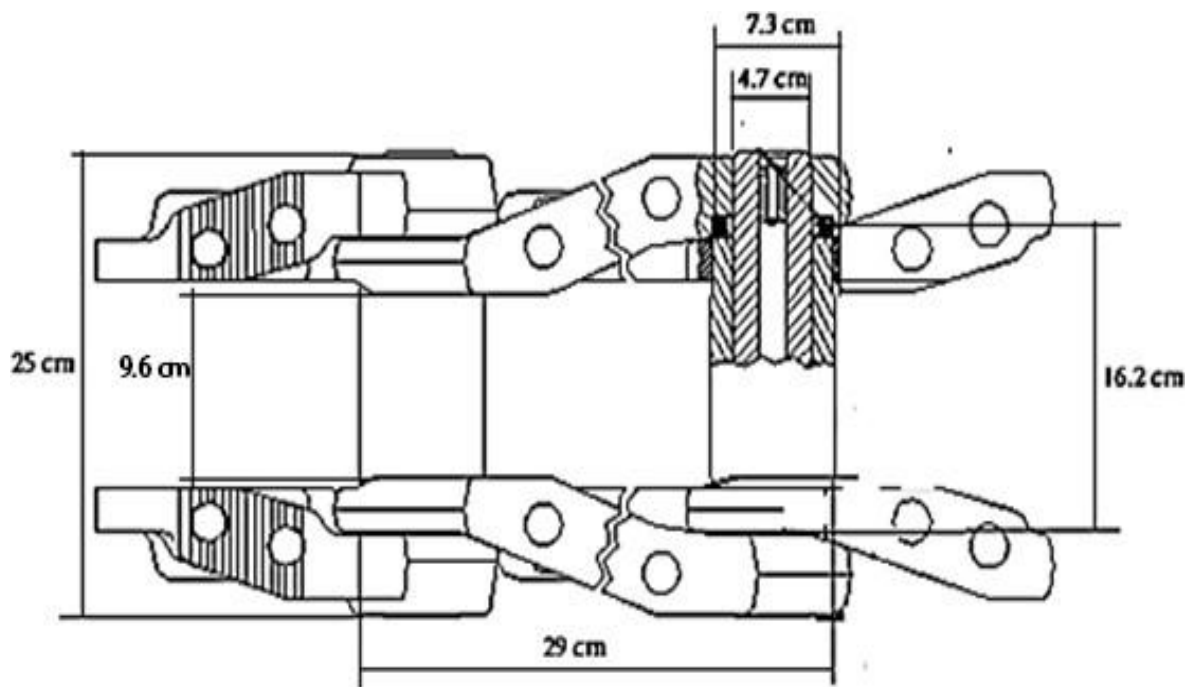


Figura 5.2 *Medidas de la cadena de carrilería.*

Anexo 5. Cilindro hidráulico de doble efecto.

Tabla 6-1 sistema métrico.

