

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica

Tesis

Diseño una máquina hidráulica rajadora de troncos de eucalipto para la Comunidad de Yunguqui - Cusco 2022

Edgar Santacruz Atau

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Mecánico

Cusco, 2023

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS

A : FELIPE GUTARRA MEZA
Decano de la Facultad de Ingeniería

DE : KENNY ALBERTO MELENDRES QUISPE
Asesor de tesis

ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

FECHA : 09 de octubre del 2023

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "DISEÑO UNA MÁQUINA HIDRÁULICA RAJADORA DE TRONCOS DE EUCALIPTO PARA LA COMUNIDAD DE YUNGAQUI – CUSCO 2022", perteneciente al/la/los/las estudiante(s) Edgar Santacruz Atau, de la E.A.P. de Ingeniería Mecánica; se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 17 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía

SI NO

- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores

SI NO

(N° de palabras excluidas:)

- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante

SI NO

En consecuencia, se determina que la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,



Asesor de tesis

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, Edgar Santacruz Atau, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 42700392, de la E.A.P. de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "DISEÑO UNA MÁQUINA HIDRÁULICA RAJADORA DE TRONCOS DE EUCALIPTO PARA LA COMUNIDAD DE YUNGAQUI – CUSCO 2022", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.



09 de octubre del 2023.

Edgar Santacruz Atau
DNI. No. 42700392

Similitud Tesis - Edgar Santacruz

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%	17%	2%	6%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	10%
2	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	1%
3	upcommons.upc.edu Fuente de Internet	1%
4	documents.mx Fuente de Internet	<1%
5	www.construccionenacero.com Fuente de Internet	<1%
6	www.tdx.cat Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	vsip.info Fuente de Internet	<1%
9	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1%

10	Submitted to Escuela Politecnica Nacional Trabajo del estudiante	<1 %
11	apirepositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
13	Submitted to Universidad Nacional de Colombia Trabajo del estudiante	<1 %
14	Submitted to Tecsup Trabajo del estudiante	<1 %
15	qdoc.tips Fuente de Internet	<1 %
16	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
17	Claudia Conesa Domínguez. "DESARROLLOS TECNOLÓGICOS PARA LA MEJORA Y CONTROL DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE RESIDUOS AGROALIMENTARIOS", Universitat Politecnica de Valencia, 2017 Publicación	<1 %
18	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %

19	Submitted to UTEC Universidad de Ingeniería & Tecnología Trabajo del estudiante	<1 %
20	de.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
21	tesis.pucp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
22	Submitted to Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador Trabajo del estudiante	<1 %
23	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
24	es.mongabay.com Fuente de Internet	<1 %
25	cict.umcc.cu Fuente de Internet	<1 %
26	rcforo.com Fuente de Internet	<1 %
27	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
28	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
29	www.bienestar.bogota.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %

30	Submitted to Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo Trabajo del estudiante	<1 %
31	fing.javeriana.edu.co Fuente de Internet	<1 %
32	observatorio.campus-virtual.org Fuente de Internet	<1 %
33	cybertesis.uni.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
34	www.aircompressorsdirect.com Fuente de Internet	<1 %
35	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
36	Carlos Pablo Gracia Calandin. "Métodos y Algoritmos para resolver problemas de Corte unidimensional en entronos realistas. Aplicación a una empresa del sector Siderúrgico", Universitat Politecnica de Valencia, 2010 Publicación	<1 %
37	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
38	economia.gob.mx Fuente de Internet	<1 %
39	repositorio.uladech.edu.pe Fuente de Internet	

		<1 %
40	vdocuments.site Fuente de Internet	<1 %
41	www.paisas.us Fuente de Internet	<1 %
42	"Indicadores, criterios, herramientas y modelos (con excel), utilizados en la evaluación de inversiones", Universidad Católica de Pereira, 2012 Publicación	<1 %
43	Santiago Juan García Espallargas. "Formulación de imprimaciones epoxi en polvo de curado a bajas temperaturas basadas en triflatos de lantánido. Desarrollo de una técnica electroquímica para la evaluación acelerada de la protección anticorrosiva de recubrimientos orgánicos:...", Universitat Politecnica de Valencia, 2006 Publicación	<1 %
44	acikerisim.iku.edu.tr Fuente de Internet	<1 %
45	agenda.pucp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
46	dspace.ucuenca.edu.ec Fuente de Internet	<1 %

47	repositorio.utc.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
48	stutzartists.org Fuente de Internet	<1 %
49	www.ipea.gov.br Fuente de Internet	<1 %
50	www.mgpa.uchile.cl Fuente de Internet	<1 %
51	www.monografias.com Fuente de Internet	<1 %
52	www.rlc.fao.org Fuente de Internet	<1 %
53	www.senado-ba.gov.ar Fuente de Internet	<1 %
54	1library.co Fuente de Internet	<1 %
55	Fredy Alexander Aguirre Gómez. "Diseño Optimizado, Modelado Dinámico - Cinemático y Fabricación de un AUV, Integrando Herramientas CAE para su Validación.", Universitat Politecnica de Valencia, 2020 Publicación	<1 %
56	María José Méndez Gallart. "Uso transdisciplinar del análisis sistémico en la ecología y en la creación de arte"	<1 %

contemporáneo. Cambios de paradigma en la
Valencia del siglo XXI", Universitat Politècnica
de València, 2023

Publicación

57	biblioteca.itson.mx Fuente de Internet	<1 %
58	cadecocruz.org.bo Fuente de Internet	<1 %
59	catalogo-gy.ucab.edu.ve Fuente de Internet	<1 %
60	nanopdf.com Fuente de Internet	<1 %
61	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
62	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
63	repositorio.upct.es Fuente de Internet	<1 %
64	www.aquahoy.com Fuente de Internet	<1 %
65	www.econstor.eu Fuente de Internet	<1 %
66	www.facildehacer.com Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas Activo

Excluir coincidencias Apagado

Excluir bibliografía Activo

Similitud Tesis - Edgar Santacruz

INFORME DE GRADEMARK

NOTA FINAL

/100

COMENTARIOS GENERALES

Instructor

PÁGINA 1

PÁGINA 2

PÁGINA 3

PÁGINA 4

PÁGINA 5

PÁGINA 6

PÁGINA 7

PÁGINA 8

PÁGINA 9

PÁGINA 10

PÁGINA 11

PÁGINA 12

PÁGINA 13

PÁGINA 14

PÁGINA 15

PÁGINA 16

PÁGINA 17

PÁGINA 18

PÁGINA 19

PÁGINA 20

AGRADECIMIENTOS

Agradezco, por la culminación de este trabajo en primer lugar a Dios, por darme lo más importante que es la vida y permitirme lograr este sueño anhelado. A mi madre, por guiar mi camino siempre, con firmeza y sobre todo con mucho cariño. A mi padre, por sus sabios consejos, que sostuvieron el camino hacia mi formación profesional. A mi esposa, mis hijos, hermanos, que fueron pilares fundamentales en mi camino. A mis familiares y amigos por su apoyo incondicional, ya que sin ellos no hubiera logrado alcanzar la meta, que fue un desafío.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, por haberme formado con disciplina, valores y sobre todo con mucha humildad; gracias a ellos pude cumplir mis sueños. A mi esposa Carolina, por su apoyo incondicional; a mis hijos Dareck y Edrick por ser mi mayor motivo de superación; a mis docentes, quienes sin esperar nada a cambio, me compartieron su conocimiento en este camino de formación profesional.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	xiii
DEDICATORIA	xiv
ÍNDICE GENERAL	xv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xviii
ÍNDICE DE TABLAS	xx
SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS.....	21
RESUMEN	23
ABSTRACT.....	24
INTRODUCCIÓN	25
CAPÍTULO I	27
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	27
1.1 Planteamiento y formulación del problema.....	27
1.2 Objetivos.....	28
1.3 Justificación	29
CAPÍTULO II.....	31
MARCO TEÓRICO.....	31
2.1 Antecedentes del problema.....	31
2.2 Bases teóricas	35
2.3 Hidráulica	50
2.4 Automatización eléctrica	53
2.4.1 Contactora.....	54
2.4.2 Pulsadores	54
2.4.3 Final de carrera	55
2.4.5 Cálculos relacionados con motores eléctricos	56
2.5 Componentes metálicos.....	57
CAPÍTULO III.....	63
METODOLOGÍA.....	63
3.1 Tipo y nivel de la investigación.....	63

3.2	Alcance	63
3.3	Limitaciones	64
3.4	Metodología del diseño	64
3.2.2	Estado de la tecnología de la empresa comunal de Yungaqui	65
3.2.3	Realizar una estructura de funciones	65
3.2.4	Establecer un concepto de solución óptimo.....	65
3.2.5	Dimensionar la máquina rajadora de troncos de eucalipto	65
3.2.6	Diseño paramétrico de los componentes.....	66
3.2.7	Seleccionar componentes hidráulicos y eléctricos para la máquina	66
3.2.8	Elaboración de planos	66
3.2.9	Comprobación con software	66
3.2.10	Análisis económico	66
CAPÍTULO IV.....		67
ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN.....		67
4.1	Planteamiento	67
4.2	Estado de la tecnología	69
4.2.1	Estado de la tecnología de la empresa comunal Yungaqui.....	69
4.3	Estructura de funciones	70
4.4	Matriz morfológica.....	72
4.5	Diseños preliminares	74
4.5.1	Descripción de la solución 1	74
4.5.2	Descripción de la solución 2.....	75
4.5.3	Descripción de la solución 3	76
4.5.4	Análisis de sensibilidad.....	77
4.5.5	Evaluación técnico-económica	78
4.6	Ingeniería de detalle para la solución óptima seleccionada.....	83
4.6.1	Consideraciones para la máquina hidráulica rajadora de troncos	83
4.6.2	Diseño del marco estructural	84
4.6.3	Diseño de la mesa móvil	94
4.6.4	Cálculo de pernos de sujeción.....	96
4.6.5	Cálculo de uniones soldadas	101

4.6.6	Selección de equipo hidráulico	103
4.6.7	Selección de pistones hidráulicos	104
4.6.8	Selección de cuña divisora de seis vías para madera	107
4.6.9	Selección de componentes eléctricos	108
CAPÍTULO V		109
SIMULACIÓN EN SOFTWARE CAD SOLIDWORKS 2020 Y FLUIDSIM		109
5.1	Simulación utilizando software CAD SolidWorks 2020.....	110
5.2	Simulación utilizando software FluidSim de Festo	113
CAPÍTULO VI.....		116
COSTOS PARA LA ELABORACIÓN DE UN PROTOTIPO		116
6.1	Componentes hidráulicos	116
6.2	Elementos eléctricos.....	117
6.3	Componentes metal mecánicos	117
6.4	Análisis costo mano de obra.....	119
6.4.1	Costo de diseño	119
6.4.2	Costo de manufactura para elementos diseñados.....	119
6.4.3	Costo de instalación eléctrica y ensamblaje.....	120
6.5	Resumen de costos	121
CONCLUSIONES		122
RECOMENDACIONES.....		124
1.	Recomendaciones desde un punto de vista metodológico.....	124
BIBLIOGRAFÍA		125
ANEXO 1.	Tratado de la metodología VDI 2221	127
ANEXO 2.	Matriz de consistencia.....	134
ANEXO 3.	Lista Arancelaria de importación de la republica de Perú	135
ANEXO 4.	Ficha técnica para el canal U.....	136
ANEXO 5.	Planos mecánicos	137

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 2.1</i>	Máquina rajadora de leña eléctrica monofásica Ceccato	32
<i>Figura 2.2</i>	Máquina rajadora de leña eléctrica Equus	33
<i>Figura 2.3</i>	Máquina hidráulica astilladora de troncos, por Campodónico	34
<i>Figura 2.4</i>	Máquina leñadora artesanal	35
<i>Figura 2.5</i>	Árboles de eucalipto y troncos listos para ser convertidos en leña.....	36
<i>Figura 2.6</i>	Proceso de talado con motosierra	38
<i>Figura 2.7</i>	Proceso de desramado con una motosierra	39
<i>Figura 2.8</i>	Proceso de traslado de palos de eucalipto.....	39
<i>Figura 2.9</i>	Proceso de traslado de palos de eucalipto.....	40
<i>Figura 2.10</i>	Proceso de rajado de leña de eucalipto con una hacha.....	41
<i>Figura 2.11</i>	Hacha (herramienta para hacer leña).....	42
<i>Figura 2.12</i>	Leña proveniente de las ramas de un árbol hechos con un machete	42
<i>Figura 2.13</i>	Motosierra	43
<i>Figura 2.14</i>	Máquina de tornillo para hacer leña.....	44
<i>Figura 2.15</i>	Máquina mecánica leñadora con motor eléctrico.....	45
<i>Figura 2.16</i>	Dimensiones de las cuchillas para el experimento.....	46
<i>Figura 2.17</i>	Montaje para el ensayo de corte	46
<i>Figura 2.18</i>	Cuñas de una, dos y tres filos para rajar leña	48
<i>Figura 2.19</i>	Representación del sistema hidráulico	49
<i>Figura 2.20</i>	Circuito eléctrico automatizado	50
<i>Figura 2.21</i>	Cilindro hidráulico de doble efecto.....	51
<i>Figura 2.22</i>	Válvula hidráulica eléctrica.....	52
<i>Figura 2.23</i>	Bomba de engranajes	52
<i>Figura 2.24</i>	Contactora trifásica más bloque auxiliar.....	54
<i>Figura 2.25</i>	Pulsadores industriales	55
<i>Figura 2.26</i>	Final de carrera de dos contactos	55
<i>Figura 2.27</i>	Relé térmico de protección.....	56
<i>Figura 2.28</i>	Máquina de soldar eléctrica.....	58
<i>Figura 2.29</i>	Estados de la simbología de la soldadura.....	59

<i>Figura 2.30</i>	Partes de un electrodo	59
<i>Figura 2.31</i>	D. C. L. Para soldadura sometida a fuerzas de tracción.....	61
<i>Figura 2.32</i>	D. C. L. Para soldaduras sometidas a fuerzas de corte.....	62
<i>Figura 3.1</i>	Metodología de diseño VDI 2221	64
<i>Figura 4.2</i>	Representación de una caja gris	72
<i>Figura 4.3</i>	Matriz morfológica	73
<i>Figura 4.5</i>	Croquis a mano alzada de la solución 2.....	75
<i>Figura 4.6</i>	Croquis a mano alzada de la solución 3.....	76
<i>Figura 4.7</i>	Valoración técnico-económica.....	82
<i>Figura 4.8</i>	Actividad de leñado en la comunidad de Yunguqui	84
<i>Figura 4.9</i>	Diagrama para entender la fuerza centrípeta	85
<i>Figura 4.10</i>	Dibujo de la máquina rajadora de leña.....	88
<i>Figura 4.11</i>	Diagrama de cuerpo libre para la estructura.....	89
<i>Figura 4.12</i>	D. C. L. Sección más crítica.....	89
<i>Figura 4.13</i>	Representación de corte para troncos de eucalipto	90
<i>Figura 4.14</i>	Dimensiones de canales U según Aceros Arequipa	92
<i>Figura 4.15</i>	<i>Propuesta de mesa de apoyo móvil</i>	94
<i>Figura 4.16</i>	Diagrama de cuerpo libre para la mesa de apoyo.....	95
<i>Figura 4.17</i>	Dibujo detalle de punto crítico de una unión atornillada	97
<i>Figura 4.18</i>	Cilindro hidráulico de simple efecto Cicrosa.....	105
<i>Figura 4.19</i>	Cilindro hidráulico de doble efecto y brida de sujeción Cicrosa	106
<i>Figura 4.20</i>	Cuña de seis vías RuggedMade.....	107
<i>Figura 5.1</i>	Análisis estático de la estructura metálica fija.....	110
<i>Figura 5.2</i>	Análisis del desplazamiento del material.....	111
<i>Figura 5.3</i>	Análisis de factor de seguridad	112
<i>Figura 5.4</i>	Circuito hidráulico y eléctrico	113
<i>Figura 5.5</i>	Momento en el cual se activa el <i>joistycck</i>	114
<i>Figura 5.6</i>	Accionando ambos cilindros.....	115

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	<i>Características de la máquina rajadora de leña eléctrica monofásica Ceccato....</i>	32
Tabla 2.2	<i>Características máquina rajadora de leña eléctrica Equus</i>	33
Tabla 2.3	<i>Características de un tronco de eucalipto</i>	37
Tabla 2.4	<i>Ensayo de corte de una máquina hidráulica rajadora de leña</i>	47
Tabla 2.5	<i>Propiedades mecánicas del acero ASTM A36</i>	58
Tabla 2.6	<i>Clasificación de electrodos</i>	60
Tabla 4.1	<i>Lista detallada de exigencias</i>	68
Tabla 4.2	<i>Criterios de evaluación técnica</i>	78
Tabla 4.3	<i>Evaluación técnica</i>	79
Tabla 4.4	<i>Criterios de la evaluación económica. Conceptos</i>	80
Tabla 4.5	<i>Evaluación económica</i>	81
Tabla 4.6	<i>Valores relativos de la evaluación técnico-económica</i>	82
Tabla 4.7	<i>Listado de elementos para la máquina hidráulica rajadora de troncos</i>	83
Tabla 4.8	<i>Tabla J3.2, extraída de la norma AISC 360</i>	99
Tabla 4.9	<i>Tabla J3.4, extraída de la norma AISC 360</i>	100
Tabla 4.10	<i>Ficha técnica perno estructural ASTM A325</i>	100
Tabla 4.11	<i>Tamaño mínimo de soldadura de filete, Tabla j2.4</i>	101
Tabla 4.12	<i>Código de equipos hidráulicos con bomba de engranajes</i>	104
Tabla 4.13	<i>Cilindros estándar de simple efecto (serie 600)</i>	105
Tabla 4.14	<i>Cilindros estándar de doble efecto (serie 700).....</i>	106
Tabla 4.15	<i>Dimensiones de la cuña RuggedMade seis vías</i>	107
Tabla 4.16	<i>Lista de componentes hidráulicos.....</i>	108
Tabla 6.1	<i>Componentes para la máquina hidráulica rajadora de troncos de eucalipto</i>	116
Tabla 6.2	<i>Descripción de elementos eléctricos existentes en el mercado</i>	117
Tabla 6.3	<i>Descripción de elementos metal mecánicos existentes en el mercado</i>	118
Tabla 6.4	<i>Descripción de costo de diseño.....</i>	119
Tabla 6.5	<i>Descripción de costos para la manufactura de elementos diseñados</i>	119
Tabla 6.6	<i>Detalle de costos de instalación eléctrica y ensamblaje</i>	120
Tabla 6.7	<i>Resumen de costos</i>	121

SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

σ_{adm}	Esfuerzo admisible
K	Coefficiente de tensado
Pcr	Carga crítica
τ	Fuerza cortante
σ	Esfuerzo
σ_y	Esfuerzo de fluencia
Fs	Factor de seguridad
Su	Resistencia última del acero
Sy	Resistencia de fluencia
MPa	Mega pascales
GPa	Giga pascales
Psi	Libras/pulg. ²
Kg	Kilo gramo
N	Newton
KN	Kilo newton
V	Volumen
v	Velocidad
m	Metro
cm	Centímetro
mm	Milímetro
Pa	Pascales
I	Momento de inercia
E	Módulo de Young o módulo de elasticidad
P	Presión
Q	Caudal
A	Área
L	Longitud
b	Base

h	Altura
R	Resistencia eléctrica
V	Voltaje eléctrico
A	Amperaje eléctrico
Π	Pi (3,1415)
g	Aceleración de la gravedad (9,8m/s ²)

RESUMEN

El propósito de la tesis está direccionado a dar una solución al problema de producción de leña en la empresa comunal de Yungaqui, que concretiza el diseño de una máquina hidráulica rajadora de troncos de eucalipto.

Se indagó el funcionamiento y características de máquinas similares existentes dentro del mercado local, nacional e internacional, y se halló escasas coincidencias en el conjunto de las necesidades planteadas, las cuales están plasmadas dentro del marco teórico de la tesis. De similar forma se hicieron los estudios correspondientes del conocimiento tecnológico del personal trabajador, en aras de tomar decisiones acerca de qué o cuáles componentes se han de considerar en el diseño de la máquina.

Se desarrolló la metodología con la cual se da la solución óptima al problema planteado, la VDI 2221, una metodología bastante utilizada para realizar diseños mecánicos muy sencillo en su aplicación, y con procedimientos simples que llegan a un objetivo preciso.

Finalmente se realizó el diseño de la máquina hidráulica rajadora de troncos de eucalipto con un costo de S/13,261.50 (trece mil doscientos sesenta y uno con cincuenta). Se adjunta las respectivas cotizaciones para empezar con la segunda etapa que consiste en armar el prototipo.

Palabras clave: Máquina hidráulica rajadora de troncos de eucalipto, comunidad de Yungaqui, tronco de eucalipto, metodología VDI 2221

ABSTRACT

The purpose of the thesis is aimed at providing a solution to the problem of firewood production in the communal company of Yungaqui, concretizing a design of a hydraulic eucalyptus trunk splitting machine.

The operation and characteristics of similar machines existing within the local, national and international market were investigated, and few coincidences were found in the set of needs raised which are embodied within the theoretical framework of the thesis. In a similar way, the corresponding studies of the technological knowledge of the working personnel were made, in order to make decisions about which components should be considered in the design of the machine.

The methodology with which the optimal solution to the problem posed is given, the VDI 2221, a methodology widely used to carry out mechanical designs, very simple in its application, and with simple procedures that reach a precise objective, was developed.

Finally, the design of the eucalyptus log splitter hydraulic machine was made at a cost of S/13,261.50 (thirteen thousand two hundred and sixty-one and fifty), the respective quotes are attached to start with the second stage that consists of assembling the prototype.

Keywords: Hydraulic eucalyptus log splitter machine, Yungaqui community, eucalyptus log, VDI 2221 methodology

INTRODUCCIÓN

En respuesta al déficit de la producción de leña, se plantea como solución el diseño de una máquina hidráulica rajadora de troncos de eucalipto.

Capítulo I. Dentro de este capítulo se desarrolla la necesidad de la empresa comunal de Yungaqui, requerimiento que se traduce en el déficit de producción de leña frente a la creciente demanda de este combustible. Luego, esta necesidad es entendida como un problema al cual se debe dar una solución, se plantea un objetivo general y siete objetivos específicos, los cuales se desarrollan a medida que avanza la tesis. Para finalizar este capítulo, se dan las justificaciones económicas, técnicas y sociales que avalan la validez del estudio en su conjunto.

Capítulo II. En este capítulo se recolecta toda información válida relacionada al tema, que ayuda a realizar un diseño exitoso, datos como capacidad en toneladas, modelos y elementos que se usan para su funcionamiento. Del mismo modo, se explica a detalle las composiciones del material a procesar, en este caso el árbol de eucalipto, que luego se convierte en troncos y finalmente en leña; se explican composiciones químicas y físicas de los metales que han de ser utilizados en el proceso de manufactura, procesos de soldadura y procedimientos matemáticos que garantizan la correcta elección del material.

Capítulo III. En este capítulo se habla de la metodología a la cual se recurre para ejecutar un diseño mecánico, optamos por el procedimiento que recomienda la metodología VDI 2221, teniendo como base el tipo de investigación tecnológica, con un nivel experimental, que nos permite manipular variables de acuerdo a las necesidades o avance del estudio.

Capítulo IV. Para encontrar una solución, la metodología VDI 2221 recomienda primeramente analizar el problema, para ello se realizó una lista de exigencias y deseos, conociendo a fondo en qué condiciones tecnológicas se encuentra la empresa comunal Yungaqui, se elabora una estructura de funciones en la cual se idealiza una máquina a partir de una caja negra en donde no importa detalles ni el como del funcionamiento. Una vez

entendido el proceso, se pasa a una caja gris, donde empieza a mostrarse procesos y funciones. Se realizó una matriz morfológica con varias alternativas, de este cuadro sacamos tres soluciones a las cuales se les somete a una evaluación técnico-económica, de donde aparece una solución óptima. Ya obtenido este resultado, se procede a realizar el diseño, se hacen los cálculos correspondientes, considerando medidas y formas de componentes de los materiales con los cuales se dará forma física a la máquina.