Capacidad del cilindro (toneladas)	Carrera (mm)	Número de modelo	Capacidad máxima del cilindro (kN)		Área efectiva del cilindro (cm ²)		Volumen de aceite (cm ³)		Altura retraída	Altura extendido	Diám. externo	Peso
			Empuje	Tirar	Empuje	Tirar	Empuje	Tirar	(mm)	(mm)	(mm)	(kg)
50	50	CLRG-502	539	269	77,0	38,5	385	192	162	212	130	17
	100	CLRG-504	539	269	77,0	38,5	770	385	212	312	130	20
	150	CLRG-506	539	269	77,0	38,5	1155	577	262	412	130	23
	200	CLRG-508	539	269	77,0	38,5	1540	770	312	512	130	27
	250	CLRG-5010	539	269	77,0	38,5	1924	962	362	612	130	31
	300	CLRG-5012	539	269	77,0	38,5	2309	1155	412	712	130	34
100	50	CLRG-1002	929	433	132,7	61,9	664	309	179	229	165	29
	100	CLRG-1004	929	433	132,7	61,9	1327	619	229	329	165	34
	150	CLRG-1006	929	433	132,7	61,9	1991	928	279	429	165	40
	200	CLRG-1008	929	433	132,7	61,9	2655	1237	329	529	165	46
	250	CLRG-10010	929	433	132,7	61,9	3318	1546	379	629	165	52
	300	CLRG-10012	929	433	132,7	61,9	3982	1856	429	729	165	58
150	50	CLRG-1502	1390	675	198,6	96,5	993	482	196	246	205	39
	100	CLRG-1504	1390	675	198,6	96,5	1986	965	246	346	205	52
	150	CLRG-1506	1390	675	198,6	96,5	2978	1447	296	446	205	65
	200	CLRG-1508	1390	675	198,6	96,5	3971	1930	346	546	205	78
	250	CLRG-15010	1390	675	198,6	96,5	4964	2412	396	646	205	92
	300	CLRG-15012	1390	675	198,6	96,5	5957	2895	446	746	205	105
200	50	CLRG-2002	1861	889	265,9	127,0	1330	635	212	262	235	55
	150	CLRG-2006	1861	889	265,9	127,0	3989	1905	312	462	235	91
	300	CLRG-20012	1861	889	265,9	127,0	7977	3809	462	762	235	146
250	50	CLRG-2502	2565	1068	366,4	152,6	1832	763	235	285	275	89
	150	CLRG-2506	2565	1068	366,4	152,6	5497	2289	335	485	275	136
	300	CLRG-25012	2565	1068	366,4	152,6	10993	4578	485	785	275	207
300	50	CLRG-3002	3193	1060	456,2	151,4	2281	757	322	372	310	184
	150	CLRG-3006	3193	1060	456,2	151,4	6843	2270	422	572	310	232
	300	CLRG-30012	3193	1060	456,2	151,4	13685	4541	572	872	310	303

Anexo 6. Bombas eléctricas.

Revisando el catálogo para la bomba elegimos este equipo determinado para la

Bombas eléctricas, serie 8000

Serie PE



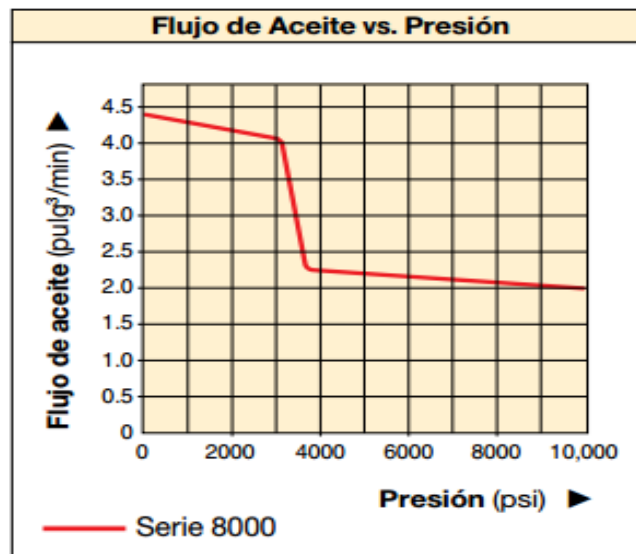
Flujo a presión nominal:
2.0 gal/min.

Potencia del motor:
12.5 hp

Presión de operación máxima:
10,000 psi

función de operación del extractor.

Utilizada con cilindro de	Volumen utilizable de aceite (gal)	Número de modelo	Presión nominal (psi)		Flujo de salida (gal/min)		Tipo de válvula	Función de la válvula	Consumo de corriente (Amps)	Voltaje del motor* (VCA)	Nivel de ruido (dBA)	Peso (libras)
			1ª etapa	2ª etapa	1ª etapa	2ª etapa						
Simple acción	18	PEM-8218	3,700	10,000	4.4	2.0	Manual	3-way,	33.0	230	78-84	720
	18	PEM-8218C	3,700	10,000	4.4	2.0	(VM-2)	2-pos.	16.5	460	78-84	720
Doble acción	18	PEM-8418	3,700	10,000	4.4	2.0	Manual	4-way,	33.0	230	78-84	720
	18	PEM-8418C	3,700	10,000	4.4	2.0	(VM-4)	3-pos.	16.5	460	78-84	720
	18	PER-8418	3,700	10,000	4.4	2.0	Solenoid	4-way,	33.0	230	78-84	765
	18	PER-8418C	3,700	10,000	4.4	2.0	(VE43)	3-pos.	16.5	460	78-84	765



Anexo 7. Válvula de distribución de acción doble.