Capítulo V. En este capítulo se emplea el software *SolidWorks*, con la finalidad de validar los cálculos realizados en el capítulo IV, y también se hace uso del software *FluidSim*, para ver los procesos de funcionamiento del sistema hidráulico y eléctrico y, de esta forma, garantizar el correcto proceso de corte de leña.

Capítulo VI. Dentro de este capítulo se analiza el costo económico con el cual será posible materializar la máquina hidráulica rajadora de troncos de eucalipto, se presenta un listado de materiales metal mecánicos, hidráulicos y eléctricos con precios reales cotizados.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Planteamiento y formulación del problema

La comunidad campesina de Yungaqui, ubicada en la provincia de Anta departamento de Cusco, registrada en la SUNAT con el número de RUC **20527505471**, ha encontrado una fuente de ingresos económicos como producto de la tala concientizada de árboles de eucalipto. Con una plantación de árboles de eucalipto de alrededor de 70 hectáreas, se ha convertido en el proveedor más importante de leña, cuarterones, umbrales, postes y puntales, dirigidos a la población en general y a la industria.

En setiembre del año 2021, debido al incremento en el precio del gas natural, la demanda de la leña fue creciendo exponencialmente. En razón a esta demanda, la empresa comunal fue contratando más personal para ir cubriendo las labores cotidianas, sin embargo, hay días en que el personal falta sin previo aviso y ello hace que se pierda clientes y credibilidad, lo cual va en desmérito de la empresa.

Para solucionar estos impases, en una reunión de emergencia convocada por los directivos de la empresa comunal, juntamente con todo los socios presentes y bajo una acta, se ha dispuesto comprar una máquina rajadora de leña, con las siguientes características: que sea hidráulico, control eléctrico, capaz de rajar un tronco de eucalipto de 60 centímetros de largo, de 10 a 50 centímetros de diámetro sin importar si el tronco tiene ojos en su contextura, mantenimiento sencillo, que la empresa que lo construya esté ubicada dentro de la ciudad de Cusco, que tenga garantía de un año y que su transporte sea fácil.

1.1.1 Formulación del problema

La presente tesis, dado el contexto ya mencionado, está dirigida al diseño de una máquina hidráulica rajadora de troncos de eucalipto para la comunidad de Yungaqui – Cusco 2022.

1.1.2 Problema general

¿Cómo solucionar el problema de producción de leña en la empresa comunal de Yungaqui?

1.1.3 Problemas específicos

- ¿Cuáles serán las características técnicas y físicas que debe tener una máquina rajadora de leña?
- ¿Cómo seleccionar componentes de la máquina rajadora de leña?
- ¿Cuál será la estructura de funciones de la máquina rajadora de leña?
- ¿Cómo se elegirán los componentes adecuados para la máquina rajadora de leña?
- ¿Qué procedimiento garantiza la correcta elección de componentes?
- ¿Qué software podemos utilizar para avalar los resultados?
- ¿Cómo analizar los costos de fabricación?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Diseñar una máquina hidráulica rajadora de troncos de eucalipto para la comunidad de Yungaqui, Cusco - 2022.

1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar una lista de exigencias detallada, enfocada en las normas y necesidades del cliente.
- Indagar el estado de la tecnología en que se encuentra la empresa comunal de Yungaqui.

- Realizar una estructura de funciones para el proceso automático del rajado de leña.
- Elaborar un cuadro de matriz morfológica que permita encontrar la solución óptima.
- Hacer cálculos matemáticos demostrativos utilizando las fórmulas adecuadas.
- Demostrar mediante el uso de un software, la veracidad de los cálculos matemáticos y de las secuencias de funcionamiento.
- Analizar costos de fabricación, hasta la puesta en operación.

1.3 Justificación

1.3.1 Justificación económica

La concretización de la máquina rajadora de leña traerá beneficios económicos directos para la empresa comunal de Yungaqui, se ahorrará horas hombre que serán empleados en el acarreo, selección, corte y traslado de troncos de eucalipto, optimizando de esta manera el proceso de producción, se utilizará componentes tanto eléctricos como hidráulicos existentes dentro del mercado Cuzqueño, elementos ampliamente conocidos y utilizados en procesos similares para que el cambio no sea engorroso ni necesite un gasto bastante alto.

El cliente que va a comprar leña será atendido rápidamente, en la actualidad muchas veces el cliente debe esperar que un personal se desocupe y pueda realizar el rajado de la leña, esta forma de atención ha ido aumentando el descontento del cliente que han optado por adquirir el producto a otros distribuidores, por consiguiente, la empresa va perdiendo ingresos, es así que con la adquisición de la máquina rajadora de leña estos episodios serán cosa del pasado.

1.3.2 Justificación técnica

Se diseñará una máquina totalmente automática, utilizando elementos que permiten una interfase casi intuitiva entre máquina y hombre, elementos que se pueden adquirir con mucha facilidad en cualquier tienda donde se comercializa accesorios eléctricos dentro de la ciudad de Cusco. Los componentes que han de ser fabricados serán hechos a medida y respaldados por un plano mecánico donde estará su denominación, el diseño incluye las medidas de seguridad, frente a eventos que podrían dañar al personal operario, a la máquina o a los componentes eléctricos y electrónicos.

1.3.3 Justificación social

Las personas que trabajan en la empresa comunal de Yunguquí, muchas veces se encuentran sometidas a los embates de la naturaleza, provistas de hachas con poco filo, deben de realizar su labor diaria y alcanzar metas que el empleador, en este caso la comunidad, les exige para completar su día de trabajo, el resultado de tales circunstancias es que muchos de ellos llegan a enfermarse.

La máquina rajadora de leña erradicará trabajos bajo un sol abrazador o en ocasiones bajo la lluvia, se situará la máquina rajadora de leña en un lugar seco, con un techo donde el operador pueda ejercer su labor cómoda y libremente, se suprimirán los esfuerzos enormes que se necesitaba como consecuencia del uso de las hachas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

En la actualidad, es posible hallar máquinas rajadoras de leña dentro del mercado nacional e internacional, la gran mayoría de ellas funcionan con motores a combustión interna, preparados exclusivamente para lugares alejados donde no hay energía eléctrica; son muy pocos aquellos que están diseñados con motores eléctricos y menores aún aquellos que deben realizar funciones automatizadas. Debido a que la tesis va dirigida hacia el uso de la energía eléctrica y a un proceso automatizado, se irá nombrando diseños que nos ayuden a entender este tipo de proceso.

2.1.1 Antecedentes internacionales

El trabajo en cuanto al diseño de máquinas se trata, en contextos internacionales, se encuentra en un nivel bastante avanzado en comparación a los avances dentro de nuestro territorio nacional, desde esa perspectiva nombraremos como guía de trabajo, máquinas diseñadas que se venden en el mercado, máquinas que ya pasaron toda clase de pruebas y están consolidadas para su uso.

Rajadora de leña eléctrica monofásica Ceccato Bull Sple10-Pol10 toneladas multiposición, fabricada por la industria italiana Ceccato O lindo, tiene las siguientes características según la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Características de la máquina rajadora de leña eléctrica monofásica Ceccato

Tipología	Orientable en multiposiciones
Potencia de presión	10 toneladas
Velocidad	Dos velocidades
Tipo de motor	De inducción monofásico
Diámetro máximo de tronco	50 cm
Presión máxima	180 Bar
Potencia nominal	2200 watts
Carrera de pistón	50 cm
Costo en el mercado internacional	1545.60 euros
Costo de arancel	Anexo 3

Fuente: <https://www.agrieuro.es/ficha-tecnica/rajadora-de-lena-electrica>



Figura 2.1 Máquina rajadora de leña eléctrica monofásica Ceccato

Tomada de: <https://www.agrieuro.es/ficha-tecnica/rajadora-de-lena-electrica>

Rajadora de leña eléctrica 7 Toneladas Equus Ls7t-520 2350w, de manufactura uruguaya, para uso doméstico; fácil de transportar, no ocupa mucho espacio, ideal para uso esporádico. Sus características aparecen en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 *Características máquina rajadora de leña eléctrica Equus*

Tipología	Orientación horizontal
Potencia de presión	7 toneladas
Velocidad	Una sola velocidad
Tipo de motor	De inducción monofásico
Diámetro máximo de tronco	30 cm
Peso bruto	54 kg
Potencia nominal	2350 watts
Carrera de pistón	52 cm
Costo en el mercado internacional	681.00 dólares
Costo de arancel	Anexo 3

Fuente: <https://www.surgali.com/es/rajadoras-de-lena/rajadoras-electricas-domesticas>



Figura 2.2 *Máquina rajadora de leña eléctrica Equus*

Tomada de: <https://www.surgali.com/es/rajadoras-de-lena/rajadoras-electricas-domesticas>.

2.1.2 Antecedentes nacionales

CAMPODÓNICO, presenta su tesis «Diseño de una máquina hidráulica astilladora de troncos» y concluye, en una prueba que se realizó, que la fuerza mínima de corte es de 30000 N, utilizando una cuchilla de 30°, a una velocidad de 700mm/min, finalmente quedando el diseño en: para una carrera de 550mm una fuerza máxima de 30000 N con una presión máxima de 100 bar, utilizando un motor eléctrico de 4kw con una velocidad de 1800 rpm, un tanque de 56.78 litros, y dimensiones de 3195x1187.5x1530 mm. A un costo de 15,715 dólares. (14)

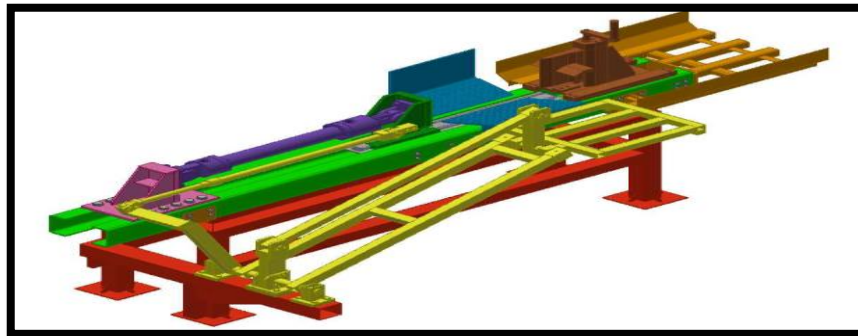


Figura 2.3 Máquina hidráulica astilladora de troncos, por Campodónico

Tomada de: Tesis de Campodónico, C.

Si comparamos precios entre máquinas existentes dentro del mercado y el diseño realizado por Campodónico, hay una diferencia abismal en cuanto al precio del producto final, sin embargo, hay que tener en cuenta que para poder importar máquinas desde el extranjero es necesario pagar aranceles y fletes que en ocasiones duplican y hasta triplican su costo.

2.1.3 Antecedentes locales

Dentro del parque industrial cusqueño, se ha hecho algunos intentos de manufactura de máquinas dirigidas a la producción de leña. En la localidad de Urcos, a unos 70 kilómetros por carretera desde la ciudad de Cusco, se halla un ejemplar fabricado por Walter Atasi. Quien manifiesta haberlo construido a partir de realizar una copia de una máquina existente en el departamento de Madre de Dios, con un costo de 10000 soles, hace cinco años.



Figura 2.4 Máquina leñadora artesanal

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Árbol de eucalipto

El eucalipto pertenece a la familia *Myrtaceae*, esta especie es muy abundante en el mundo entero y es originaria de Australia, se conoce de alrededor de 500 especies de este tipo, su crecimiento es rápido y pueden alcanzar con facilidad una altura de 50 metros, su tronco tiene un grosor de 2.5 metros de diámetro, en ocasiones, debido a las condiciones del medio ambiente en el cual vive, a partir de un tronco se suele dividir en dos y hasta en tres subtroncos, son árboles adecuados a lugares donde hay muy poca agua. (1)

El registro más antiguo documentado de la llegada del eucalipto al Perú data del año 1862, escrito por el periodista Alberto Samaniego, donde nombra al joven Francois Lapierre, natural de Francia, quien trajo las primeras semillas de eucalipto al Perú (2).

En el año 1979, el Estado peruano realiza ensayos de introducción en las ciudades de Cusco, Junín y Ancash, (3), desde entonces el uso del eucalipto en el Perú se ha masificado ampliamente desde utilizarlo con fines medicinales hasta con fines industriales, la comunidad de Yungaqui, que cuenta con una plantación de 70 hectáreas, lo utiliza para generar ingresos económicos producto de la tala y su posterior procesado en vigas, puntales, tablones, estacas y leña.



Figura 2.5 Árboles de eucalipto y troncos listos para ser convertidos en leña

Tomado de: <https://www.google.com/search?q=eucalipto+&tbm=isch&ved>

2.2.2 Particularidades del árbol de eucalipto

Esta planta originaria de Australia ha despertado preocupación en los agricultores peruanos por ser una especie que causa la esterilidad del suelo y por absorber grandes cantidades de agua, ello fue motivo para fomentar la tala de esta especie y cambiar por plantaciones de pino, ceprece, chachacoma y quewiña, especies oriundas del Cusco.

A nivel del Perú, el Cusco es el departamento que tiene mayor cantidad de plantaciones de árboles de eucalipto, producto de un proyecto de siembra que pretendía alcanzar las 2000 y 3000 hectáreas, aunque más tarde fue un fracaso por el tipo de suelo calcáreo, o sea que tenía alto contenido de carbono de calcio, lo cual no era nada propicio para esta especie. (4)

Los investigadores de la escuela de recursos forestales y ciencias ambientales de la universidad Tecnológica de Michigan, han realizado un estudio genómico en 480 plantas de eucalipto, y concluyen que la especie *Mallee azul* posee compuestos que pueden ser empleados para la producción de combustible dirigido a la industria de la aviación. Para los consumidores cusqueños, el eucalipto es una excelente leña, que arde bastante bien aun cuando esta mojada, produce bastante brasa lo cual es esencial para los hornos donde se coce el pan y otros alimentos, su poder calorífico se encuentra entre los 16.74 millones de julios por kilogramo, este valor puede variar un 20 % más o menos, de acuerdo a la especie de la planta. Sus características más importantes para la producción de leña se muestran en la siguiente Tabla 2.3.

Tabla 2.3 Características de un tronco de eucalipto

Longitud del tronco de eucalipto	0.60 m
Diámetro del tronco de eucalipto	0.50 m
Densidad del troco de eucalipto	750 – 850 kg/m ³
Peso del tronco de eucalipto	30 – 100 kg
Dureza en el test de Monnin	3-9 Monnin
Coefficiente de contracción volumétrico	0.73%
Resistencia a la compresión	760 Kg/cm ²
Resistencia a flexión estática	1,420 Kg/cm ²
Módulo de elasticidad	165,000 Kg/cm ²

Fuente: <https://www.tmoloduras-fbermejo.es>

Holgado, en su estudio titulado, «Evaluación de la captura de carbono y respiración foliar del bosque de Intimpata, en la localidad de Abancay» reconoce al

eucalipto como una planta que ayuda a purificar el aire, pero que aporta muy pocos nutrientes al ciclo de vida en la cual está inmerso.

2.2.3 Proceso de obtención de la leña en la actualidad

A continuación, se describe el proceso de obtención de leña dentro de la empresa comunal de Yungaqui.

Proceso de talado. La empresa comunal de Yungaqui utiliza para este proceso una motosierra y con mucho menor frecuencia, un hacha. En ambos casos el proceso es similar: Se realiza un tajo en ángulo al tronco del árbol, ubicándolo muy cerca a la base, donde maniobrar sea muy cómodo y bastante seguro; una vez hecho el tajo, se hace otro corte desde la parte trasera al tajo, con este procedimiento, el árbol tiende a caer. En la Figura 2.6 se muestra una foto del personal después de haber tumbado un árbol.



Figura 2.6 Proceso de talado con motosierra

Fuente: Foto por Luz Cocina Mico

Proceso de desramado. Este proceso se hace con un machete, una vez tumbado el árbol entra un personal exclusivo para realizar esta labor, la tarea consiste en tener que sacar las ramas desde la base hasta la punta, dejando un tronco totalmente limpio y listo para su respectivo traslado, la Figura 2.7 muestra a un personal desramando con una motosierra.



Figura 2.7 Proceso de desramado con una motosierra

Fuente: Foto por Luz Cocina Mico

Proceso de traslado. Si el árbol que se taló está en un lugar de difícil acceso para realizar su respectiva carga, este se debe trasladar hasta una zona donde se permita su fácil acarreo; la comunidad de Yungaqui no cuenta con trochas que permitan un acceso hasta el lugar donde se talan los árboles, es por ello que el traslado se realiza con personal que se forma por grupos de tres y cuatro personas dependiendo del grosor del tronco de eucalipto. En la Figura 2.8 se muestra una fotografía de personal trasladando palos de eucalipto.



Figura 2.8 Proceso de traslado de palos de eucalipto

Fuente: Foto por Luz Cocina Mico

Corte de bolillos. Una vez terminado el proceso de talado, desramado y traslado, viene el proceso de corte de bolillos. esta acción se realiza con una motosierra, la cual consiste en tener que cortar trozos pequeños de 30cm a 50 cm, dependiendo del cálculo cuantitativo del operador de la motosierra, también dependerá de las imperfecciones que podría tener cada palo de eucalipto.



Figura 2.9 Proceso de traslado de palos de eucalipto

Fuente: Foto por Luz Cocina Mico

Proceso de rajado. Realizados los procesos anteriores, finalmente llega el proceso de rajado de leña, en la actualidad esta operación es realizada por cinco personas, cuya labor es coger los troncos, posicionarlos adecuadamente y darles un golpe certero con el hacha para que el tronco también llamado bolillo se parta en dos, luego en cuatro y, finalmente, en seis pedazos, hay bolillos que son muy fáciles de rajar pero existen otros que para rajarlos hay que utilizar dos hachas, cinceles y combos para, de esta forma, conseguir rajarlos. En la Figura 2.10 se exhibe el proceso de rajado de leña.



Figura 2.10 Proceso de rajado de leña de eucalipto con una hacha

Fuente: Foto por Luz Cocina Mico

2.2.4 Herramientas que se utilizan para el proceso de rajado de leña

En la empresa comunal de Yungaqui, las herramientas que se utilizan para este fin son hachas, machetes y, en ocasiones muy raras, motosierras, sin embargo, hay empresas leñadoras en el Perú que ya utilizan maquinas industriales para este proceso, la gran mayoría de estas son máquinas hidráulicas y otros pocos aparatos que ganan fuerza a partir de reducir velocidad para obtener mayor torque, en cualquiera de los casos una máquina siempre suele ser una buena alternativa para obtener una producción masiva.

El hacha como herramienta para hacer leña. Es muy común el uso de esta herramienta a nivel de la región de Cusco y también dentro del territorio nacional e internacional, el hacha consta de un metal con un filo en un extremo y al otro lado opuesto con un agujero que permita alojar un mango de madera (5). Existen tres tamaños normalizados: pequeño, mediano y grande. En la figura 2.11, se observa el uso de un hacha pequeña sostenida con una sola mano, mientras que las grandes siempre requieren de las dos manos para ser utilizadas.

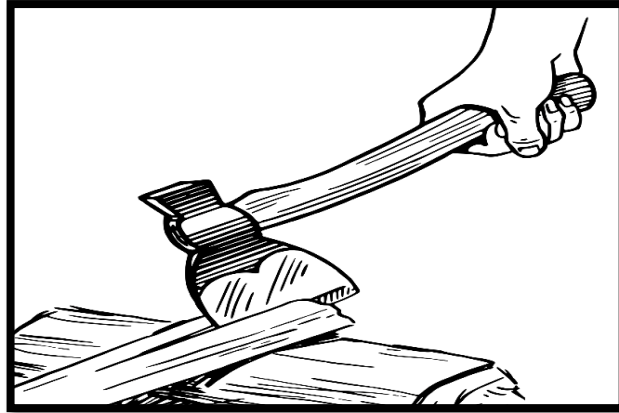


Figura 2.11 Hacha (herramienta para hacer leña)

Fuente: <https://www.google.com/search?q=hacha+dibujo&tbm=isch&ved>

El machete como herramienta para hacer leña. El machete se suele utilizar también para hacer leña, teniendo en cuenta que esta proviene de las ramas que salen del árbol de eucalipto. Con esta herramienta es posible cortar ramas hasta de 7 cm de diámetro. Su uso dentro de la comunidad de Yunguqui es muy común, el machete es una herramienta de corte hecho de un acero especial, tiene un solo filo, un mango de plástico y mide un promedio 60 cm de largo. (6)



Figura 2.12 Leña proveniente de las ramas de un árbol hechos con un machete

Fuente: <https://www.google.com/search?q=machete+le%C3%B1a&client>

La motosierra como herramienta para hacer leña. La motosierra es utilizada muy esporádicamente como herramienta para hacer leña por dos razones: la primera es que esta máquina herramienta tiene un alto grado de peligrosidad en su uso, por lo que tiene que ser usada por personal capacitado, la otra razón de mayor peso es el costo alto que significa su empleo, dado que necesita combustible, y operarios capacitados, por lo tanto, su uso para hacer leña es casi nulo.

Una motosierra consta de un motor de combustión interna de dos tiempos, el movimiento giratorio proveniente de este motor se aprovecha para mover una cadena con dientes afilados alrededor de una placa metálica, esta cadena con dientes afilados, al tener contacto con el tronco de eucalipto va arrancando pedazos pequeños de madera, de esta forma se crea un surco de corte profundo (7). En la Figura 2.13 se observa una motosierra de la marca Kushiro.



Figura 2.13 Motosierra

Fuente: <https://www.google.com/search?q=kushiro&tbm=isch&ved>

Maquinas industriales para hacer leña. Dentro de esta categoría están las máquinas de tornillo, máquinas mecánicas y máquinas hidráulicas, las cuales cumplen funciones de acuerdo al uso y requerimiento de cada necesidad.

- **Máquinas de tornillo para hacer leña.** Fueron las primeras máquinas inventadas por el hombre, su funcionamiento consiste en presionar un tronco pequeño hacia una punta de acero, esta presión se realiza por efecto de ir ajustando un tornillo mediante una palanca o una rueda, la presión puede ser directa con la punta o hacia la punta, una de las ventajas es su diseño simple y que no necesita de otras energías más que de la fuerza humana para su funcionamiento, y su desventaja se encuentra en la reducida cantidad de cortes que solo es una pasada a la vez y no tiene capacidad para partir troncos de dimensiones que permitan obtener cantidades enormes de leña. En la Figura 2.14 se muestra una máquina de tornillo en pleno funcionamiento.



Figura 2.14 Máquina de tornillo para hacer leña

Fuente: <https://www.google.com/search?q=maquina+de+hacer+leña>

- **Máquinas mecánicas para hacer leña.** Estas máquinas utilizan la fuerza proveniente de un motor eléctrico, esta fuerza combinada con la velocidad es entregada a un juego de engranajes para ganar torque y de esta forma tener la capacidad necesaria como para partir un tronco de eucalipto en dos, entre sus ventajas está la de utilizar energía eléctrica y poder trabajar muchas horas de corrido, produciendo grandes cantidades de leña, su desventaja va en relación al tamaño del motor eléctrico que se necesita para partir troncos duros.



Figura 2.15 Máquina mecánica leñadora con motor eléctrico

Fuente: <https://www.google.com/search?q=maquinas+mecanicas>

- **Máquinas hidráulicas para hacer leña.** Este tipo de máquina es la más aceptada y comercializada, consta de un cilindro hidráulico, el cual es accionado mediante un fluido no compresible, que es bombeado a través de unas cañerías por una bomba hidráulica de aceites, esta bomba, a su vez, debe estar conectada mecánicamente a un motor, ya sea eléctrico o a combustión interna; de esta forma se genera movimiento en todo el sistema.

Debido a que la tesis esta direccionada al diseño de una máquina hidráulica rajadora de troncos de eucalipto, se dará más énfasis al estudio de este tipo de máquinas, describiendo sus características, partes, y formas de uso.

Características:

Para explicar mejor las características que tiene una máquina hidráulica, recurriremos a la Tabla 2.4, que presenta un estudio detallado realizado por Campodónico en los laboratorios de la Pontificia Universidad Católica del Perú, donde se hicieron cuatro pruebas con dos diferentes tipos de cuchillas, una con un ángulo de 40° y otra con un ángulo de 30° , como se muestra en la Figura 2.16.

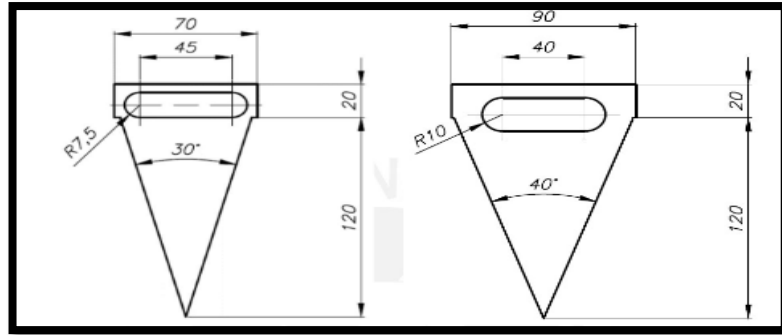


Figura 2.16 Dimensiones de las cuchillas para el experimento
Fuente: Trabajo realizado por Campodónico, C.

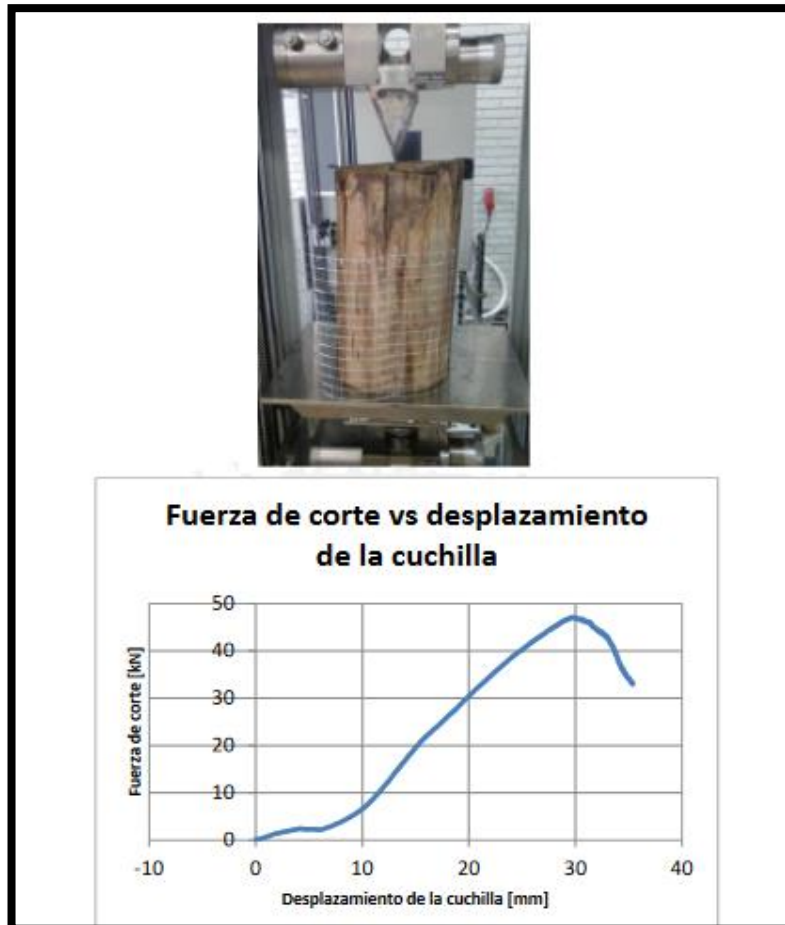


Figura 2.17 Montaje para el ensayo de corte
Fuente: Trabajo realizado por Campodónico, C.

Los ensayos se hicieron con referencia a la velocidad del cilindro hidráulico, mientras que la fuerza crítica se midió en el soporte de la cuchilla, los diámetros de los troncos de eucalipto aparecen en la siguiente tabla, donde se registra los parámetros necesarios.

Tabla 2.4 *Ensayo de corte de una máquina hidráulica rajadora de leña*

Número de ensayos	Ángulo de cuchilla	Diámetro de contacto (cm)	Fuerza crítica (KN)	Distancia fuerza máxima (mm)	Porcentaje longitud (%)	Velocidad (mm/m)
1	40°	29	47.1	29.67	5.9	50
2	40°	23	71.02	20.83	4.2 de	700
3	30°	29	28.16	30.15	6	700
4	30°	21	29.9	26.6	5.8	700

Fuente: Trabajo realizado por Campodónico, C.

Partes:

Una máquina hidráulica para hacer leña estará constituida por tres partes o sistemas, el sistema mecánico que constará del armazón en su conjunto, las partes móviles, partes estacionarias y elementos de corte, el sistema hidráulico y del sistema eléctrico.

Dentro del sistema mecánico tenemos las cuñas, de cuyo diseño dependerá el éxito de la máquina rajadora de leña. Las cuñas de un solo filo hacen un solo corte a la vez que accionan el cilindro hidráulico; también están las cuñas de dos filos, que hacen cuatro cortes en un recorrido y las de tres filos del tipo estrellado, que hacen cortes de seis partes, siendo el último tipo el requerido por la Asociación

comunal de Yungaqui. Para efectos de poder reconocer lo anterior, en la Figura 2.18 se muestran los tres tipos de cuñas que sirven para cortar leña de forma industrial.



Figura 2.18 Cuñas de una, dos y tres filos para rajar leña

Fuente: <https://www.google.com/search?q=cu%C3%B1a+estrellada>

Sistema hidráulico. En la Figura 2.19 se representa un sistema hidráulico típico. Representado con el número 1 está el tanque donde se almacena el líquido hidráulico; con el número 2, el filtro de la succión, conducto por donde subirá el fluido hasta llegar al número 3, que es el conjunto bomba y motor eléctrico. Aquí el fluido hidráulico adquirirá cierta velocidad y por consiguiente generará una presión la cual será transmitida mediante mangueras de alta presión hacia el cilindro donde hay una parte móvil llamada embolo con un vástago y de acuerdo al caudal de la bomba, en un determinado tiempo, se moverá el embolo y el vástago hasta llegar a su límite, luego, mediante un juego de válvulas, esta podrá regresar a su estado inicial.

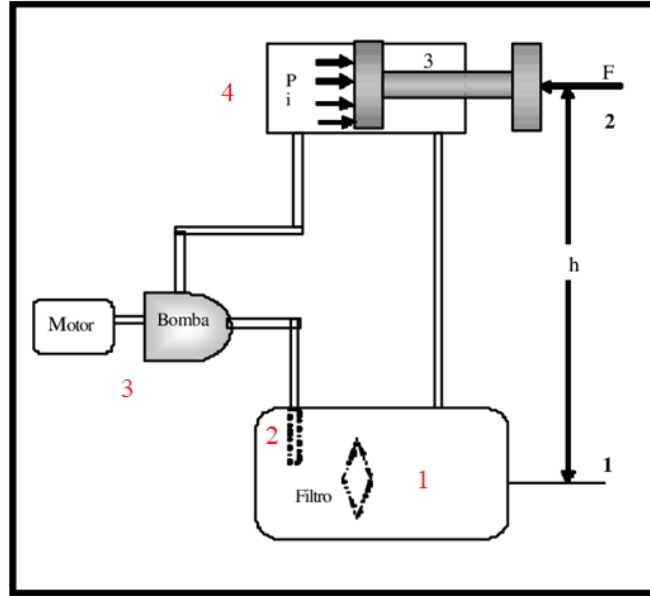


Figura 2.19 Representación del sistema hidráulico

Fuente: <https://www.google.com/search?q=sistema+hidraulico&tbm>

Sistema eléctrico. Compuesto por elementos que permitan seccionar eficazmente la energía eléctrica, elementos que garanticen seguridad y fiabilidad en el trabajo, equipos funcionales y fáciles de manipular como son, las llaves termomagnéticas, guarda motores, motor eléctrico, contactores, pulsadores, luces de señalización y demás. En la Figura 2.20 se muestra el automatismo simple del arranque sencillo de un motor eléctrico, con el uso de una contactora, un pulsador de marcha y un pulsador de parada es posible prender y apagar un motor con un solo toque. Para su protección se cuenta con una llave termomagnética y un relé térmico.

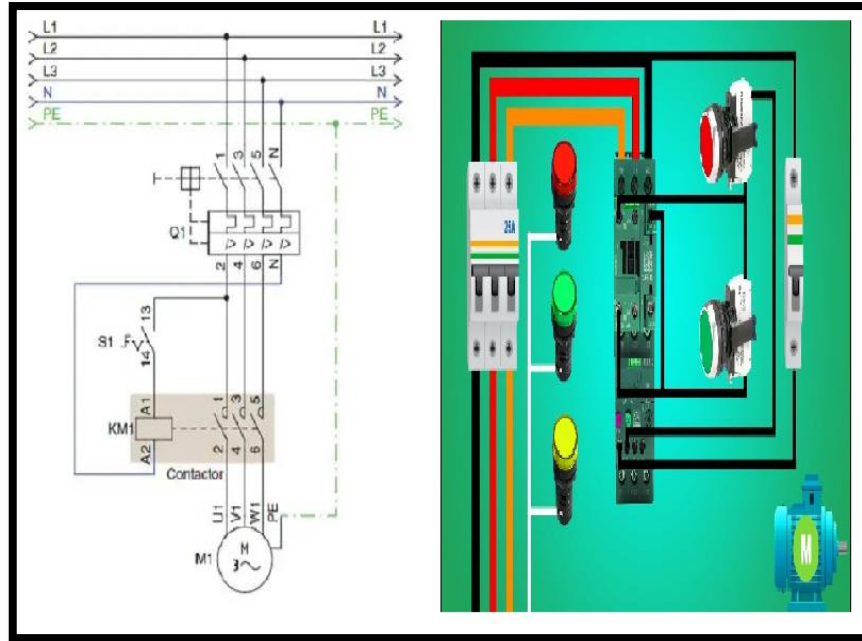


Figura 2.20 Circuito eléctrico automatizado

Fuente: <https://www.google.com/search?q=sistema+electrico+industrial>

2.3 Hidráulica

2.3.1 Concepto de hidráulica

La hidráulica se puede conceptualizar como una rama de la física encargada de estudiar el comportamiento de los fluidos, estos fluidos son empleados como canal transmisor de la energía para generar un movimiento, (8).

Blaise Pascal en el siglo XVII asentó las bases de la hidráulica, dejando como legado una sencilla fórmula, cuyo contenido es *presión = a la fuerza aplicada sobre una determinada área*, esta relación nos permite hoy en día mover cargas muy pesadas con muy poco esfuerzo.

$$P = F/A$$

Donde:

P = Presión en (Pa)

F = Fuerza en (N)

A = Área (m^2)

2.3.2 Actuadores hidráulicos

Dentro del mundo de la hidráulica tenemos tres tipos de actuadores: los cilindros hidráulicos, el motor hidráulico y los motores hidráulicos de oscilación. Nuestro estudio se basa exclusivamente en el cilindro hidráulico de doble efecto, Figura 2.21.



Figura 2.21 Cilindro hidráulico de doble efecto

Fuente: Sicrosa Hidráulica S. L.

Un cilindro hidráulico es aquella máquina encargada de transformar energía hidráulica en energía mecánica, se le llama de doble efecto porque es posible inyectar fluido por dos entradas preestablecidas, consiguiendo de esta forma la salida o encogimiento del vástago, de esta forma se realiza un trabajo.

2.3.3 Controladores hidráulicos

Los controladores hidráulicos, conocidos también como mandos hidráulicos o válvulas direccionales, tienen como función dentro de un circuito hidráulico iniciar y detener un movimiento, su uso dentro de la industria es exclusivamente para el control de actuadores, pudiendo ser controlados de forma manual o con solenoides eléctricos.

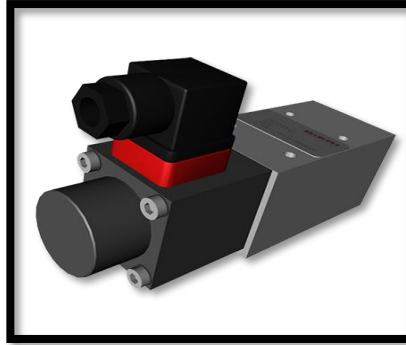


Figura 2.22 Válvula hidráulica eléctrica

Fuente: Sicrosa Hidráulica S. L.

2.3.4 Bomba hidráulica

Una bomba hidráulica es aquella máquina que trabaja con un fluido del tipo líquido en donde se produce energía hidráulica a partir de energía mecánica. (9)

Dentro del diseño se considera una bomba hidráulica de engranajes para aceites, cuya función será la de generar un flujo continuo de aceite, de esta forma, gracias a las leyes que rigen la hidráulica, podremos multiplicar el valor de la presión de salida, el cual será aprovechado para realizar el trabajo de rajado de leña.



Figura 2.23 Bomba de engranajes

Fuente: HidraulicKS S. A. C.

2.3.5 Cálculos relacionados a los cilindros hidráulicos

Fórmula 1 $A = \frac{\pi x D^2}{4}$

Fórmula 2 $Q = A_x v$

Fórmula 3 $F = P_x A$

Fórmula 4 $P_{cr} = \frac{\pi^2 \times E \times I}{L^2}$

Donde:

P_{cr} = Carga crítica (Pa)

A = Área en (m²)

D = Diámetro (m)

Q = Caudal (m³)

V = Velocidad (m/s)

F = Fuerza (N)

P = Presión (Pa)

E = Módulo de elasticidad (N/m²)

I = Momento de inercia (m⁴)

2.4 Automatización eléctrica

La automatización eléctrica es un proceso muy importante dentro de la industria, su uso ha facilitado enormemente el avance tecnológico, ha multiplicado la capacidad de producción de las fábricas y ha hecho que los precios sean cada vez más accesibles. (10)

La máquina rajadora de troncos de eucalipto tendrá un sistema automatizado para su funcionamiento; de esta forma se pretende ganar tiempo, mejorar la producción y ahorrar en horas hombre. Para lograr este propósito, se utilizará componentes eléctricos como las contactoras, pulsadores, finales de carrera y para la protección al motor, se utilizará un relé térmico.

2.4.1 Contactora

Dispositivo que tiene una parte eléctrica y una parte mecánica. Su funcionamiento interno consiste en que cada vez que la corriente pasa por el núcleo de hierro, esta tiende a comportarse como un electroimán y jala un mecanismo móvil, de esta forma cierra o abre un contacto eléctrico de potencia, que permite apagar o prender una carga grande. Las contactoras se deben seleccionar considerando 2 veces su consumo nominal para motores menores a 10 Hp, y 3 veces su consumo nominal si es mayor a 10 Hp, luego se debe tener en cuenta el voltaje de trabajo. Este dato es muy importante, pues las contactoras siempre trabajan en voltajes bajos. Para efectos ilustrativos, en la Figura 2.24 se muestra una contactora *Siemens*.



Figura 2.24 Contactora trifásica más bloque auxiliar

Fuente: <https://www.siemens.com/global/en.html>

2.4.2 Pulsadores

Los pulsadores son elementos importantes cuya función es la de cerrar o abrir un contacto una vez pulsado, se utiliza con mucha frecuencia en procesos de automatización como una interface de comunicación entre hombre y máquina. En la figura 2.25 se observa en la izquierda un pulsador de marcha de color verde; en

el centro, un pulsador de parada color amarillo y en la parte derecha, un pulsador de emergencia.

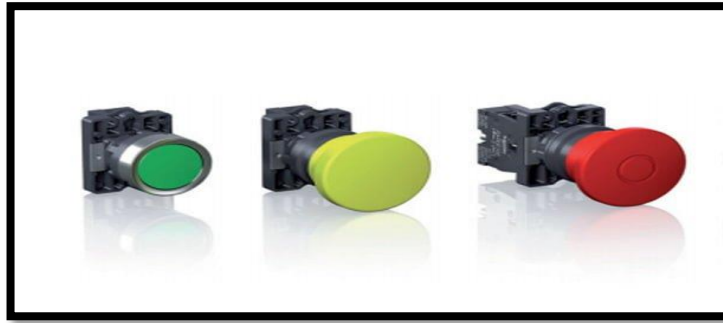


Figura 2.25 Pulsadores industriales

Fuente: <https://www.siemens.com/global/en.html>

2.4.3 Final de carrera

Componente que permite apagar o prender un circuito en el momento en que este es activado mediante un toque mecánico, normalmente va conectado al circuito de mando, donde controla muy baja corriente, ya que su estructura está diseñada para este fin. En la figura 2.26 se muestra un final de carrera de dos contactos; uno normalmente abierto y otro normalmente cerrado.



Figura 2.26 Final de carrera de dos contactos

Fuente: <https://www.siemens.com/global/en.html>

2.4.4 Relé térmico

Un relé térmico es un accesorio electromecánico que consta de elementos bimetálicos que detecta la sobrecarga en la línea que alimenta un motor eléctrico. Al detectar un exceso de amperaje, el bimetal se deforma momentáneamente y activa unos mecanismos que cortan el paso de la corriente, de esta forma se apaga el sistema quedando abierto hasta que sea reseteado de forma manual o con la función automática después de haberse enfriado el elemento bimetal.

Este dispositivo tiene que ser dimensionado de acuerdo al consumo del motor eléctrico al cual se debe proteger, el procedimiento para su elección debe ser de la siguiente manera: fijarse en la placa de datos del motor, ubicar el consumo en amperios correspondiente a la tensión en la cual va trabajar, una vez conocidos los rangos se procede a comprar.



Figura 2.27 Relé térmico de protección

Fuente: <https://www.siemens.com/global/en.html>.

2.4.5 Cálculos relacionados con motores eléctricos

$$H_p (\text{eléctrico}) = (KW \times E \times \cos \varphi) / 0.746$$

$$T = (H_p \times 716) / \text{rpm}$$

$$I = (P) / (\sqrt{3} \times E \times FP \times \cos \varphi)$$

Donde:

Hp = Caballos fuerza (Hp)

KW = Kilo Watt (1000 watts)

E = Tensión o voltaje (V)

$\cos \varphi$ = Rendimiento

T = Par o Torque (N x m)

RPM = Revoluciones por minuto (rpm)

I = Intensidad de corriente (A)

P = Potencia (W)

FP = Factor de potencia (W)

2.5 Componentes metálicos

Dentro del trabajo de diseño de la máquina rajadora de leña está la parte estructural, compuesta de la unión ya sea soldada o empernada de partes metálicas como son tubos y planchas; para este fin, se utilizará un acero que sea muy comercial dentro del mercado cusqueño y también que sea muy accesible en cuanto al precio, pero que garantice óptimamente todos los requerimientos de esfuerzo, flexión y soldabilidad a las que será expuesto.

2.5.1 Acero estructural ASTM A36

Es un acero que se encuentra catalogado en el grado de bajo carbono, esta cualidad lo hace muy elástico y bastante resistente a la tracción, tiene buena soldabilidad y es un material harto conocido en el mundo entero, se emplea en la construcción de puentes y edificaciones con uniones empernadas o soldadas.

Tabla 2.5 *Propiedades mecánicas del acero ASTM A36*

Propiedades acero ASTM A36	(MPa)	PSI
Esfuerzo a la fluencia mínimo	250	36300
Esfuerzo a la tensión	400 - 550	58000 - 79800
Módulo de elasticidad	200000	29000000

Fuente: <http://www.sumiteccr.com/acero/estructural/AE01.pdf>

2.5.2 **Proceso de soldadura SMAW**

Soldadura por arco con electrodo metálico revestido (SMAW). Este es el proceso de soldadura más utilizado y de fácil empleo dentro de la industria, su proceso consiste en la generación de una temperatura alta, producto de un arco eléctrico que se forma entre el electrodo y la masa, en esta alta temperatura el metal se funde y se fusionan dos partes, quedando unidas firmemente. Para la realización de esta soldadura es necesario tener una máquina de soldar eléctrica, como la que se muestra en la Figura 2.28.



Figura 2.28 **Máquina de soldar eléctrica**

Fuente: Goplus MR soldador

Acerca de los símbolos utilizados en uniones soldadas, la soldadura se simboliza con una línea referencial unida a otra línea de fecha, que indica el cordón

de soldadura. Es recomendable que esta línea tenga que ser dibujada en paralelo al lado inferior del dibujo de forma horizontal.

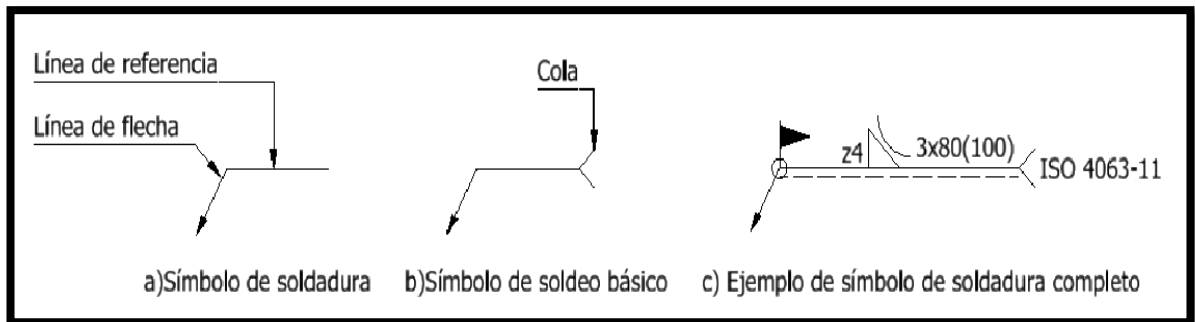


Figura 2.29 Estados de la simbología de la soldadura

Fuente: UNE-EN ISO 2553:2014

2.5.3 Electrodo para proceso de soldadura

También conocidos como consumibles, sirven como metal de aporte y como generador del arco eléctrico, tienen un revestimiento que está formado por varios tipos de minerales cuya función es de proteger la unión de los efectos nocivos del medio ambiente, para cada material hay un electrodo específico con características especiales para encajar en la unión de forma correcta.

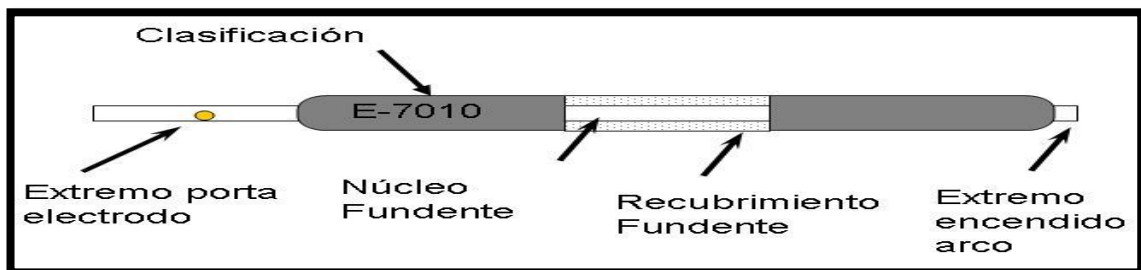


Figura 2.30 Partes de un electrodo

Fuente: Esab Soldesa.