Operación de la válvula	Se usa con cilindro	Tipo de válvula	Símbolo hidráulico	Diagrama esquemática del flujo			Peso (libras)
				Avance	Retención	Retracción	
Manual	Acción simple	3 vías, 3-posiciones, centro en tándem					6.4
Manual	Acción simple	3 vías, 3-posiciones, centro en tándem, de bloqueo					10.3
Manual	Acción simple	3 vías, 3-posiciones, centro cerrado					6.4
Manual	Acción simple	3 vías, 3-posiciones, centro cerrado, de bloqueo					10.3
Manual	Acción doble	4 vías, 3-posiciones, centro en tándem					6.4
Manual	Acción doble	4 vías, 3-posiciones, centro en tándem, de bloqueo					10.3
Manual	Acción doble	4 vías, 3-posiciones, centro cerrado					6.4
Manual	Acción doble	4 vías, 3-posiciones, centro cerrado, de bloqueo					10.3

Anexo 8. Parámetros técnicos



SMA
SMA serbatoi Spa

HYDRAULIC oil tank

AVAILABLE TANKS IN STOCK

capacity litres	HxPxL (mm)	code
21	160x410x425	7.731
30	280x310x575	7.732
40	300x410x425	7.733
60	310x380x575	7.736
100	290x475x780	7.741
100	580x320x600	7.742
120	630x280x750	7.744

7.731



Anexo 9. Parámetros técnicos.

TECHNICAL PARAMETERS / PARÁMETROS TÉCNICOS

RATINGS - CAPACIDADES	CODE / CÓDIGO	PWK1250i
	Capacity 1st Layer:	2.846 lb
	Capacidad 1° Capa:	1.291 kg
	Velocidad:	13 ~ 18 m/min
	Voltage:	380V/440V/460V/ 50/60 Hz 3Ph
	Voltaje:	
	Motor Power:	3 kW
	Potencia de Motor:	
	Application:	Lifting & Pulling
	Aplicación:	Izaje y Arrastre
	Total Weight Approx.:	343 lb
	Peso Total Aprox.:	156 kg
	Standard:	ASME B30.7 / B30.10 / ANSI-AWS
	Norma:	D14.3 / RR-W-410E / ISO2232
	IWRC Rope:	∅ 3/8" x 328 ft
	Cable IWRC:	∅ 9,5 mm x 100 m





Anexo 10. El método completo para análisis estructural se encuentra en la norma Nacional E.090 estructuras metálicas

NTE E.090 ESTRUCTURAS METÁLICAS

NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN

E.090 ESTRUCTURAS METÁLICAS

LIMA, FEBRERO DEL 2004



Anexo 11. Coeficientes de rozamiento entre materiales.

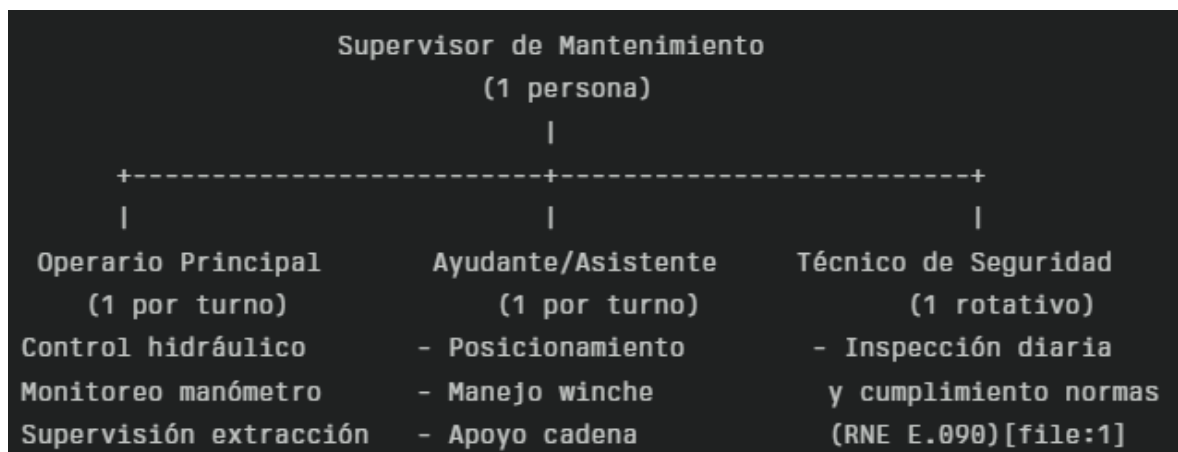
Superficies en contacto	Coefficiente estático μ_e	Coefficiente dinámico μ_k
Cobre sobre acero	0.53	0.36
Acero sobre acero	0.74	0.57
Aluminio sobre acero	0.61	0.47
Caucho sobre concreto	1.0	0.8
Madera sobre madera	0.25-0.5	0.2
Madera encerada sobre nieve húmeda	0.14	0.1
Teflón sobre teflón	0.04	0.04
Articulaciones sinoviales en humanos	0.01	0.003