Tabla 2.6 Clasificación de electrodos

Clasificación AWS	Tipo de revestimiento	Corriente y polaridad	Posición a soldar
E – 6010	Celulósico sódico	CC. EP	P.V.SC.H
E – 6011	Celulósico potásico	CA. CC. EP	P.V.SC.H
E – 6012	Rutílico sódico	CA. CC. EN	P.V.SC.H
E – 6013	Rutílico potásico	CA. CC. AP	P.V.SC.H
E – 7014	Rutílico H. P.	CA. CC. AP	P.V.SC.H
E – 7015	Rutílico sódico B. H.	CC. EP	P.V.SC.H
E – 7016	Rutílico potásico B. H	CA. CC. EP	P.V.SC.H
E – 7018	Rutílico potásico B. H. H. P	CA. CC. EP	P.V.SC.H
E – 6020	Óxido de hierro	CA. CC. AP	P.H. filete
E – 7024	Rutílico H. P	CA.CC. AP	P.H. filete
E – 7027	Óxido de hierro H. P	CA.CC. AP	P.H. filete
Nomenclatura	CC corriente continua	EP electrodo positivo	P plana
HP hierro en polvo	CA corriente alterna	EN electrodo negativo	V vertical
BH bajo hidrogeno	AP ambas polaridades	SC sobre cabeza	H horizontal

Fuente: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal>

2.5.4 Cálculo del esfuerzo para soldaduras sometidas a fuerzas de tracción

Para una soldadura que está sometida a tracción es necesario hacer un cálculo para saber cuál es el valor del esfuerzo que podrá soportar dicha soldadura, para ello podemos utilizar la siguiente fórmula:

$$\sigma_{adm} = \frac{F}{S \times L}$$

Donde:

- σ_{adm} = Esfuerzo admisible (Pa)
- F = fuerza de tracción (N)
- S = Espesor de la plancha (m)
- L = Longitud de la soldadura (m)

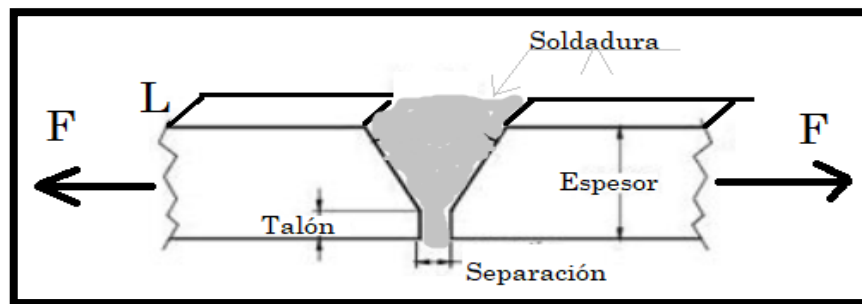


Figura 2.31 D. C. L. Para soldadura sometida a fuerzas de tracción

2.5.5 Cálculo del esfuerzo para soldaduras sometidas a fuerzas de corte

Para que el diseño de una pieza soldada tenga garantía, es necesario hacer los cálculos correctos, es por ello que un material metálico sometido a una fuerza cortante y su cálculo obedece a la siguiente fórmula:

$$\tau_{adm} = \frac{\tau}{S \times L}$$

- τ_{adm} = Esfuerzo cortante admisible (Pa)
- τ = Fuerza cortante (N)
- S = Espesor (m)
- L = Longitud (m)

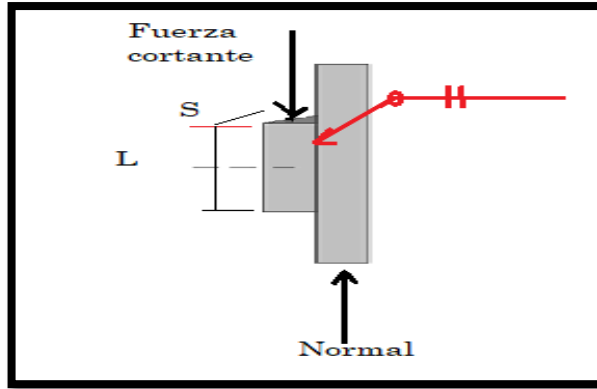


Figura 2.32 D. C. L. Para soldaduras sometidas a fuerzas de corte

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Tipo y nivel de la investigación

La presente tesis esta ceñida al tipo tecnológico de investigación, nos basamos en el conocimiento científico para darle solución a una necesidad que aqueja a una o a un grupo de personas, la finalidad de una investigación tecnológica es la de solucionar problemas que aquejan a la sociedad, tal vez inventando o mejorando un diseño existente. (11)

Dentro de la elaboración de la tesis existen variables del tipo dependiente, aquellas que dependen de otros factores, e independientes, aquellas que no dependen de ningún factor externo ni interno. Dentro del estudio se manipularon estas variables, se realizó una observación minuciosa y se apuntaron las ocurrencias, por lo tanto, el nivel de la tesis es experimental, caracterizándose siempre por ser aquella investigación con una orientación científica. (12)

Una investigación experimental es aquella que busca solucionar un problema utilizando el método científico para determinar causas y efectos de un fenómeno, sin embargo, sus resultados son cuantitativos y no cualitativos, se pueden medir con apoyo de la estadística.

3.2 Alcance

Este estudio tiene como meta, realizar el diseño de una máquina hidráulica rajadora de troncos de eucalipto, realizar los cálculos correspondientes, entregar planos de conjunto y despiece, con los cuales se podrá ejecutar la manufactura de la máquina y su puesta en funcionamiento.

3.3 Limitaciones

- Tamaño de tronco no menor a 10 cm ni mayor a 50 cm de diámetro, longitud máxima 60 cm.
- Repuestos existentes dentro del mercado cusqueño.

3.4 Metodología del diseño

Para dar solución al problema que se plantea se utilizó una metodología ampliamente conocida y utilizada en gran parte del mundo, la metodología recomendada por la asociación alemana de ingenieros, la VDI 2221, un método de diseño mecánico bastante usual y muy sencillo en su estructura, versátil y explicativo, el cual utiliza procedimientos que parten de comprender las necesidades, el proceso de solución y el proceso de fabricación; en el Anexo 1, de la tesis se incluye información adicional acerca de su estructura y fundamentos científicos.

La metodología VDI 2221 apunta a la búsqueda de soluciones con una sola finalidad, la cual es obtener información precisa, válida para que permita desarrollar un diseño que cumpla con las expectativas y que sea eficaz y muy funcional. (13)

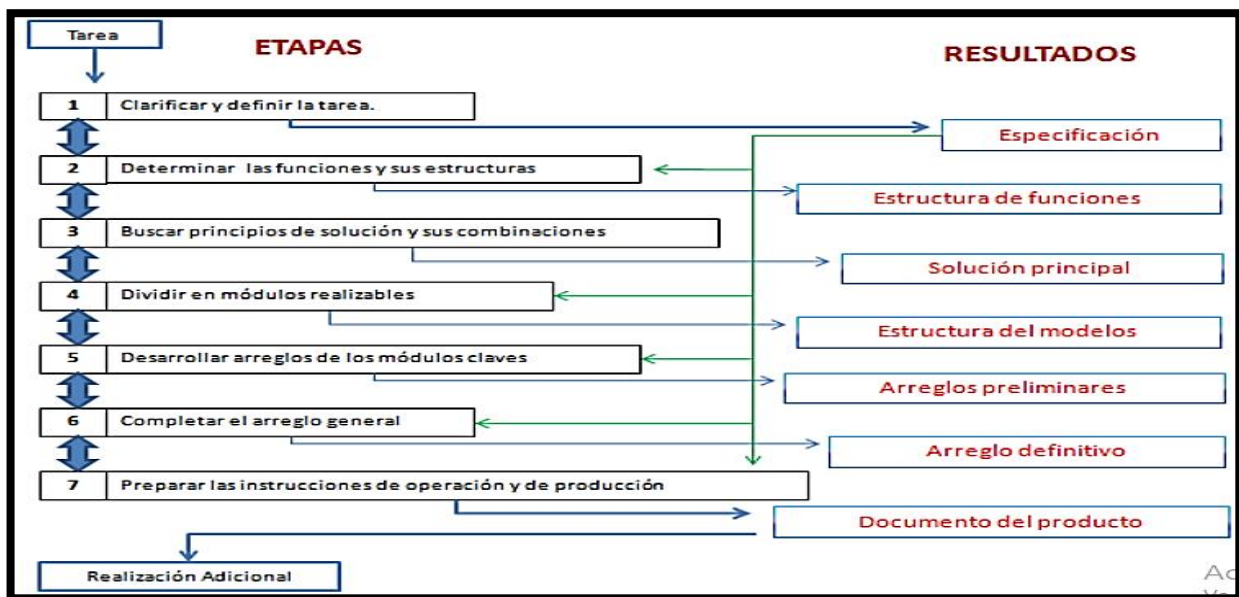


Figura 3.1 Metodología de diseño VDI 2221

3.2.1 Realizar una lista de exigencias detallada

Se debe realizar una lista de exigencias acorde a las necesidades, pedidos y normatividades existentes, dentro de esta lista deben estar enumerados aquellos encargos del cliente y aquellos elementos con los cuales se cuenta para el buen funcionamiento de la máquina.

3.2.2 Estado de la tecnología de la empresa comunal de Yungaqui

Es necesario conocer en su total dimensión en qué condiciones tecnológicas se encuentra la empresa comunal de Yungaqui, para implementar adecuadamente la solución, utilizando elementos compatibles con el entendimiento del o de los operadores de la máquina rajadora de leña.

3.2.3 Realizar una estructura de funciones

Idealizar una máquina solo pensando en cuál va ser su función primaria y cómo debería de terminar: entra un tronco de eucalipto y debería salir dividido en 6 pedazos separados, a este proceso lo llamaremos «la elaboración de una caja negra». Una vez que ya se tenga la idea madurada, entonces se procederá a «realizar una caja gris».

3.2.4 Establecer un concepto de solución óptimo

Con la idea clara del funcionamiento de la máquina, corresponde en esta etapa ir buscando alternativas de solución, tres alternativas como mínimo para cada etapa que conformará la máquina rajadora de troncos de eucalipto. En esta etapa haremos comparaciones de calidad, precio, facilidad de instalación, facilidad en el reemplazo y muchos otros análisis más, que nos lleven a definir cuál de las alternativas de solución cumple con nuestras necesidades.

3.2.5 Dimensionar la máquina rajadora de troncos de eucalipto

En esta etapa del diseño, se realizan los cálculos correspondientes para cada componente de la máquina, hay partes de la máquina que deben ser diseñadas y

posteriormente fabricadas, como también hay partes que se encuentran ya fabricadas.

3.2.6 Diseño paramétrico de los componentes

De existir componentes que no haya en el mercado será necesario su diseño y próxima fabricación, según las exigencias del cliente; este proceso se debe hacer dentro de un taller ubicado en la ciudad de Cusco, con planos y procesos detallados.

3.2.7 Seleccionar componentes hidráulicos y eléctricos para la máquina

Con las partes mecánicas ya listas, debemos seleccionar los componentes hidráulicos que nos permitan llegar a las presiones adecuadas, así como seleccionar componentes eléctricos que permitan realizar la automatización deseada.

3.2.8 Elaboración de planos

Se entrega planos mecánicos, un plano de detalle, plano de despiece y plano de conjunto, según formato ISO.

3.2.9 Comprobación con software

El uso de un software cada vez es de mucha importancia. En la realización del diseño el software elegido permite encontrar errores en el proceso de los diferentes cálculos realizados, como también a observar la secuencia de la automatización realizada, de esta forma se revisa y valida lo avanzado.

3.2.10 Análisis económico

En esta etapa se hace un análisis exhaustivo y detallado con cotizaciones reales que demuestren claramente cuál es el costo que tendría la máquina rajadora de troncos de eucalipto.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

En este capítulo analizamos detalladamente la metodología de diseño escogida, la VDI 2221, que nos ayudó a encontrar la solución óptima.

4.1 Planteamiento

4.1.1 Lista de exigencias

La realización de una lista de exigencias es muy importante, permite conocer detalladamente necesidades descritas dentro del problema y necesidades provenientes del cliente, divididos en dos partidas: las exigencias y los deseos. Las exigencias serán entendidas como órdenes que deben ser ejecutadas y los deseos también son ejecutables, pero en la medida en la que se va dando forma al proyecto final.

Esta lista tendrá las siguientes características:

- Función principal
- Función
- Geometría
- Energía motriz
- Material
- Productividad
- Seguridad
- Señales
- Ergonomía
- Uso, fabricación, geometría, transporte, montaje, mantenimiento y costo.

Tabla 4.1 Lista detallada de exigencias

Lista de exigencias		Universidad Continental	Página: 1 de 2
			Edición
Diseño de una máquina hidráulica rajadora de troncos de eucalipto para la comunidad de Yunguqui – Cusco 2022			
Cliente: Comunidad de Yunguqui			
Facultad de Ingeniería Mecánica		Área: Diseño mecánico	Autor: Edgar Santacruz A.
Características	Deseo Exigencia	Descripción	Responsable
Función principal	E	Rajar troncos de eucalipto	Edgar Santacruz A.
Función	E	Automatizada	Edgar Santacruz A.
Geometría	E	Su diseño debe ser compacto y funcional	Edgar Santacruz A.
Energía motriz	E	Energía hidráulica	Edgar Santacruz A.
Material	E	Troncos de eucalipto no mayores a 60 cm	Edgar Santacruz A.
Productividad	D	Reducir la cantidad de mano de obra en proporción de 4 a 1	Edgar Santacruz A.
Seguridad	E	En la producción y mantenimiento	Edgar Santacruz A.
Señales	D	Considerar avisos visuales	Edgar Santacruz A.
Ergonomía	D	Medidas congruentes con el tamaño del operador y agarraderas para su manipulación.	Edgar Santacruz A.
Uso		Donde exista agentes corrosivos como el agua, la gasolina y las inclemencias de la naturaleza	Edgar Santacruz A.

Lista de exigencias		Universidad Continental	Página: 2 de 2
			Edición
Diseño de una máquina hidráulica rajadora de troncos de eucalipto para la comunidad de Yungaqui – Cusco 2022			
Cliente: Comunidad de Yungaqui			
Facultad de Ingeniería Mecánica		Área: diseño Mecánico	Autor: Edgar Santacruz A.
Características	Deseo Exigencia	Descripción	Responsable
Fabricación	E	Dentro de la ciudad de Cusco	Edgar Santacruz A.
Geometría	E	A	Edgar Santacruz A.
Geometría	E	Su diseño debe ser compacto y funcional	Edgar Santacruz A.
Transporte	E	En una sola pieza	Edgar Santacruz A.
Montaje	E	Versátil y muy sencillo	Edgar Santacruz A.
Mantenimiento	D	Pernos de una sola medida y elementos comerciales	Edgar Santacruz A.
Costo	E	Accesible	Edgar Santacruz A.

4.2 Estado de la tecnología

4.2.1 Estado de la tecnología de la empresa comunal Yungaqui

Saber el estado de la tecnología en que se encuentra la empresa comunal de Yungaqui ayudará a encontrar mejores y más cómodas alternativas de solución; de igual forma, entender al personal a quien va dirigida la máquina será crucial para agregar o quitar componentes.

La empresa comunal de Yungaqui, en su labor diaria de la producción de leña, solo conoce la motosierra como máquina industrial y como máquinas simples las hachas, palancas y poleas.

La empresa comunal, como persona jurídica, cuenta con una instalación eléctrica trifásica de 380v, dispone de un área techada de 8 metros de largo x 4 metros de ancho, su contabilidad es completamente manual.

4.3 Estructura de funciones

4.3.1 Caja negra

Elemento que nos permite conocer resultados que quisiéramos obtener, sin la necesidad de explicar detalles.

A continuación, representaremos una caja negra en la cual se detalla las entradas y salidas, para ir comprendiendo la función de nuestra máquina.

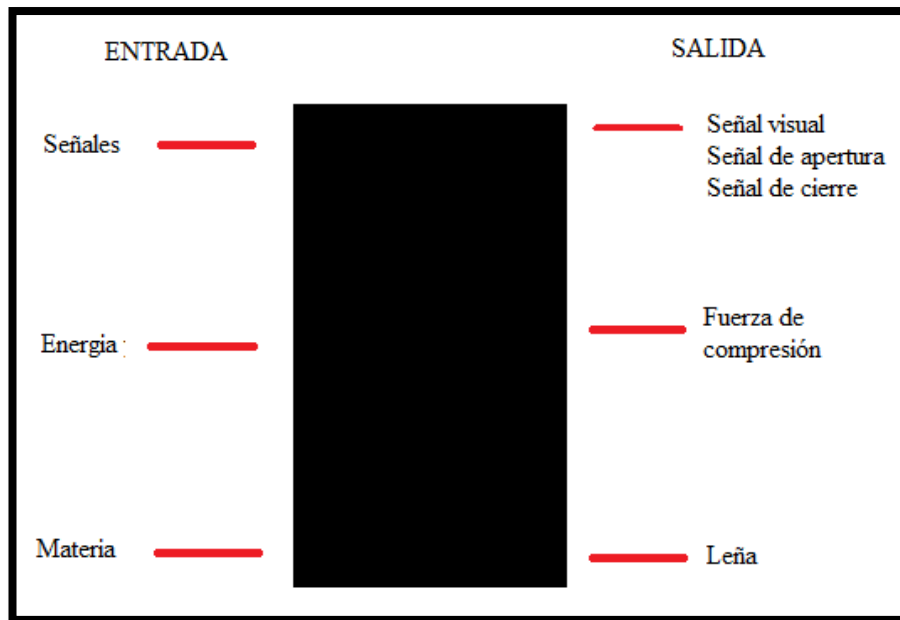


Figura 4.1 Caja negra

ENTRADA:

Señales: Entra una señal de marcha y se activa una contactora que da paso de electricidad para que el motor eléctrico funcione y de esta forma entra también la bomba hidráulica, generando movimiento del fluido hidráulico.

Energía El movimiento de fluido hidráulico, genera energía, por lo tanto, tenemos entrada de energía.

Materia Se alimentan los troncos de eucalipto en medidas que pueden variar de 10 cm a un máximo de 60 cm.

SALIDA:

Señales: Una vez recibida la señal de marcha se prende una luz piloto avisando, de esta forma, que el proceso dio inicio, al mismo tiempo esta señal activa la contactora, que deja pasar la corriente eléctrica para que el motor funcione, y si se da la señal de apertura, inmediatamente se abre el contactor y corta la entrada de energía eléctrica.

Fuerza: Ya generada la energía hidráulica, es trasladada a un cilindro, donde se aprovecha esta fuerza.

Leña: Con la energía hidráulica en el sistema, podemos dirigir la presión en el objetivo, en este caso en el tronco de eucalipto. Una vez ejercida la presión el tronco se partirá en 6 pedazos, convirtiéndose en leña.

4.3.2 Caja gris

Dentro de la caja gris se detallará la secuencia de trabajo de la máquina hidráulica rajadora de troncos de eucalipto, diseñada para la empresa comunal de Yungaqui.

A diferencia de la caja negra, la caja gris muestra detalles del proceso, secuencias con las cuales se debe culminar el proceso de elaboración de la leña, desde que entra la materia prima en forma de un tronco con medidas de 10 o 60 cm hasta que es partida en 6 pedazos, convirtiéndose finalmente en el producto que deseamos obtener.

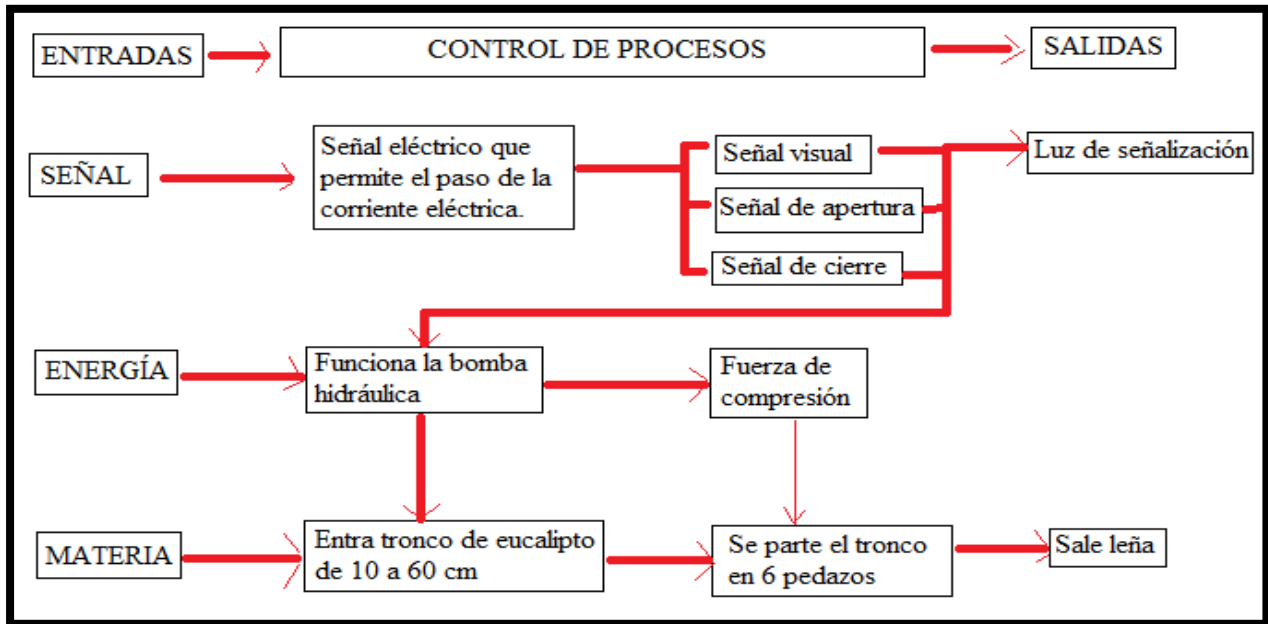


Figura 4.2 Representación de una caja gris

4.4 Matriz morfológica.

Cuadro que nos permite comparar alternativas de solución, combinando ideas creativas. Esta matriz fue creada por el astrofísico **Fritz Zwicky** alrededor de los años 40.

Dentro de la matriz morfológica, se diseñan varios cuadros en donde primeramente se propone una parte de la máquina, a la cual se le da tres alternativas de solución como mínimo y de acuerdo a la cantidad de partes con las cuales cuenta la máquina será la cantidad de cuadros en la columna







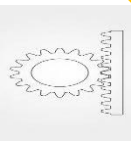











Diseño de una máquina hidráulica rajadora de troncos de eucalipto para la comunidad de Yungaqui – Cusco 2022			
Funciones	Solución 1	Solución 2	Solución 3
Alimentación	 Mecanizado	 Automático	 Manual
Señal de marcha	 Pulsadores	 Pulsador y selector	 Pulsador y joystick
Movimiento para la mesa	 piñon cremallera	 Cilindro hidráulico	 Espárrago roscado
Tipo de mesa	 Mesa plana	 Mesa con rodillos	
Posición de la máquina	 Vertical	 Horizontal	
Sistema de rajado	 Hidráulico simple	 Hidráulico doble piston	
Sistema de seguridad	 Pulsador de emergencia	 Sensores fotoeléctricos	 Sistema móvil con barras

Figura 4.3 Matriz morfológica

4.5 Diseños preliminares

4.5.1 Descripción de la solución 1

Se posiciona el tronco de eucalipto en la máquina hidráulica rajadora de troncos, mediante un sistema mecanizado en posición horizontal; si el tronco tiene un diámetro bastante grande o es muy pequeño, entonces se ajusta la altura de la mesa mediante un sistema de cremalleras, con lo cual se posiciona al tronco en el centro de la fuerza aplicada, luego se presiona el botón verde de marcha, de esta manera entra la energía en el motor eléctrico y por consiguiente funciona la bomba hidráulica, que hace que el fluido se mueva y haya presión en el cilindro; el vástago empieza con un recorrido lento, pero con bastante fuerza en dos direcciones, de esta forma el tronco es presionado con una punta de seis filos por un extremo, hasta lograr partir el tronco en seis partes. Luego se pulsa un botón de color rojo, el cual retrae el pistón y pone la máquina en posición de inicio, esperando de esta forma que se cargue nuevamente otro tronco. Para la seguridad se considera dos barras conectadas a dos *swichs* que detectan la presencia de objetos extraños, si estos están activos, entonces la máquina no funciona.

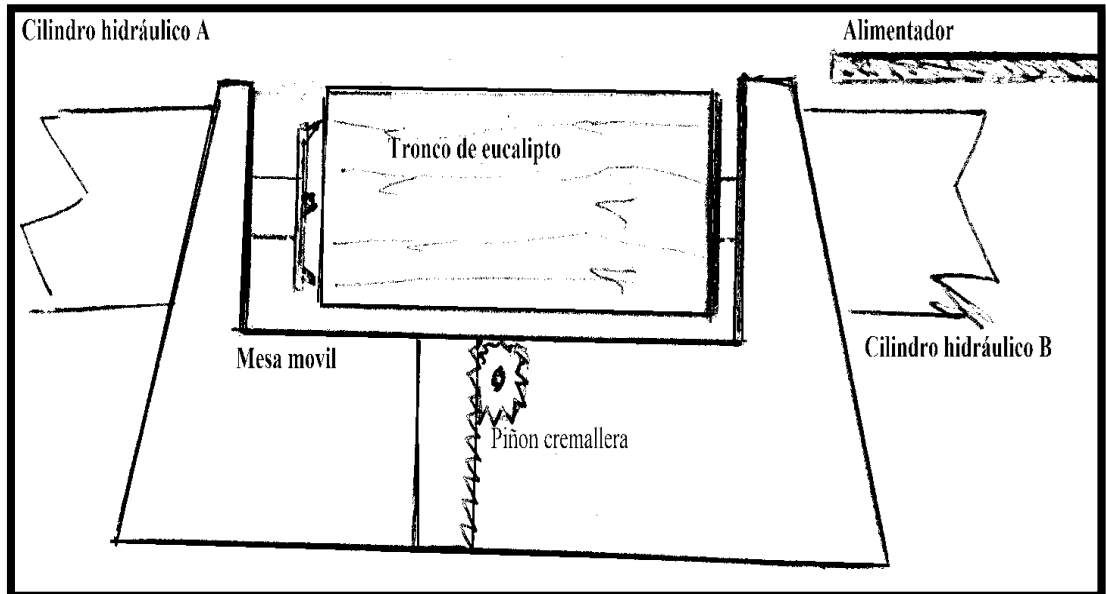


Figura 4.4 Croquis a mano alzada de la solución 1

4.5.2 Descripción de la solución 2

Entran los troncos de eucalipto de forma automática, alimentados por una máquina; el operador debe pulsar un botón de marcha, el cual habilita al motor eléctrico y este, a su vez, acciona la bomba hidráulica, mediante otro botón verde, el operador busca posicionar el tronco de acuerdo a su diámetro. Este sistema funciona con un tornillo y su tuerca, tanto la máquina rajadora como el tronco deben estar en posición vertical, un pistón ejerce la presión provista de una punta de seis filos hasta lograr partirlo en pedazos. Para su seguridad se implementa sensores fotoeléctricos que funcionan emitiendo y recepcionando cierto tipo de luz.

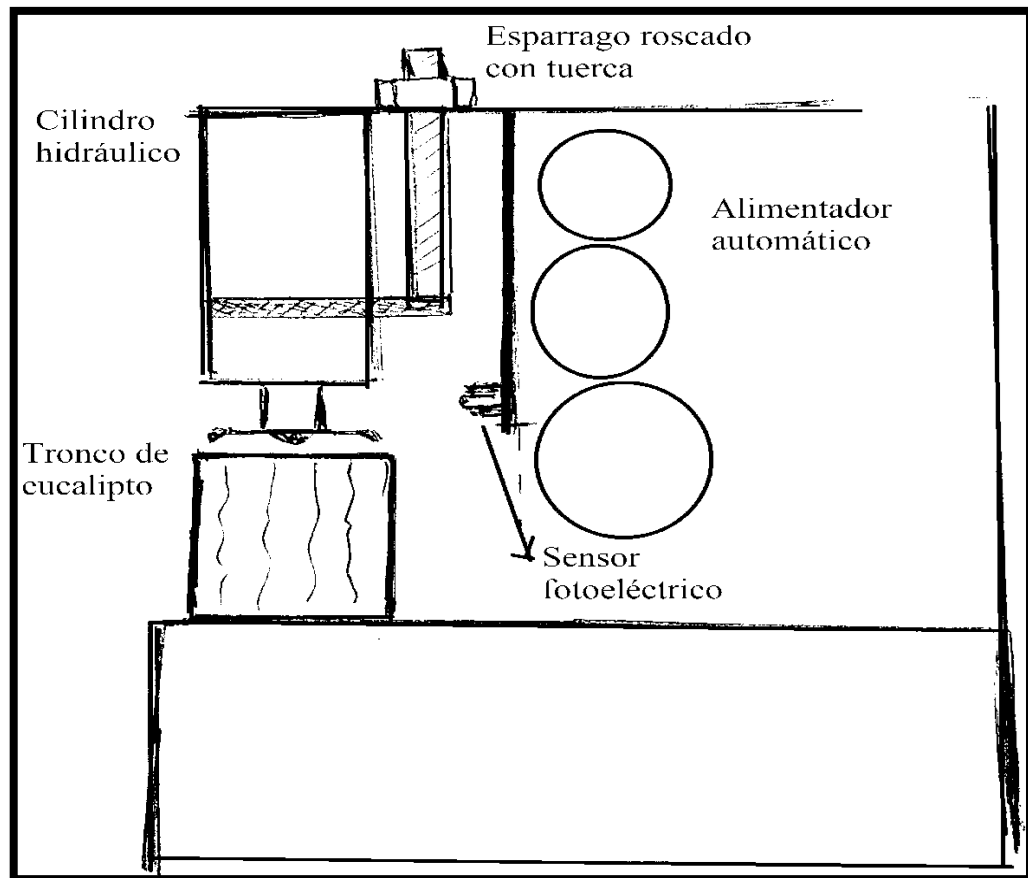


Figura 4.5 Croquis a mano alzada de la solución 2

4.5.3 Descripción de la solución 3

Entra la materia prima de forma manual, el tronco de eucalipto se posiciona en la mesa de la máquina; se pulsa un botón de marcha para dar inicio al proceso, funciona el motor eléctrico y de forma inmediata entra la bomba hidráulica, generando flujo del líquido hidráulico. Una vez encendido el sistema hidráulico mediante un *by pass* manual con palancas *joystick*, que permiten el paso del hidráulico en varias direcciones según se desee, se puede posicionar la mesa de acuerdo a la altura del tronco, mediante un cilindro hidráulico exclusivo para mover la mesa. Una vez en su lugar el material, se procede a ejercer presión en el tronco mediante un segundo cilindro hidráulico, hasta lograr que se parta en seis pedazos; de ocurrir algún percance en el proceso de rajado, se considera un pulsador de emergencia tipo hongo, el cual da el paro a la máquina en la posición donde se encuentre.

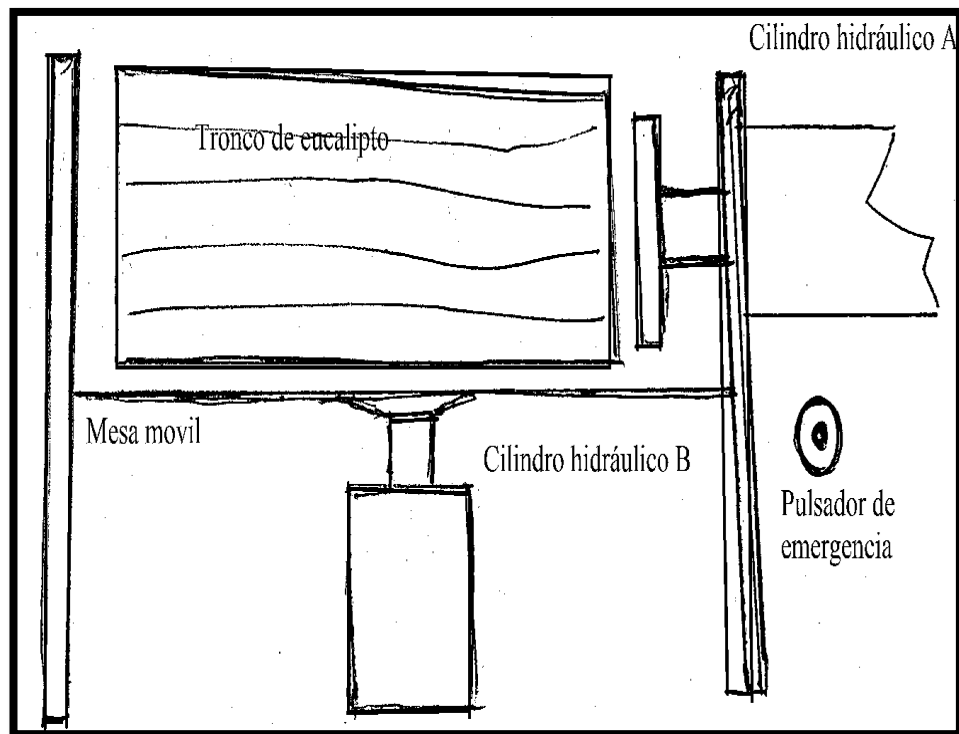


Figura 4.6 Croquis a mano alzada de la solución 3

4.5.4 Análisis de sensibilidad

Variable dependiente

Variable independiente

X

$Y = F(x)$

Y

Variable dependiente: Una variable dependiente es aquella que cambia su estado, su valor, su forma de acuerdo a las circunstancias del medio a las cuales se le somete. La rapidez de la producción dependerá de las características del tronco de eucalipto, la fuerza del cilindro hidráulico dependerá del resultado del cálculo de la fuerza, en el área de contacto en la cuchilla dependerá del grosor del tronco que va a ingresar a la máquina.

- Rapidez en la producción
- Fuerza del cilindro hidráulico
- Área de contacto en la cuchilla

Variable independiente: Las variables independientes son aquellas que no dependen de nada ni nadie, el tronco de eucalipto ya se forma con sus propias características dentro de la naturaleza y de acuerdo a estas características debemos calcular la fuerza necesaria para partirlo, la presión depende directamente de la bomba hidráulica y el área del cilindro es única; de la misma forma, el grosor del tronco de eucalipto es el que entra a la máquina y no hay forma de variarlo.

- Tronco de eucalipto
- Presión x área del cilindro
- Grosor del tronco de eucalipto

4.5.5 Evaluación técnico-económica

Evaluación técnica

Para evaluar desde el punto de vista técnico las alternativas de solución encontradas, tomaremos como base catorce criterios, los cuales nombramos a continuación.

Tabla 4.2 *Criterios de evaluación técnica*

Función	La facilidad con la cual se podría hacer el proceso de rajar leña.
Geometría	La forma final que adoptará el diseño completo de la máquina.
Cinemática	Simpleza, finura y baja fricción en sus movimientos.
Fuerza	La potencia necesaria para realizar un determinado trabajo.
Energía	El tipo de red eléctrica que se va utilizar (monofásica o trifásica), la energía motriz que la va a mover (hidráulica).
Materia	Se debe tener en cuenta el material con el cual se va trabajar, en este caso el tronco de eucalipto, que en ocasiones podría estar muy seco y con deformidades en su estructura interior.
Tecnología	Automatizada, su operación dependerá solo de una persona.
Seguridad	Brindar elementos de seguridad.
Ergonomía	Comodidad para el operador en los controles, en la carga y descarga.
Fabricación	Con elementos que sean fáciles de conseguir en el mercado cusqueño.
Montaje	Montaje y desmontaje por personal medianamente capacitado.
Transporte	Máximo en cinco piezas.
Uso	Se usará en ambientes de mucho polvo, humedad y estará expuesto a golpes.
Mantenimiento	Cada semana, limpieza; al mes, engrase y cada año, cambio del aceite hidráulico.

Tabla 4.3 Evaluación técnica

n.º	Criterio de evaluación	Proyecto: Diseño de una máquina hidráulica rajadora de troncos de eucalipto para la comunidad de Yunguqui – Cusco 2022								
		Solución 1			Solución 2		Solución 3		Solución ideal	
		G	P	GP	P	GP	P	GP	P	GP
1	Función	3	3	9	3	9	4	12	4	12
2	Geometría	1	2	2	2	2	3	3	4	4
3	Cinemática	3	2	6	3	9	3	9	4	12
4	Fuerza	3	3	9	2	6	4	12	4	12
5	Energía	3	3	9	2	6	4	12	4	12
6	Materia	2	3	6	3	6	3	6	4	8
7	Tecnología	3	2	6	3	9	4	12	4	12
8	Seguridad	3	3	9	2	6	3	9	4	12
9	Ergonomía	2	2	4	2	4	3	6	4	8
10	Fabricación	3	2	6	2	6	3	9	4	12
11	Montaje	2	3	6	2	4	3	6	4	8
12	Transporte	2	3	6	2	4	3	6	4	8
13	Uso	3	3	9	3	9	3	9	4	12
14	Mantenimiento	3	3	9	3	9	3	9	4	12
	TOTAL			96		99		123		144
<p>Para el criterio P: 4 = ideal; 3 = cumple muy bien; 2 = cumple bien; 0 = no cumple Para el criterio G: 3 = muy importante; 2 = importante; 1 = poco importante</p>										

Evaluación económica

Para la evaluación económica, consideramos cinco criterios ligados directamente a gastos que han de realizarse en la manufactura de la máquina hidráulica rajadora de troncos de eucalipto.

Este proceso de evaluar las características técnicas como económicas ayuda a encontrar la solución más funcional a un precio justo.

Tabla 4.4 *Criterios de la evaluación económica. Conceptos*

Costo de material	Considerar adecuadamente costos y cantidades, marcas y tiempo de vida útil.
Costo de fabricación	Acorde con las posibilidades del cliente.
Costo de mano de obra	Fabricar componentes precisos, confiables y duraderos, hacer instalaciones seguras y funcionales (contratar a los mejores).
Costo de montaje	El montaje debe realizarse por personal medianamente capacitado, bajo costo de montaje.
Costo de mantenimiento	Mantenimiento preventivo semanal y correctivo cada seis meses (costo medio).

Tabla 4.5 Evaluación económica

n.º	Criterio de evaluación	Proyecto									
		Solución 1		Solución 2		Solución 3		Solución ideal			
		G	P	GP	P	GP	P	GP	P	GP	
1	Costo de material	4	3	12	3	12	4	16	4	16	
2	Costo de fabricación	4	3	12	3	12	4	16	4	16	
3	Costo de mano de obra	3	3	9	2	6	4	12	4	12	
4	Costo de montaje	3	3	9	3	9	2	6	4	12	
5	Costo de mantenimiento	3	3	9	2	6	3	9	4	12	
	Total			53		45		59		68	
<p>Para el criterio P: 4 = ideal; 3 = cumple muy bien; 2 = cumple bien; 0 = no cumple Para el criterio G: 3 = muy importante; 2 = importante; 1 = poco importante</p>											

Entonces, ya con los resultados de haber evaluado tanto la parte técnica como la parte económica del diseño, realizamos una operación matemática para saber el porcentaje de aceptación que tiene cada solución planteada con respecto a la solución ideal planteada, ubicamos en el eje X de las abscisas los valores que resultaron de la evaluación técnica, y en el eje Y de las ordenadas, los valores de la evaluación económica, por lo que tenemos un X1, X2, X3 y un Y1, Y2, Y3.

Este valor porcentual obtenido, lo llevamos a un plano cartesiano donde se trazará una línea diagonal que nos ayuda a diferenciar cual solución está más cerca y de allí podemos saber cuál de las tres soluciones es la más óptima.

Tabla 4.6 *Valores relativos de la evaluación técnico-económica*

Descripción	Eje x = (evaluación técnica)	Eje y = (evaluación económica)
Solución 1	$x_1 = 0.66$	$y_1 = 0.78$
Solución 2	$x_2 = 0.69$	$y_2 = 0.66$
Solución 3	$x_3 = 0.85$	$y_3 = 0.87$

Dibujamos un plano cartesiano y ubicamos los resultados de acuerdo a su valor numérico, para ello utilizamos el programa Excel de Microsoft.

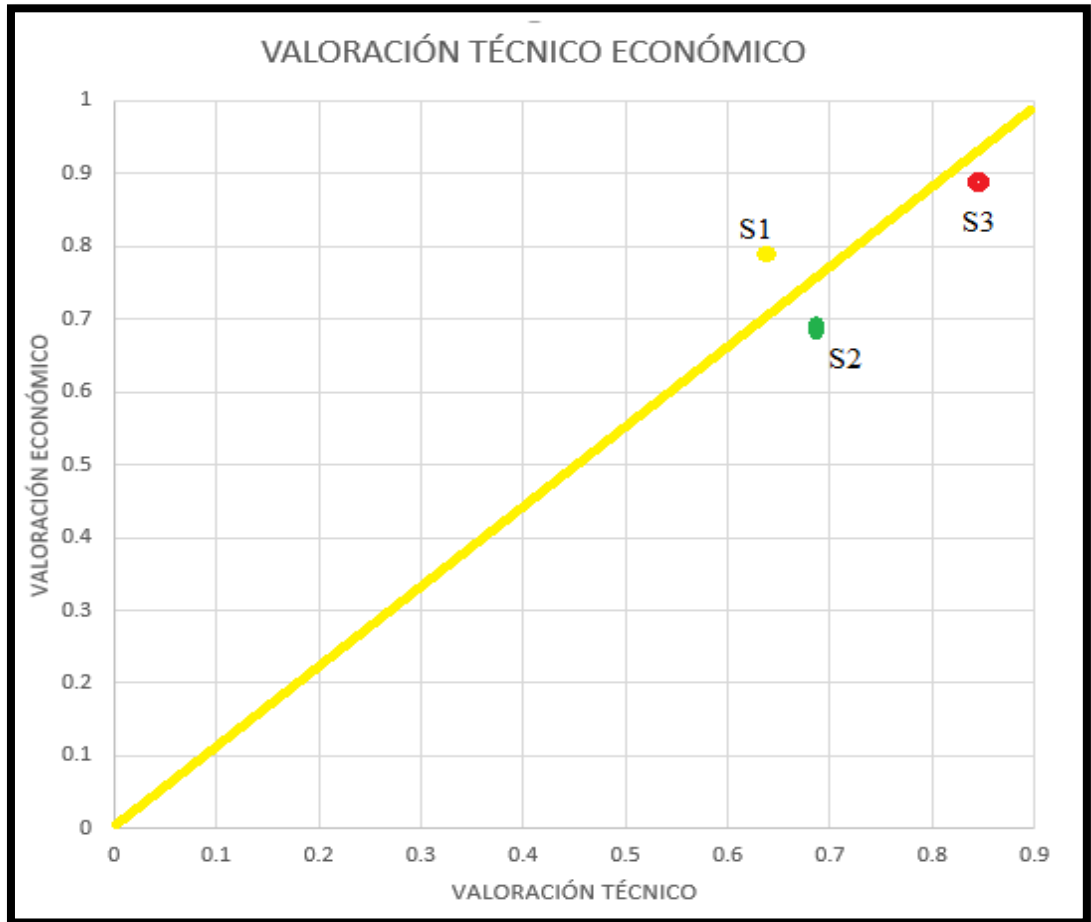


Figura 4.7 *Valoración técnico-económica*

4.6 Ingeniería de detalle para la solución óptima seleccionada

Una vez conocida la solución óptima, procedimos a realizar los cálculos correspondientes que satisfagan a cada necesidad, dimensionamos tamaños, formas, materiales y diseñamos el circuito eléctrico e hidráulico para que funcione de forma eficiente, garantizando funcionabilidad y ahorro energético.

4.6.1 Consideraciones para la máquina hidráulica rajadora de troncos

Es necesario reconocer aquellos elementos de la máquina que se va fabricar y elementos que han de ser adquiridos, esta decisión se tomó igualando costos de fabricación y disponibilidad dentro del mercado cusqueño de acuerdo a las exigencias del cliente.

Tabla 4.7 *Listado de elementos para la máquina hidráulica rajadora de troncos*

Elementos a fabricar	Cant.	Elementos que han de ser adquiridos	Cant.
Estructura metal mecánica	1	Equipo hidráulico con motor eléctrico, bomba hidráulica y válvula bidireccional	1
Mesa móvil	1	Cilindro hidráulico de doble efecto	2
		Manguera para alta presión	4
		Cuña divisora para madera de seis vías	1
		Componentes eléctricos varios	1
		Pernos y turcas y arandelas	1

4.6.2 Diseño del marco estructural

Para ello, necesitamos saber la resistencia que tiene el tronco de eucalipto al ser cortado; dentro del capítulo II, denominado Marco Teórico, se nombra a la empresa Ceccato, fabricante de máquinas rajadoras de leña que utilizan una capacidad de 10 toneladas para partir un tronco de 50 cm de diámetro y 50 cm de longitud máxima; de similar manera, la empresa Equus, también fabricante de máquinas para cortar leña, tiene una presentación que corta troncos de 30 cm de diámetro por 40 cm de largo con una capacidad de 7 toneladas. Estos valores se obtienen desde su propia página web; en el mismo Capítulo II de la presente tesis se nombra el estudio realizado por CAMPODÓNICO, quien utiliza una fuerza de 30,000 N para cortar un tronco de eucalipto de 50 cm de diámetro por 45cm de largo.

Por nuestra parte, analizaremos detalladamente el proceso de corte de leña de la manera artesanal en el lugar en donde se realiza esta labor.



Figura 4.8 Actividad de leñado en la comunidad de Yunguqui

En la figura de arriba se observa que los trabajadores de la empresa comunal de Yunguqui tienen un hacha como herramienta para realizar la labor de rajado de

troncos de eucalipto, entonces nuestro análisis se basará básicamente en esta herramienta y la fuerza que podría emplear una persona para realizar esta labor.

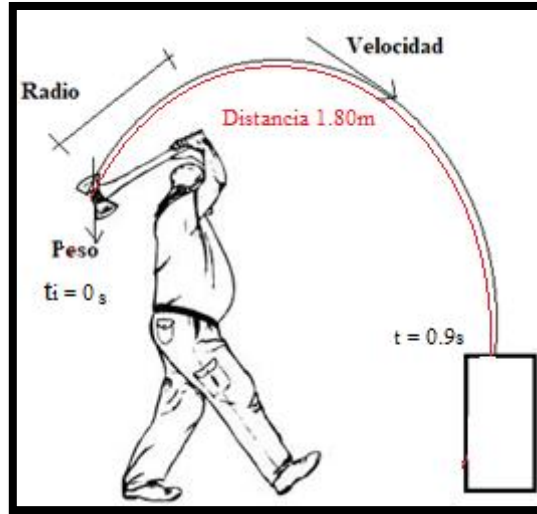


Figura 4.9 Diagrama para entender la fuerza centrípeta

Fórmula (4.1): $F_c = m \cdot (v^2/r)$

Entonces, necesitamos conocer la velocidad:

Si recorre 1.80m en 0.9s

Entonces recorrerá X m en 1s

Resolviendo tenemos que la velocidad es 2 m en el tiempo de un segundo.

Donde:

F_c = Fuerza centrípeta (N)

m = Masa (Kg)

v = Velocidad (m/s)

r = Radio (m)

Reemplazando en la fórmula (4.1) tenemos:

$$\text{Peso del hacha (masa)} = 2 \text{ Kg}$$

$$\text{Velocidad con la que se golpea} = 2 \text{ m/s}$$

$$\text{Tamaño del mango del hacha (radio)} = 80 \text{ cm}$$

$$f_c = m_x \frac{v^2}{r}$$

$$f_c = 2kg \times \frac{\left(\frac{2m}{s}\right)^2}{0.80m}$$

$$f_c = 10 \text{ N} \qquad \text{resultado (4.1)}$$

Según el resultado (4.1), la fuerza que emplea una persona para rajarse un tronco de eucalipto es de 10 N a una velocidad de 2 m por segundo, en ocasiones, dependiendo de la textura del tronco de eucalipto, esta fuerza no es suficiente; por ello, la mayoría del tiempo es necesario golpear varias veces, asumiendo cinco veces como un máximo de golpes para partir un tronco en dos pedazos, entonces podemos decir que con una fuerza de 50 N podríamos partir un tronco de eucalipto siempre, tomando como referencia este valor se necesita partir el tronco en seis pedazos, lo que conllevaría a tener que utilizar 300 N de fuerza.