Anexo 12. Metal de soldadura compatible con metal de base.

Metal de soldadura compatible con metal de base

Grupo	Metal base			Niveles compatibles de metal de soldadura	
	Especificación de acero	F_y MPa	F_u MPa	Especificación de electrodo	
I	ASTM A36		250	400-550	SMAW - AWS A5.1: E60XX, E70XX
	ASTM A53	Grado B	240	415 min	SMAW - AWS A5.5: E70XX-X
	ASTM A500	Grado A	228	310 min	SAW - AWS A5.17: F6XX-EXXX F7XX-EXXX
		Grado B	290	400 min	
	ASTM A501		250	400 min	SAW - AWS A5.3: F7XX-EXX-XX
	ASTM A529		290	415-585	GMAW - AWS A5.8: ER70S-X
	ASTM A570	Grado 40	275	380 min	FCAW - AWS A5.0: E6XT-X, E7XT-X
		Grado 45	310	415 min	FCAW - AWS A5.9: E7XTX-XX
Grado 50		345	450 min		
ASTM A709	Grado 36	250	400-550		
II	ASTM A572	Grado 42	290	415 min	SMAW - AWS A5.1: E7015, E7016, E7018, E7028 SMAW - AWS A5.5: E7015-X, E7016-X, E7018-X
		Grado 50	345	450 min	SAW - AWS A5.17: F7XX-EXXX
	ASTM A606		310-340	450 min	SAW - AWS A5.23: F7XX-EXX-XX
	ASTM A607	Grado 45	310	410 min	GMAW - AWS A5.18: ER70S-X
		Grado 50	345	450 min	
		Grado 55	380	480 min	
	ASTM A618	Grado Ib, II, III	315-345	450 min	FCAW - AWS A5.20: E7XT-X FCAW - AWS A5.29: E7XTX-X
	ASTM A709	Grado 50	345	450 min	
Grado 50W		345	485 min		
III	ASTM A572	Grado 60	415	515 min	SMAW - AWS A5.5: E8015-X, E8016-X, E8018-X
		Grado 65	450	550 min	SAW - AWS A5.23: F8XX-EXX-XX

Anexo 13. Organigrama de personal para operación del extractor de pines.



Anexo 14. Panel fotográfico



















ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 14/12/2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: HUGO CESAR CHAIÑA SUCASACA Dirección: JR CESAR VALLEJO MZ C-1
LOTE 4 JULIACA

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: DNI 43691227

Teléfono: 976417778 email: hugochaina101@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

Asesor: ING ADWAR RANULFO SÁNCHEZ CARREÓN

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: IMPLEMENTACIÓN DE UN EXTRACTOR HIDRÁULICO DE PINES PARA LA REPARACIÓN DE CADENAS DE MAQUINARIA PESADA EN LA EMPRESA INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN DE JULIACA

Palabras claves, (3 a 5 términos): MAQUINARIA PESADA, EXTRACTOR DE PINES, CADENAS.

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1, 2}?

2 _____

¹ 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.

² 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

14 DE DICIEMBRE DE 2025

Fecha