Siguiendo el lineamiento de lo planteado, podemos decir que con 30.61 kg de masa a una velocidad de 2 m/s se puede partir un tronco de eucalipto en seis pedazos; por lo tanto, se ha constatado en el lugar donde se hace la leña, que en un minuto trabajando de forma artesanal una persona es capaz de partir un tronco de eucalipto medianamente duro en 2 pedazos; con la máquina se pretende partir 6 pedazos en un minuto, esto sin importar qué tan dura o suave sea la textura del tronco, en ambos casos se contempla tiempos muertos, por tal motivo el pistón debe terminar el recorrido en 5 segundos, de esta forma los 55 segundos restantes serán empleados para posicionar el tronco y retorno del pistón.

Entonces, se puede afirmar que en 5 segundos la bomba hidráulica debe ser capaz de bombear la cantidad de líquido hidráulico necesario para alcanzar un recorrido de 0.50 metros. Realizando una regla de tres simples hallamos la velocidad que será de 0.1m/s, con este valor podemos hallar la aceleración.

$$a = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i}$$

Donde:

a = Aceleración (m/s²)

V_f = Velocidad final en (m/s)

V_i = Velocidad inicial (m/s)

T_f = Tiempo final (s)

T_i = Tiempo inicial (s)

Reemplazando tenemos:

$$a = \frac{0.1 - 0}{5 - 0}$$

$$a = 0.02 \text{ m/s}^2$$

Fórmula (4.2)

$$f = m_x a$$

Donde:

f = fuerza (N)

m = Masa (kg)

a = Aceleración (m/s²)

Reemplazando en la fórmula (4.2), hallamos la masa:

$$m = \frac{f}{a}$$

$$m = \frac{300 \text{ N}}{0.02 \text{ m/s}^2}$$

$$m = 15000 \text{ Kg}$$

resultado (4.2)

Este resultado indica que para poder partir en seis pedazos un tronco de eucalipto de 50 cm de diámetro x 60cm de largo, se necesita ejercer una presión equivalente a 15000 Kg, masa.

Por lo tanto, se construye una estructura de acuerdo a los requerimientos basados en los resultados antes obtenidos.

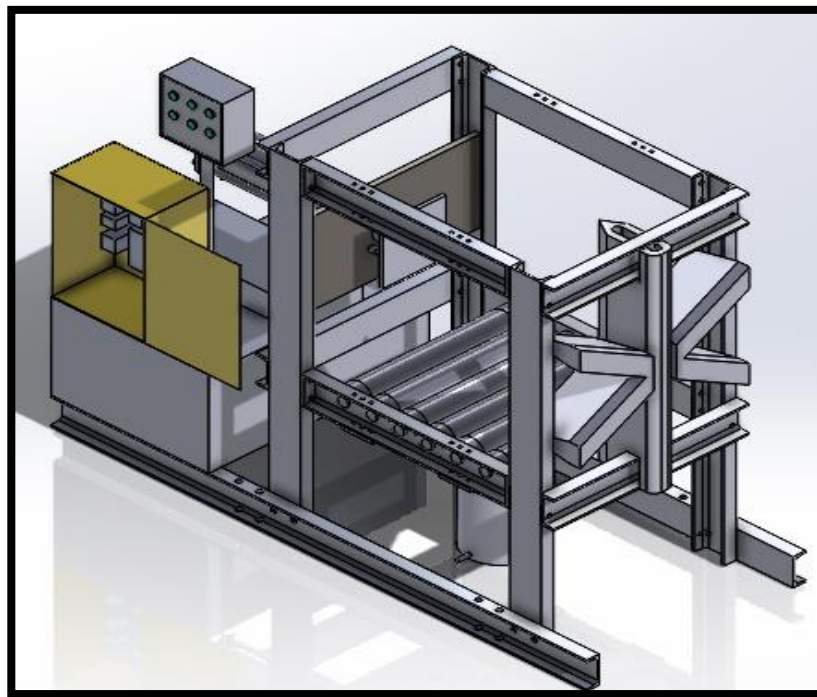


Figura 4.10 Dibujo de la máquina rajadora de leña

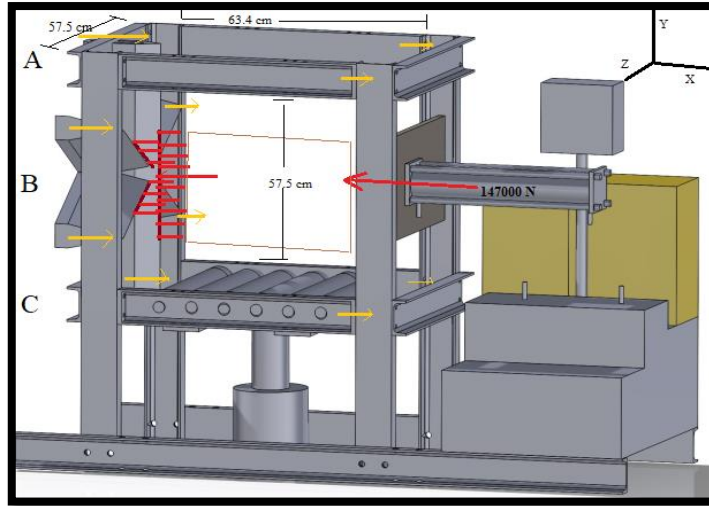


Figura 4.11 Diagrama de cuerpo libre para la estructura

Si nos fijamos en los puntos A y C del diagrama de cuerpo libre, el canal U soporta una carga importante en la parte media, a diferencia del punto B, donde hay dos apoyos y el momento de inercia es más grande; por lo tanto, amerita hacer un análisis detallado en los puntos A y C.

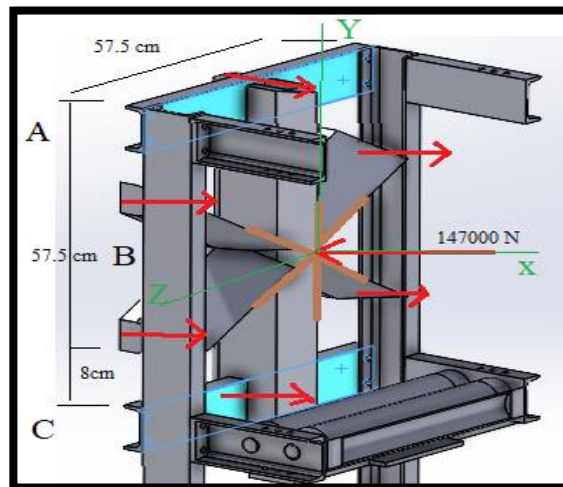


Figura 4.12 D. C. L. Sección más crítica

Vamos hacer un análisis asumiendo que se va cortar un tronco de 10cm de diámetro, por ser este la medida más pequeña a cortar y otro segundo análisis asumiendo cortar un tronco de 50 cm de diámetro, por ser el diámetro mayor admisible, entonces tenemos:

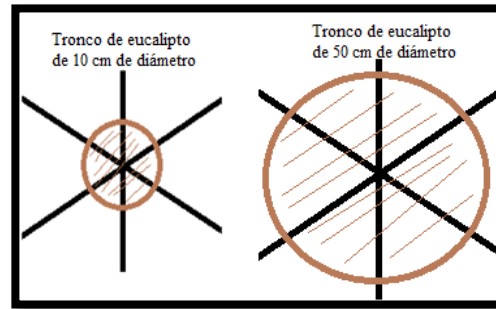


Figura 4.13 Representación de corte para troncos de eucalipto

De acuerdo al diagrama de cuerpo libre, la Figura 4.12, la fuerza empleada para los cortes es de 147000 N, los cuales al final quedarán distribuidos en seis partes al momento de chocar con las cuchillas, como se observa en la Figura 4.13, por lo que se asume que cada brazo de la cuchilla soportará 24500 N de fuerza.

Dado que el análisis está dirigido al punto A y C, por ser el punto más vulnerable, se realizan los cálculos correspondientes.

Resolviendo para un tronco con diámetro de 10 cm tenemos:

$$M_a = F \times d$$

Donde:

M_a = Momento en el punto A (N.m)

F = Fuerza (N)

d = Distancia (m)

$$M_a = 24500 \times (0.575 - 0.025)$$

$$M_a = 13475 \text{ N.m}$$

Resolviendo para un tronco con diámetro de 50cm tenemos:

$$M_a = 24500 \times (0.575 - 0.125)$$

$$M_a = 11025 \text{ N.m}$$

Para seguir analizando, tomaremos el valor del momento más alto como referencia.

Fórmula (4.3)

$$\sigma = \frac{M_x c}{I}$$

Donde:

σ = Esfuerzo (MPa)

M = Momento flector (N x m)

C = Distancia del eje neutro (m)

I = Momento de inercia del material (m⁴)

Para seguir con los cálculos necesitamos hallar el momento de inercia del material que es una característica física que esta tiene. En la Figura 4.1, se observa las dos posiciones en las cuales se va a utilizar.

Para encontrar la distancia del eje neutro, recurrimos al catálogo de Aceros Arequipa que es el proveedor de aceros de todo tipo en el sur del país, de allí sacamos medidas para un correcto cálculo y valores de fluencia que nos permiten saber cuánto es el límite al cual debemos de llegar.

DIMENSIONES ESTÁNDAR:

DESIGNACIÓN NOMINAL		ÁREA pulg. ²	BASE ALMA(A) pulg.	ALA (B) pulg.	ESPELOR NOMINAL (mm)	
pulg.	lb/pla				ALA (t _w)	BASE/ALMA (t _r)
2"	2.58	0.76	2.00	1.00	4.75	4.75
3"	4.10	1.21	3.00	1.41	6.93	4.32
3"	5.00	1.47	3.00	1.50	6.93	6.55
3"	6.00	1.76	3.00	1.60	6.93	9.04
4"	4.50	1.32	4.00	1.58	7.52	3.18
4"	5.40	1.59	4.00	1.58	7.52	4.67
4"	7.25	2.13	4.00	1.72	7.52	8.15
5"	6.70	1.97	5.00	1.75	8.13	4.83
5"	9.00	2.64	5.00	1.89	8.13	8.26
6"	8.20	2.40	6.00	1.92	8.71	5.08
6"	10.50	3.09	6.00	2.03	8.71	7.98
6"	13.00	3.83	6.00	2.16	8.71	11.10
7"	9.80	2.87	7.00	2.09	9.30	5.33
7"	12.25	3.60	7.00	2.19	9.30	7.98
7"	14.75	4.33	7.00	2.30	9.30	10.64
8"	11.50	3.38	8.00	2.26	9.91	5.59
8"	13.75	4.04	8.00	2.34	9.91	7.70
8"	18.75	5.51	8.00	2.53	9.91	12.37
9"	13.40	3.94	9.00	2.43	10.49	5.92
9"	15.00	4.41	9.00	2.49	10.49	7.24

PROPIEDADES MECÁNICAS:

SEGÚN ASTM A36

- Límite de Fluencia = 250 MPa (25.5 kg/mm²) mínimo.
- Resistencia a la Tracción = 400 - 550 MPa (40.8 - 56.2 kg/mm²).
- Alargamiento en 200 mm: = 20.0% mínimo.

SEGÚN ASTM A36/A572 (DUAL)

- Límite de Fluencia = 345 MPa (35.2 kg/mm²) mínimo.
- Resistencia a la Tracción = 450 - 550 MPa (45.9 - 56.2 kg/mm²).
- Alargamiento en 200 mm: = 20.0% mínimo.

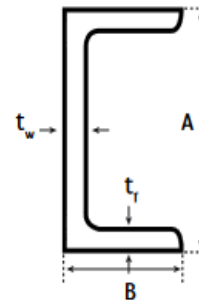


Figura 4.14 Dimensiones de canales U según Aceros Arequipa

Fuente: Hoja técnica canales U Aceros Arequipa

De esta hoja técnica se deduce que el eje neutro del canal U está en 0.058 m, y que su límite de fluencia está en 345 MPa, según la norma ASTM A36/A572 (dual).

También es necesario conocer el valor del momento de inercia, para lo cual planteamos la siguiente fórmula (4.4)

$$I_x = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

Donde:

I_x = Momento de inercia para el eje X (m⁴)

$b =$ Base (m)

$h =$ Altura (m)

Resolviendo para I_y tenemos:

$$I_y = \left(\left(\frac{1}{12} \times 0.0437 \times 0.0815^3 \right) + (0.000356) \times (0.0467^2) \right) \times 2 \\ + \left(\left(\frac{1}{12} \times 0.00752 \times 0.1016^3 \right) + (0.00076 \times 0.0508^2) \right)$$

$$I_y = 4.176 \times 10^{-6} \text{ m}^4 \quad \text{resultado 4.4}$$

Resolviendo para I_x tenemos:

$$I_x = \left(\left(\frac{1}{12} \times 0.1016 \times 0.00752^3 \right) + (0.00076) \times (0.02)^2 \right) \\ + \left(\left(\frac{1}{12} \times 0.00815 \times 0.0437^3 \right) + 0.000356 \times 0.022^2 \right)$$

$$I_x = 0.46 \times 10^{-6} \text{ m}^4 \quad \text{resultado 4.4.1}$$

Ahora reemplazamos valores en la fórmula 4.3

$$\sigma = \frac{M_x c}{I_x}$$

$$\sigma = \frac{13475 \times 0.058}{4.176 \times 10^{-6}}$$

$$\sigma = 187.153 \text{ MPa} \quad \text{resultado 4.5}$$

$$\sigma = \frac{M_x c}{I_y}$$

$$\sigma = \frac{13475 \times 0.058}{0.46 \times 10^{-6}}$$

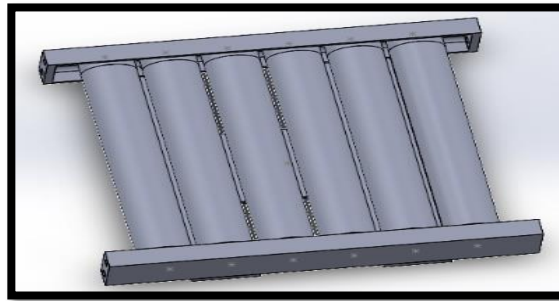
$$\sigma = 1700 \text{ MPa} \quad \text{resultado 4.5.1}$$

Con estos dos resultados queda claro que en la posición plana el canal U no va a trabajar adecuadamente, por lo que es necesario ponerle refuerzo, sin embargo, si el canal U es posicionado de costado, soporta adecuadamente.

4.6.3 Diseño de la mesa móvil

La mesa móvil es el lugar donde se ubica el tronco de eucalipto antes del corte, por razones de tener que ir rajando troncos de diferentes medidas, esta mesa debe ser móvil; por ello, según los requerimientos antes desarrollados, se considera un grado de libertad de movimiento lineal de 20 cm de altura para su variación y se considera un cilindro hidráulico para realizar este recorrido.

Figura 4.15 Propuesta de mesa de apoyo móvil



Para la construcción de la mesa de apoyo móvil, se considera como material a utilizar el canal U, según la norma ASTM A36/A572 (dual), seis rodillos que permitirán el avance del tronco con muy baja fricción, los rodillos estarán apoyados en bujes de metal engrasados.

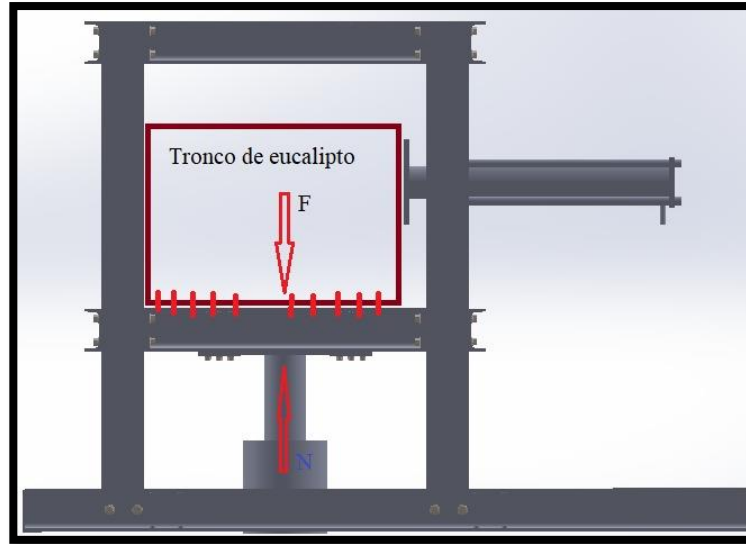


Figura 4.16 Diagrama de cuerpo libre para la mesa de apoyo

Sabemos por la Tabla 2.3, del marco teórico de la presente tesis, que la densidad del eucalipto es de $750 - 850 \text{ kg/m}^3$, con este valor hallaremos la masa del tronco y finalmente su peso, sabiendo cuánto pesa podremos definir si el material escogido va soportar o no las condiciones de trabajo.

Fórmula (4.5)

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Donde:

ρ = Densidad (Kg/m^3)

m = Masa (Kg)

V = Volumen (m^3)

Remplazando valores y despejando (m), tenemos:

$$m = \rho x V$$

$$m = 850 x A x h$$

Donde:

$$A = \text{Área (m}^2\text{)}$$

$$H = \text{Altura (m)}$$

$$m = 850 \times 0.196 \times 0.60$$

$$m = 96.9 \text{ Kg}$$

Para conocer el peso, multiplicaremos por la gravedad (9.8 m/s^2)

$$P = 949.62 \text{ N}$$

resultado 4.6

Los rodillos se fabricarán con tubo negro de 3 pulgadas por 4mm de espesor, esta consideración tiene lugar proyectándose a la corrosión que existe en la zona, debido a la presencia de lluvias y caída de troncos sobre la mesa desde alturas considerables, ya sea por accidente o intencionadamente. Los soportes para los rodillos serán elaborados a partir de canales U según la norma ASTM A36/A572 (dual), cuyos valores ya han sido calculados anteriormente.

4.6.4 Cálculo de pernos de sujeción

Dentro del diseño se tiene uniones atornilladas que han de ser calculadas y dimensionados correctamente, utilizando la norma AISC 360 – 16, los pernos se calcularán teniendo en cuenta la condición de apriete ajustado, ya que estarán sometidos a esfuerzos de corte y tracción, *(a) Se permite que los pernos sean instalados en la condición de apriete ajustado cuando se usan en:*

- 1) Conexiones de tipo aplastamiento, con las excepciones descritas en la Sección E6,*

2) Aplicaciones de tracción o combinación de corte y tracción, solamente para pernos del grupo A, donde la pérdida o fatiga debido a vibración o fluctuaciones de la carga no se consideran en el diseño.

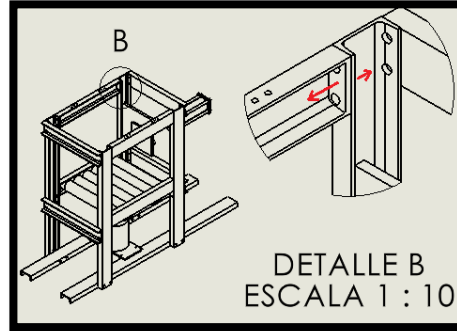


Figura 4.17 Dibujo detalle de punto crítico de una unión atornillada

De la Figura 4.14 tomamos los datos pertenecientes al canal U, donde esfuerzo a la fluencia ($F_y = 345\text{MPa}$) y esfuerzo último ($F_u = 450\text{MPa}$), y del análisis hecho en el subtítulo 4.6.2 extraemos que la carga tiene un valor de ($P_u = 147000\text{ N}$) y la carga de corte es de ($V_u = 24500\text{ N}$). Entonces hallamos el valor de la resistencia requerida (R_u).

$$R_U = \sqrt{p_{U^2+v^2}}$$

$$R_U = \sqrt{147000^2 + 24500^2}$$

$$R_U = 149027.682\text{N}$$

Resistencia de tracción y corte de pernos ($\phi \cdot R_n$) según AISC J3-2

$$\phi \cdot R_n = \phi \cdot F_{nv} \cdot A_b \cdot n$$

donde:

F_{nv} = Tensión de corte (para perno A 325. 3800 kg/cm^2 según tabla J3.2 AISC)

Ab = Área del perno, para un perno de 5/8 pulgada (1.98) en (cm²)

n = Numero de pernos

ϕ = 0.75

Reemplazando tenemos:

$$\phi \cdot R_n = 0.75 * 3800 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} * 1.98 \text{cm}^2 \cdot 4$$

$$\phi \cdot R_n = 22572 \text{ Kg}$$

como la (Ru) resistencia requerida esta en N, entonces la multiplicamos por 9.8 m/s²

$$R_U = 149027.682 \text{ N} < \phi \cdot R_n = 221205.6 \text{ N}$$

Resistencia de aplastamiento y desgarre en perforaciones de pernos ($\phi \cdot R_n$) AISC J3)

Aplastamiento AISC J3 6A

$$\Phi \cdot R_n = \phi * 2.40 * d * t * Fu$$

Donde:

d = Diámetro del perno en cm

t = Espesor del ala del canal U

Fu = Esfuerzo último en la ficha técnica (450 MPa)

Reemplazando valores tenemos:

$$\Phi \cdot R_n = 0.75 * 2.40 * 1.58 \text{cm} * 1.6 \text{cm} * 450 \text{MPa}$$

$$\Phi \cdot R_{n1} = 204768 \text{ N}$$

Desgarre AISC J3 6b

$$\Phi \cdot R_n = \phi * 2.11 * I_c * t * Fu$$

Donde:

I_c = Distancia entre el borde y el agujero, de la tabla J3,4

Remplazando valores tenemos:

$$\Phi \cdot R_n = 0.75 * 2.11 * 2.22 * 1.60 * 450 \text{MPa}$$

$$\Phi \cdot R_{n2} = 252946.8 \text{ N}$$

De los dos resultados tomamos el valor más bajo y lo comparamos con la resistencia última.

$$R_U = 149027.682 \text{ N} < \Phi \cdot R_{n1} = 204768 \text{ N}$$

Tabla 4.8 *Tabla J3.2, extraída de la norma AISC 360*

Tabla J3.2 Tensión Nominal de Conectores y Partes Roscadas, kgf/cm² (MPa)		
Descripción del Conector	Tensión de Tracción Nominal, F_n , kgf/cm ² (MPa) ^[a]	Tensión de Corte Nominal en Conexiones de Tipo Aplastamiento, F_{nv} , kgf/cm ² (MPa)
Pernos A307	3160 (310) ^[c]	1900 (188) ^{[b][c][d]}
Grupo A (ej. Pernos A325), cuando la rosca no está ex- cluida en el plano de corte	6320 (620)	3800 (372) ^[b]
Grupo A (ej. Pernos A325), cuando la rosca está excluida en el plano de corte	6320 (620)	4780 (469) ^[b]

Fuente: AISC 360

Tabla 4.9 Tabla J3.4, extraída de la norma AISC 360

TABLA J3.4	
Distancia Mínima al Borde^[a], in, desde el Centro del Agujero Estándar^[b] hasta el Borde de la Parte Conectada	
Diámetro Perno (in)	Distancia Mínima al Borde
1/2	3/4
5/8	7/8
3/4	1
7/8	1 1/8
1	1 1/4

Fuente: AISC 360

Tabla 4.10 Ficha técnica perno estructural ASTM A325

Diámetro nominal (d)	Tipo de rosca UNC	Distancia entre caras (s)	Altura de la cabeza (k)	Longitud de la rosca (b)
1/2	13	7/8	5/16	1
5/8	11	1-1/16	25/64	1-1/4
3/4	10	1-1/4	15/32	1-3/8
7/8	9	1-1/16	35/64	1-1/2

Fuente: Pernos Werk

4.6.5 Cálculo de uniones soldadas

Dentro del diseño se contemplan uniones soldadas sometidas a fuerza de tracción, se hace un análisis para determinar cuál debe ser la longitud del cordón de soldadura adecuado para que el diseño funcione de manera óptima y segura.

Tabla 4.11 *Tamaño mínimo de soldadura de filete, Tabla j2.4*

Tabla J2.4 (Tamaño mínimo de soldadura de filete)	
Espesor de parte unida más delgada en (mm)	Tamaño mínimo de soldadura de filete (a) (mm)
Hasta 6 inclusive	3
Entre 6 y 13	5
Entre 13 y 19	6
Mayor que 19	8

Resistencia nominal de material de aporte (F_w)

Electrodo E70xx ruptura por tensión 49.2MPa

Tamaño de la soldadura (w) ($W = 5\text{mm}$) de tabla 4.10

Longitud mínima de soldadura (L_w) = $L_{w_{\min}} \geq 4w$ entonces $4 \times 5 = 20\text{mm}$

Longitud máxima de soldadura (L_w) = $L_{w_{\max}} \geq 100w$ entonces $100 \times 5 = 500\text{mm}$

Como la unión se va a comportar como articulación, tenemos $L_w < 2/3h$:

$$h = (d - 2T_f)$$

$$h = (287.5 - 2 \times 12) \times 0.67 = 176.5 \text{ mm}$$

Entonces la longitud de la soldadura será de 18 cm por cada lado.

Ahora hallaremos la resistencia del cordón de soldadura.

Donde:

Fórmula (4.7)

$$\phi \cdot R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} = 0.75 \cdot (0.60 \cdot F_{exx}) \cdot T_e \cdot L_w$$

Φ = Coeficiente de ponderación de resistencia (0.75)

F_{nw} = Resistencia nominal del material de aporte (0.60 c F_{exx})

F_{exx} = Resistencia de cordón de soldadura según el tipo de electrodo

A_{we} = Área efectiva de la garganta de soldadura ($T_e \times L_w$)

T_e = Ancho efectivo del plano de la garganta

L_w = longitud de cordón de soldadura

W = Tamaño nominal de la soldadura

Reemplazando valores en la fórmula 4.7, tenemos:

$$\phi \cdot R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} = 0.75 \cdot (0.60 \cdot F_{exx}) \cdot T_e \cdot L_w$$

$T_e = \text{sen } 45 \cdot w$ (para proceso SMAW)

$$T_e = 0.707 \cdot w$$

$$T_e = 0.707 \cdot 6$$

$$T_e = 4.242 \text{ mm}$$

$$\phi \times R_n = \phi \cdot F_{nw} \times A_{we} = 0.75 \times (0.60 \cdot 49.2) \times 0.034 \times 0.18$$

$$\phi \times R_n = 135.5 \text{ KN}$$

El valor de la fuerza cortante es de 147.00 KN, si fuera una sola soldadura, no soportaría, pero como vamos a tener doble soldadura, esto se divide en 2. Entonces tenemos:

$$\frac{D}{C} = \frac{v}{2 \times \phi \times R_n}$$

$$\frac{D}{C} = \frac{147000}{2 \times 135.5}$$

$$\frac{D}{C} = 0.54$$

Entonces tenemos longitud de la soldadura de 18cm y cada lado soportará una fuerza cortante de 135.5 KN.

4.6.6 Selección de equipo hidráulico

Para la selección de un equipo hidráulico partiremos del requerimiento necesario con que se pretende trabajar. En el subtítulo 4.6.2, diseño del marco estructural, se realizó un análisis muy extenso para encontrar la fuerza necesaria que se debería emplear para partir un tronco de eucalipto de 50 cm de diámetro, el valor encontrado fue el equivalente a una presión provocada por 15 toneladas de masa, lo que en fuerza es 147000 N. Con este valor hallaremos la presión a la cual debe alcanzar la bomba hidráulica, su velocidad de recorrido debe ser 0.1m/s, considerando un cilindro hidráulico con 10 cm de diámetro.

Fórmula (4.8)

$$P = f/A$$

Donde:

$$P = \text{Presión (Pa)}$$

$$f = \text{Fuerza (N)}$$

$$A = \text{Área (m}^2\text{)}$$

Reemplazando tenemos.

$$P = \frac{F_x A}{\pi_x d^2}$$

$$P = \frac{147000 \times 4}{3.1415 \times 0.10^2}$$

$$P = 18717173.3 \text{ Pa}$$

resultado 4.8

De los modelos de equipos hidráulicos que la empresa Hydraulicks S. A. C. posee, elegiremos uno que se adecue a nuestra necesidad.

Tabla 4.12 *Código de equipos hidráulicos con bomba de engranajes*

Código	Desplazamiento 1800 rpm (GPM)	Válvula bidireccional tándem	Válvula de alivio	Presión (Max) (Pa)
330305	3.8	Si	Si	26959000
330306	4.7	Si	Si	26959000
330307	5.7	Si	Si	26959000
330308	6.6	Si	Si	24132000
330310	8.5	Si	Si	24132000
330311	9.6	Si	Si	21374000

Fuente: Catálogo Hydraulicks S. A. C.

De la tabla 4.11 seleccionamos el código 330310, con una capacidad de bombeo de 8.5 galones por minuto, a una velocidad de 1800 rpm, y que puede generar una presión de 26959000 Pa, mayor a la presión máxima que requiere la máquina para trabajar.

4.6.7 Selección de pistones hidráulicos

Se necesitan dos pistones hidráulicos: primero, el que va hacer el trabajo de subir o bajar la mesa, este pistón será de simple efecto; el segundo servirá para rajar el tronco de eucalipto que será de doble efecto.

Sabemos que el tronco de eucalipto tendrá un diámetro de 50 cm como máximo, por lo que deducimos que la carrera necesaria del pistón de la mesa debe estar en 20 y 25 cm como máximo, su capacidad de carga debe ser mayor a 9490.62 N, este valor se recoge del resultado 4.6, donde se calculó detalladamente el peso del tronco de eucalipto en su mayor tamaño, por lo tanto, seleccionamos del catálogo de abajo.

Tabla 4.13 *Cilindros estándar de simple efecto (serie 600)*

Referencia	Diámetro vástago (mm)	Diámetro interior cilindro (mm)	Carrera (mm)	Incluye placa metálica de (mm)			Capacidad (Tn)
				A	L	t	
625/10	25	50	100	200	400	12	5
625/20	27	50	200	200	564	12	5
625/30	30	50	300	200	600	12	5

Fuente: Catálogo general Cicrosa

De acuerdo a nuestro requerimiento, la carrera del cilindro debe ser 20 cm como mínimo y 25 como máximo; se toma la decisión de comprar el 625/20, el cual tiene una carrera de 20 cm, y tamaño adecuado para poder incorporarlo dentro de la máquina, su capacidad de levante es de 5 toneladas, suficiente para levantar el tronco de eucalipto más pesado que pudieramos tener.

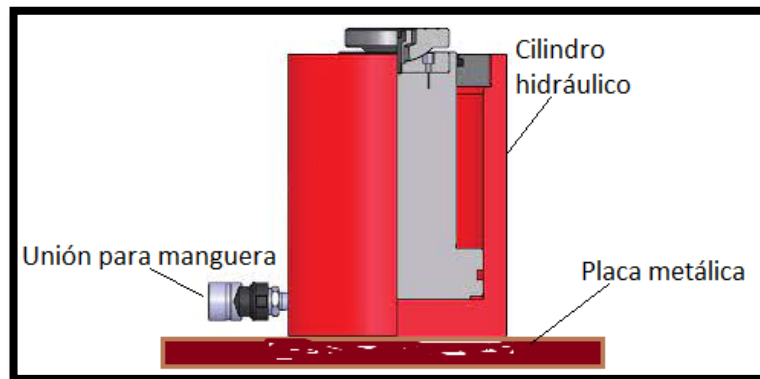


Figura 4.18 *Cilindro hidráulico de simple efecto Cicrosa*

Fuente: Catálogo general Cicrosa

Ahora toca elegir el segundo pistón que servirá para rajar los troncos de eucalipto, sus características se ceñirán a la fuerza necesaria que debe emplearse para poder realizar la acción estipulada. Para ello tomamos el valor de 147 KN, según el resultado 4.3, donde se realizó el cálculo correspondiente y deberá ser de doble efecto.

Tabla 4.14 *Cilindros estándar de doble efecto (serie 700)*

Referencia	Diámetro vástago (mm)	Diámetro interior cilindro (mm)	Carrera (mm)	Incluye placa metálica de (mm)			Capacidad (Tn)
				A	L	T	
700/500	32	63	500	200	400	12	20
700/600	35	100	550	200	564	19	20
700/700	40	70	700	200	600	19	20

Fuente: Catálogo general Cicrosa

De la Tabla 4.14 elegimos la referencia 700/600 ideal para nuestras necesidades, con una carrera de 55 cm y una capacidad de 20 Tn, suficiente para nuestro requerimiento y cuenta con una brida de sujeción de 200mm de altura, 564mm de largo y 19mm de espesor.

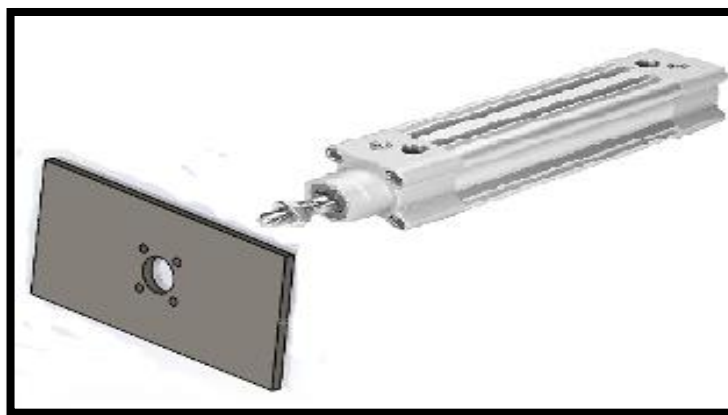


Figura 4.19 *Cilindro hidráulico de doble efecto y brida de sujeción Cicrosa*

Fuente: Catálogo general Cicrosa.

4.6.8 Selección de cuña divisora de seis vías para madera

Para que la máquina tenga éxito en el corte y nos entregue 6 trozos de leña de eucalipto, es necesario contar con una cuña que tenga los filos y ángulos correctos. En el mercado local ha sido imposible hallar una cuña con las características necesarias, en el mercado nacional e internacional existe variedad de cuñas con diferentes dimensiones con las siguientes características, **RuggedMade - Cuña divisora para madera (6 vías)**.

Tabla 4.15 Dimensiones de la cuña RuggedMade seis vías

Dimensiones	Altura (mm)	Diagonal (mm)	Ancho (mm)
RuggedMade	727	962	630

Fuente: Catálogo de cuñas RuggedMade

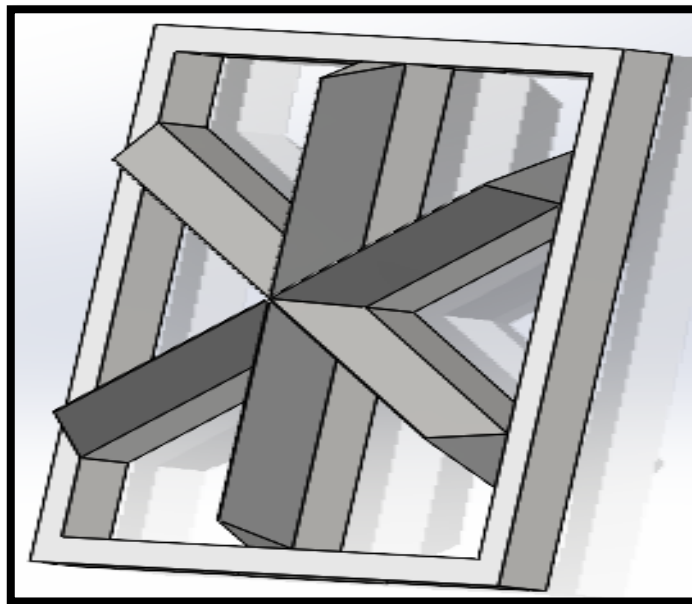


Figura 4.20 Cuña de seis vías RuggedMade

Fuente: Catálogo de cuñas RuggedMade.

4.6.9 Selección de componentes eléctricos

La máquina rajadora de troncos de eucalipto va ser automática, por lo tanto, se necesita componentes eléctricos que funcionen adecuadamente para este fin. La secuencia a seguir es: Se da marcha al equipo y al motor eléctrico trifásico con un selector de dos posiciones, un estado de apagado y otro de prendido; si el selector se mueve a prendido este activa al motor y se enciende una señal luminosa, una vez prendido el motor eléctrico ya existe un flujo de fluido hidráulico listo para ser direccionado. El operador tiene la potestad absoluta de dar la señal de subida o bajada de la mesa, de igual forma de la presión con la cual se debe rajar la leña; para ello, el operador cuenta con un *joystick* de 4 posiciones y un estado neutro en el medio. Por si algo sale mal, el operador puede apagar de emergencia, con un botón rojo tipo hongo, llamado pulsador de emergencia y parar la máquina donde quiere que sea su posición.

Tabla 4.16 *Lista de componentes hidráulicos*

n.º	Descripción	Cantidad
1	Contactora de 12 amp trifásico bobina 12 v ac	1
2	Relés de 4 contactos bobina 12 v ac	2
3	Guarda motor de 9 a 15 amp Schneider	1
4	Válvula solenoide de doble bobina 5/2 entrada sae 16	2
5	Selector de 2 posiciones con luz piloto	1
6	Control Joystick de 4 contactos y centro neutro	1
7	Cable NLT 4x14 Indeco	4 met
8	Cable GPT 16 AWG Indeco	8 met
9	Gabinete metálico hermético Satra	1

CAPÍTULO V

SIMULACIÓN EN SOFTWARE CAD SOLIDWORKS 2020 Y FLUIDSIM

En este capítulo nos apoyamos con la tecnología para corroborar los cálculos que se realizaron anteriormente dentro del capítulo IV. SolidWorks es un software de CAD para realizar modelos mecánicos en dos y tres dimensiones. Creado por la empresa SolidWorks Corp, está presente en el mercado desde el año 1995; a medida que las necesidades crecían, SolidWorks, también fue innovando su producto, hoy en día este software es usado por millones de personas en el mundo para modelar sistemas eléctricos, hidráulicos, neumáticos y electrónicos.

Utilizando la metodología de análisis de elementos finitos (FEA), comprobaremos si los cálculos realizados son los correctos o no. De acuerdo a la experiencia en la utilización del software, este debe arrojar un resultado cercano a los que se han conseguido haciendo los cálculos convencionales.

Para ampliar conocimientos, utilizaremos el software FluidSim 4.2 de Festo en el modelado y simulación de los circuitos eléctricos e hidráulicos, su sencillez en el uso ha hecho que este software sea mundialmente utilizado para enseñar el funcionamiento automatizado en sistemas combinados como es el caso nuestro.

El software FluidSim tiene una biblioteca completa de elementos eléctricos, neumáticos e hidráulicos, bastante fácil de usar con indicadores interactivos. Una vez armado el circuito, se puede dar marcha y parada simulando casos reales, de esta forma garantizar el correcto funcionamiento sin tener que malograr ningún componente.

5.1 Simulación utilizando software CAD SolidWorks 2020

5.1.1 Análisis estático

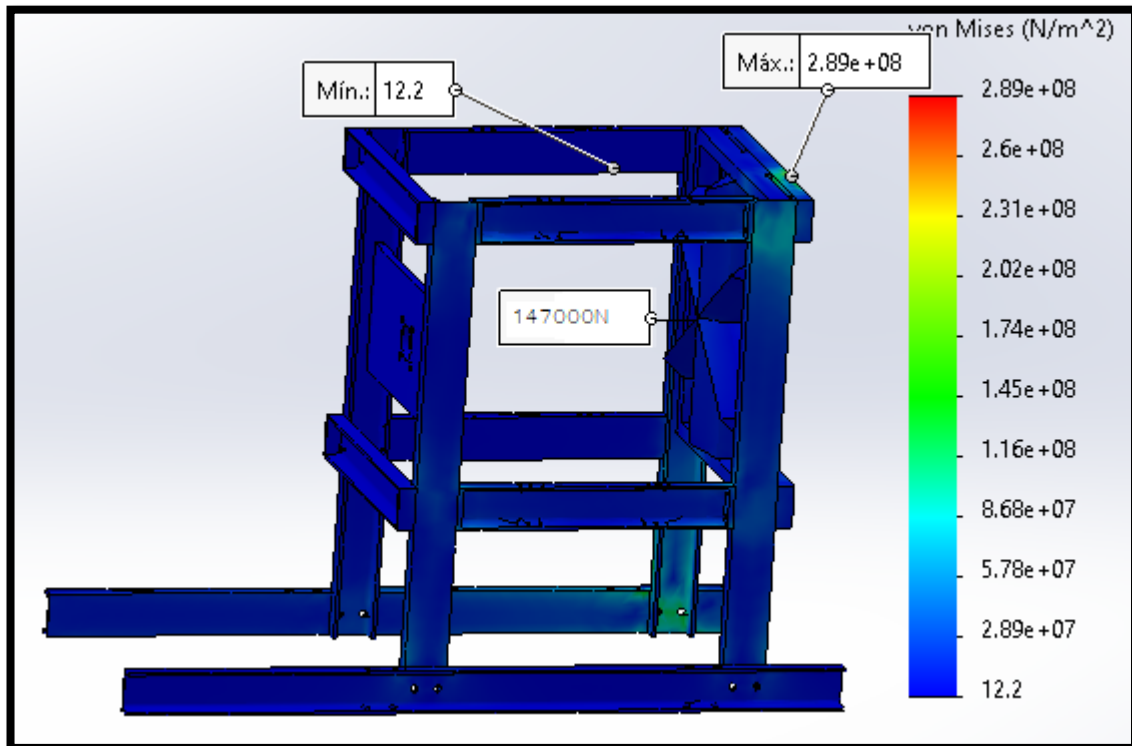


Figura 5.1 Análisis estático de la estructura metálica fija

Como se puede observar en la Figura 5.1, el esfuerzo máximo de Von Mises tiene un valor de 289MPa, menor al valor del esfuerzo de fluencia que se muestra en la Figura 4.14, donde se detalla la ficha técnica del acero A36, que tiene un valor de 345Mpa. Con estos valores encontrados podemos afirmar que el dimensionamiento del material es correcto.

Del mismo modo, haremos un análisis de desplazamiento para saber cuánto cede el material debido a la acción de la fuerza. En la Figura 5.2 exportaremos una imagen obtenida del programa SolidWorks.

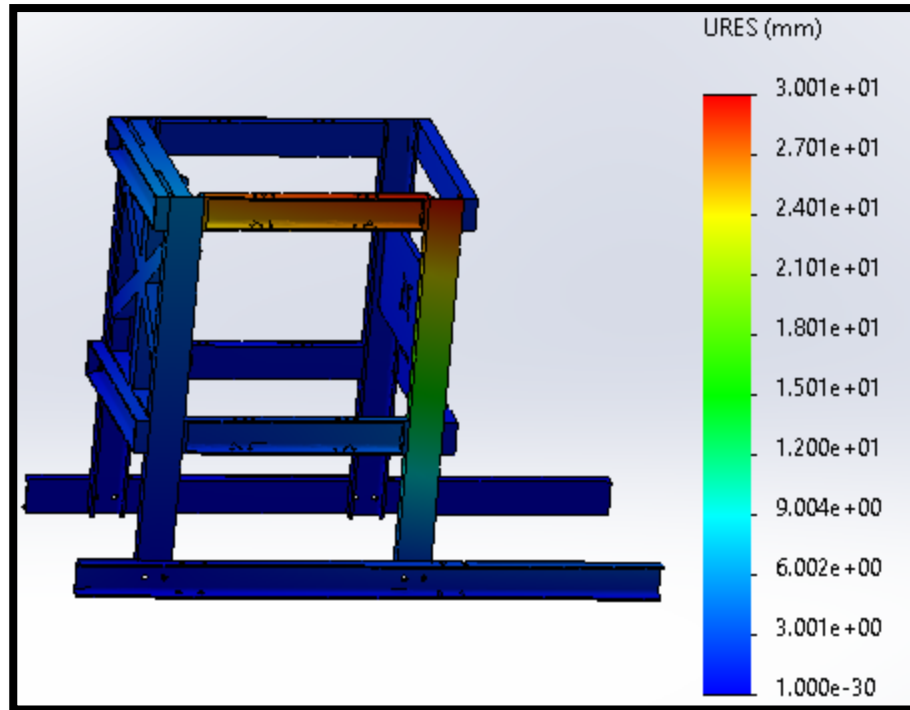


Figura 5.2 Análisis del desplazamiento del material

En la Figura 5.2, se mide el desplazamiento en mm. En su máxima capacidad, la máquina se va desplazar 30 mm hacia un costado.

Estos valores son calculados tomando como referencia el tronco de eucalipto más grande y el más duro, cabe recordar que estos valores son de 60 cm de largo y un diámetro de 50 cm.

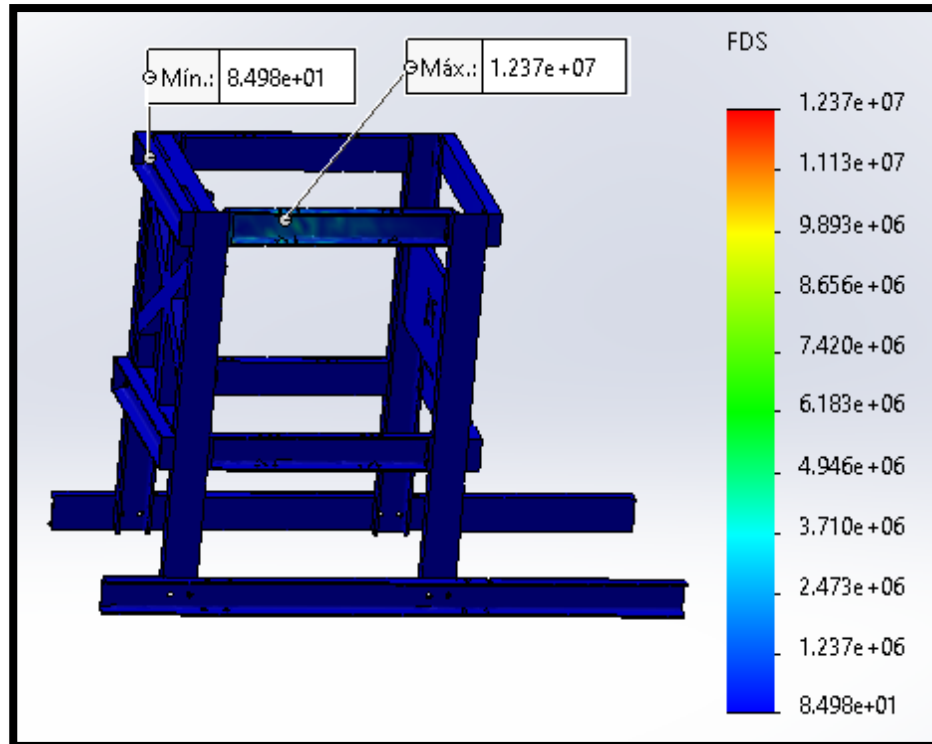


Figura 5.3 Análisis de factor de seguridad

El análisis de factor de seguridad se hace a todo el componente de la máquina, de allí se observa el valor máximo de factor de seguridad de 1.237×10^7 en elementos que trabajan a tracción pura; en cambio, en elementos que trabajan a tracción y con momento, el factor de seguridad llega a ser de 8.498×10^1 , un valor bastante bajo en comparación al valor máximo pero funcional para nuestro diseño.

5.2 Simulación utilizando software FluidSim de Festo

5.1.1 Análisis hidráulico y eléctrico

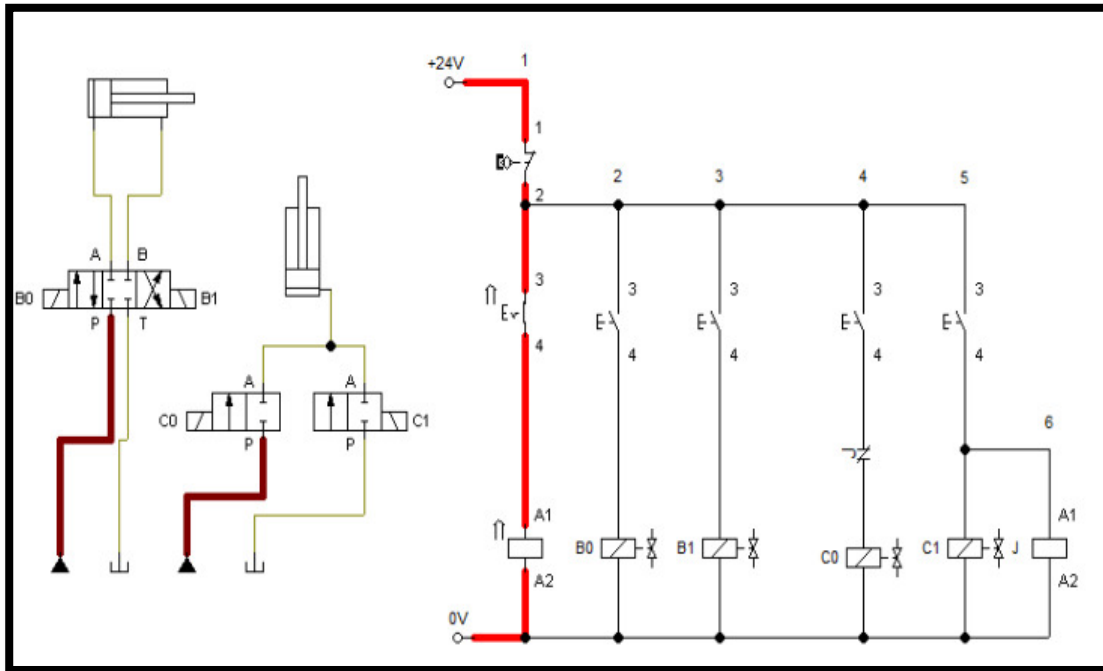


Figura 5.4 Circuito hidráulico y eléctrico

En este primer cuadro se representa el momento exacto en el cual la energía eléctrica entra en el sistema después de haber llevado al selector de su posición en cero a una posición en 1, se observa que hay movimiento del líquido hidráulico, sin embargo, este no puede pasar más allá de lo que las válvulas permitan pasar, según el comando oportuno que se le dé por el operador.

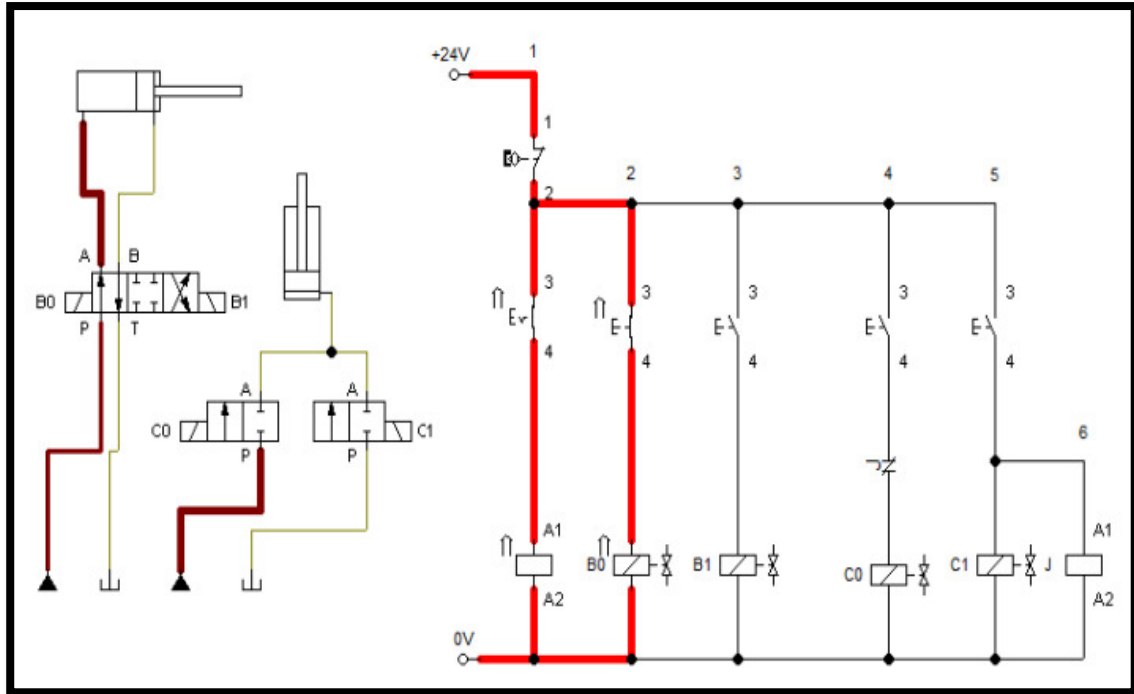


Figura 5.5 Momento en el cual se activa el *joistyc*

Una vez prendido el motor y con el líquido hidráulico en movimiento, bastará tocar a un sentido el *joistyc*, la válvula eléctrica BO se activa y deja pasar el fluido. De esta manera, se genera una presión dentro del cilindro hidráulico y se mueve el vástago, esta acción hace que el tronco de eucalipto sea comprimido hacia los filos de la cuña los cuales se encargarán de partirlo en seis pedazos.

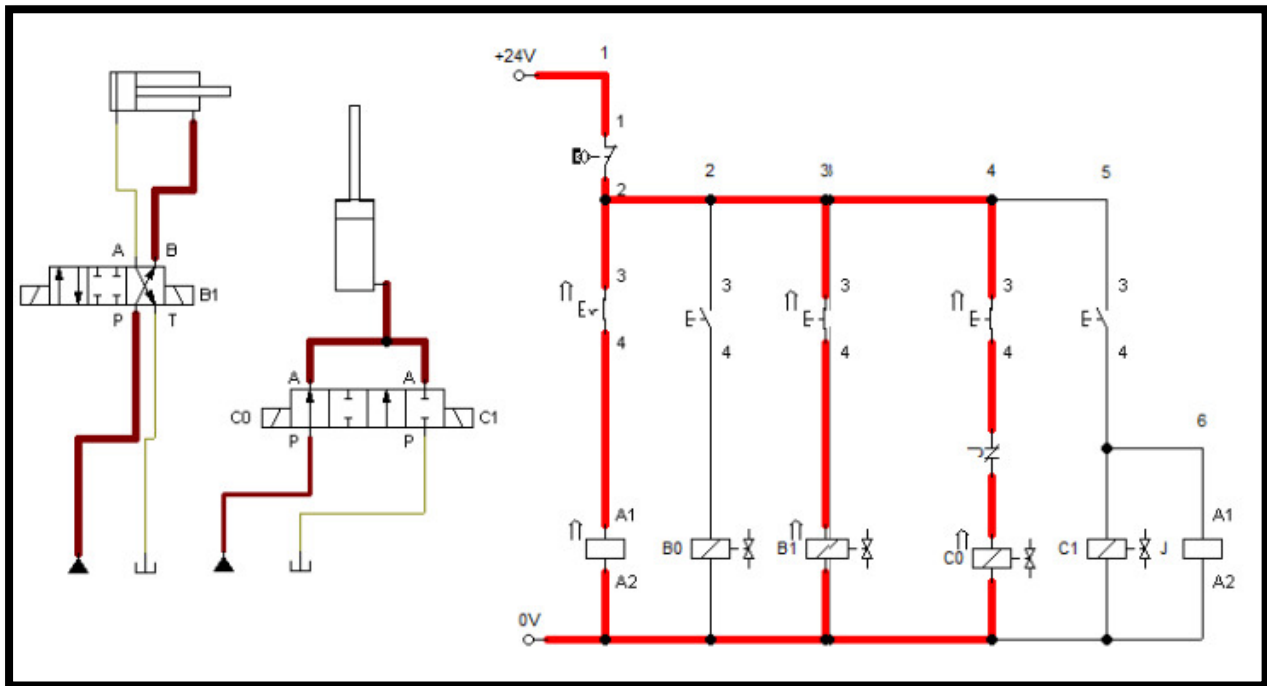


Figura 5.6 Accionando ambos cilindros

Una vez cortado el tronco de eucalipto, es necesario retornar el vástago a su posición inicial, para ello es necesario ajustar el *joystick* en posición contraria al que se había presionado con anterioridad, de tal forma que la válvula bidireccional deje pasar el fluido hidráulico en dirección contraria, replegando al pistón.

En la misma figura se puede observar que el pistón hidráulico de la mesa está también activado y hace su respectivo recorrido hacia arriba, este pistón retorna por la acción de la gravedad.

CAPÍTULO VI

COSTOS PARA LA ELABORACIÓN DE UN PROTOTIPO

Se presenta el detalle de los materiales con los cuales se deberá concretizar el prototipo de la máquina hidráulica rajadora de troncos de eucalipto para la empresa comunal de Yungaqui.

6.1 Componentes hidráulicos

Tabla 6.1 *Componentes para la máquina hidráulica rajadora de troncos de eucalipto*

n.º	Descripción del sistema hidráulico	Material	Cant.	Medida	Precio	Hoja 1 /1
					C/U	Sub total
1	Grupo hidráulico Hidraulick S. A. C. 330304, potencia de 1.9 KW trifásico tensión de trabajo 220v, incluye válvula 4/3 tándem con bobina de 220v		1	Unidad	3500.00	3500.00
2	Cilindro hidráulico de doble efecto carrera 60 cm	SAE 1045	1	Unidad	2600.00	2600.00
3	Cilindro hidráulico de simple efecto carrera 20cm	SAE 1045	1	Unidad	380.00	380.00
4	Manguera de media presión terminales prensados rectos 16mm longitud 1 metro	Polyester y acero	2	Metro	48.00	96.00
5	Manguera de alta presión terminales prensados rectos 16mm longitud 1 metro	Polyester y acero	2	Metro	70	140.00
Total, sistema hidráulico						6716.00

6.2 Elementos eléctricos

Se describen los costos de cada elemento eléctrico que compone la máquina extrusora hidráulica semiautomática para la fabricación de ladrillos pasteleros.

Tabla 6.2 Descripción de elementos eléctricos existentes en el mercado

n.º	Descripción del elemento	Marca	Cant.	Medida	Precio	Hoja 1/1
					C/U	Sub total
1	Llave termomagnética 3x50amp	Bticino	1	Unidad	120.00	120.00
2	Relé térmico de 15 – 19 amp	Lgrand	1	Unidad	95.00	95.00
3	Contactador D11 bobina 220v	Lgrand	1	Unidad	54.00	54.00
4	Selector de dos posiciones con luz piloto	Lgrand	1	Unidad	24.00	24.00
5	Pulsador de emergencia tipo hongo NC	Lgrand	1	Unidad	25.00	25.00
6	Joystick de cuatro contactos NA	Lgrand	1	Unidad	125.00	125.00
7	Gabinete metálico 40x40x20cm	Satra	1	Unidad	140.00	140.00
8	Cable GPT n.º 16 AWG deslizante	Indeco	50	Metros	1.20	60.00
9	Cable NLT 3x12 AWG vulcanizado flexible	Indeco	15	Metros	8.50	127.50
10	Prensa estopa 35mm PG	Chint	4	unidad	3.40	13.60
Costo total						784.10

6.3 Componentes metal mecánicos

Consideraremos como metales mecánicos todos aquellos elementos metálicos que intervienen en el diseño de la máquina extrusora hidráulica semiautomática, para la fabricación de ladrillos pasteleros. En la Tabla 6.3 se hace una descripción detallada de

estos materiales considerando el tipo de material, cantidad necesaria, una medida aproximada, costos y un total de costos.

Tabla 6.3 *Descripción de elementos metal mecánicos existentes en el mercado*

n.º	Descripción de elementos metal mecánicos	Material	Cantidad	Medida	Precio	
					C/U	Sub total
1	Canal U ASTM A572 Grado 50	ASTM A-572	3	Barra	240.00	720.00
2	Pernos y tuercas de M12 x 1.5 x 75 mm	SAE 1030	34	Unidad	1.20	40.80
4	Arandelas de 14mm x 22mm	SAE 1030	68	Unidad	0.20	13.60
5	Soldadura E6011x3/16		2	Kilos	20.00	40.00
6	Disco de corte 3M 7" x2mm		4	Unidad	9.00	32.00
7	Disco de desgaste 3M 7" x 6mm		1	Unidad	15.00	15.00
	Total, gasto en material					861.40

6.4 Análisis costo mano de obra

6.4.1 Costo de diseño

Tabla 6.4 Descripción de costo de diseño

n.º	Descripción	Cantidad	Precio unitario S/	Tiempo (meses)	Precio parcial S/
1	Honorarios Ing. junior	1	3000.00	1	3000.00

6.4.2 Costo de manufactura para elementos diseñados

Tabla 6.5 Descripción de costos para la manufactura de elementos diseñados

n.º	Elemento	Proceso de manufactura	Material	Observaciones	Cantidad	Precio
1	Estructura metal mecánica	Corte, pulido, soldadura.	Acero ASTM A6 (RAEX 500)	Corte con proceso de plasma. Pulido medio, soldadura proceso SMAW	1	800.00

n.º	Elemento	Proceso de manufactura	Material	Observaciones	Cantidad	Precio
-----	----------	------------------------	----------	---------------	----------	--------

2	Mesa apoyo móvil	Corte, pulido, soldadura, taladrado	Acero ASTM A6 (RAEX 500)	Corte con proceso de plasma, pulido medio, soldadura proceso SMAW, arranque de viruta.	2	500.00
	Total, costo de fabricación					1300.00

6.4.3 Costo de instalación eléctrica y ensamblaje

Tabla 6.6 *Detalle de costos de instalación eléctrica y ensamblaje*

n.º	Descripción	Costo
1	Instalación eléctrica para maquina extrusora hidráulica semiautomática	200.00
2	Ensamblaje de elementos de la máquina rajadora de troncos de eucalipto	400.00

6.5 Resumen de costos

Tabla 6.7 *Resumen de costos*

n.º	Denominación	Precio parcial
1	Costo de sistema hidráulico	6716.00
2	Costo de sistema eléctrico	784.10
3	Costo metal mecánico	861.40
4	Costo de diseño	3000.00
5	Costo de la mano de obra fabricación de elementos diseñados	1300.00
6	Costo de instalación eléctrica	200.00
7	Costo de ensamblaje	400.00
	Total, costos	13,261.50 soles

CONCLUSIONES

1. El diseño de la máquina hidráulica rajadora de troncos de eucalipto finalizó con un costo de 13,261.50 soles, este monto será asumido por la empresa comunal de Yunguqui para su respectivo trámite de elaboración.
2. Elaborar la lista de exigencias sirvió para conocer las necesidades, inquietudes y deseos del cliente, de esta forma se planteó una respuesta clara y precisa al diseño.
3. Conocer el estado de la tecnología en el cual se encuentra la empresa comunal de Yunguqui fue esencial, a partir de allí se tomó la decisión de poner motores trifásicos conexiados en estrella para una tensión de 380 V. Además, la información acerca de cuán familiarizados estaban los trabajadores con sistemas hidráulicos y eléctricos, permitió el diseño de una máquina sencilla y con pocos componentes fáciles de cambiar.
4. Las tres alternativas plasmadas en la matriz morfológica fueron sometidas a un análisis técnico económico, utilizando criterios que ayudaron a conocer costos y facilidad de trabajo, tanto al momento de la manufactura de los componentes en el armado y mantenimiento.
5. De los cálculos realizados, se sabe que para partir un tronco de eucalipto de 50 cm de diámetro x 60 cm de largo en seis pedazos, se requiere una fuerza de 486N a una velocidad de 1.32 m/s, con una aceleración de 0.033 m/s^2 o su equivalente en masa de 15000 Kg. El material acero con la cual se construye el cuerpo de la máquina y que soporta esta presión es un canal U ASTM A36 que tiene un límite de fluencia de 345 MPa.
6. Para validar la resistencia de los materiales usados se ha recurrido al software SolidWorks, donde se hicieron las simulaciones de esfuerzo máximo a las vigas de sujeción, dando como resultado $3.410 \times 10^8 \text{ Pa}$, para su deformación según el software,

menor al valor de 3.45×10^8 Pa de la ficha técnica. También se hizo el correspondiente análisis para la soldadura, donde el software da un valor de 2.445×10^8 Pa como valor máximo para que falle, por lo que se realiza un cordón de soldadura de 29 cm para alcanzar un valor de esfuerzo máximo de 4×10^8 Pa. Se hizo también simulaciones del circuito hidráulico y eléctrico, utilizando el software FluidSim de Festo, garantizando su correcto funcionamiento y el requerimiento de los materiales correspondientes.

7. Se hace una cotización detallada: costo del sistema hidráulico, S/ 6716.00; sistema eléctrico, S/ 784.10; costo de materiales metálicos, S/ 861.40; costo de diseño S/ 3000.00; mano de obra fabricación de elementos diseñados, S/ 1300.00; costo de instalación eléctrica, S/ 200.00 y costo de ensamblaje, S/ 400.00.

RECOMENDACIONES

1. **Recomendaciones desde un punto de vista metodológico**

La metodología utilizada en la presente tesis es la VDI 2221, una secuencia de pasos a seguir para ir encontrando la solución óptima aceptable, si bien se escogió esta metodología por la simplicidad y sencillez con la cual se va escalando de a poco, hasta llegar al punto donde se encontró la solución definitiva, queda abierta la posibilidad de poder estudiar el tema con cualquiera otra metodología conocida. con la cual el lector podría estar familiarizado para, de esta manera, mejorar el diseño.

2. **Recomendaciones desde un punto de vista académico**

Realizar este trabajo de investigación ayudó a entender la ciencia del cálculo de mejor manera, por tanto, se insta a seguir la línea del diseño y fábrica de máquinas y a conseguir patentes, el futuro de un país es el desarrollo tecnológico en toda su dimensión, la industria agrícola necesita de tecnologías innovadoras, la industria cocalera, la minería, las procesadoras de materia prima, los restaurantes, todos ellos requieren máquinas más versátiles y amigables con el entorno.

3. **Recomendaciones prácticas**

Con la máquina hidráulica rajadora de troncos de eucalipto, la comunidad campesina de Yungaqui podrá optimizar la producción de leña, ya que, sin importar el factor climatológico, la producción seguirá su curso. La pretensión a futuro es diseñar una máquina rajadora de troncos de eucalipto mucho más automatizada, de tal forma que la producción sea continua y mucho más ergonómica que en la actualidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. **DE LA LAMA, G.** *Atlas del eucalipto*. España - Madrid: s.n., 1982. ISBN: 978-84-7498-120-9
2. **ESCOBAR, R. MONGABAY:** Periodismo ambiental independiente en latinoamérica. *es.mongabay.com/2022/02/eucalipto-una-especie-que-causa-controversia-en-peru/*. [En línea] 8 de febrero de 2022. [Citado el: 20 de 03 de 2023.]
3. **MINISTERIO del ambiente.** Línea de base de especies forestales (Pinus sp y Eucalyptus sp.) con fines de bioseguridad. *Bioseguridad Ministerio del Ambiente*. Lima: s.n., 2019.
4. **ESCOBAR, R. MONGABAY:** Periodismo ambiental independiente en latinoamérica. [En línea] 08 de febrero de 2022. [Citado el: 19 de mayo de 2022.] <https://es.mongabay.com/2022/02/eucalipto-una-especie-exotica-que-causa-controversia-en-peru/>.
5. **URDANGARÍN, C. e IZAGA, J.** Oficios tradicionales. *https://www.gipuzkoa.eus/es/web/aintzinako-lanbideak/inicio*. [En línea] 2017. [Citado el: 27 de mayo de 2022.] <https://www.gipuzkoa.eus/es/web/aintzinako-lanbideak/inicio>.
6. **HUARACHI, A.** Instructivo de uso limas, hachas y machetes Bellota. *https://www.academia.edu/32127061/instructivo_de_uso_limas_y_machetes_bellota_pdf*. [En línea] 2018. [Citado el: 28 de mayo de 2022.] https://www.academia.edu/32127061/instructivo_de_uso_limas_y_machetes_bellota_pdf.
7. **CORPORACIÓN Nacional Forestal (CONAF).** *La motosierra*. [revista] Santiago - Chile, 2011.
8. **PEDROZA, E.** *Hidráulica Básica*. Morelos: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2018. ISBN 978-607-8629-11-4 .

9. **ZARZA, L.** Iagua, connecting water people. ¿Qué es una bomba hidráulica y cuántos tipos hay? [En línea] [Citado el 14 de junio de 2022.] <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-bomba-hidraulica-y-cuantos-tipos-hay>.
10. **MACHADO, J.** Título del trabajo *Revista de la Universidad de Cuenca*. [En línea] [Citado el: 15 de 06 de 2022.] <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2627/1/tm4288.pdf>.
11. **CEGARRA, J.** *Metodología de la investigación Científica y Tecnológica*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos S. A., 2011. ISBN: 978-84-9969-027-8.
12. **ESPINOZA, C.** *Metodología de investigación tecnológica*. Huancayo: Imagen Gráfica S. A. C., 2010. ISBN: 978-612-00-0222-3.
13. **ARIAS, K., SÁNCHEZ, M. y BETANCOURT, F.** Estudio de las actividades relevantes en el diseño de productos. Modelo VDI 2221 frente al modelo metodológico I+P+D3. Artículo de revisión. *Revista Espacios* [En línea], 2018, 39 (9), p. 22. <https://www.revistaespacios.com/a18v39n09/a18v39n09p22.pdf>. [Citado el: 28 de mayo de 2022.] <https://www.revistaespacios.com/a18v39n09/a18v39n09p22.pdf>. ISSN 07081015.
14. **CAMPODÓNICO, C.** Diseño de una máquina hidráulica astilladora de troncos. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2018 [fecha de consulta 17 de mayo 2022]. 180 pp. Disponible en: https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/13600/CAMPODONICO_MORALES_CARLOS_DISE%c3%91O_MAQUINA_HIDRAULICA.pdf?sequence=1&isAllowed=y.



Estudio de las actividades relevantes en el diseño de productos. Modelo VDI 2221 frente al modelo metodológico I+P+D3. Artículo de revisión

Study of relevant activities in the design of products. Model VDI 2221 vs methodological model I + P + D3. Review article

Katherine ARIAS ¹; Michael SÁNCHEZ Ríos ²; Fernando José BETANCOURT Cortez ³; Gabriela LEGUIZAMON Sierra ⁴; Rafael Guillermo GARCÍA ⁵; Diego MENDOZA Patiño ⁶

Recibido: 02/11/2017 • Aprobado: 01/12/2017

Contenido

1. Introducción
2. Metodología
3. Resultados
4. Conclusiones

Referencias bibliográficas

RESUMEN:

El diseño de productos contiene etapas importantes para obtener un resultado exitoso; hay actividades involucradas en cada una de estas, y es importante tomarlas en cuenta para no incurrir en sobrecostos ni demoras. El proceso de diseño es uno de los más importantes para las empresas manufactureras, pero la mayor parte de estas, en su mayoría, omiten actividades trascendentales de diseño, y muchas veces los encargados del diseño terminan tomando decisiones sin tener en cuenta aspectos que pueden afectar de manera considerable su competitividad en el mercado. Este artículo busca validar una metodología mediante un análisis comparativo entre el modelo de diseño alemán VDI 2221 y el modelo metodológico I+P+D3. **Palabras-Clave:** Diseño, metodología de diseño, modelos de diseño, actividades

ABSTRACT:

Product design contains important steps to obtain a successful result; there are activities involved in each of these, and it is important to take them into account to avoid incurring costs or delays. The design process is one of the most important for manufacturing companies, but most of them, for the most part, omit transcendental design activities, and many times designers end up making decisions without taking into account aspects that may affect considerably in the market. This article seeks to validate a methodology through a comparative analysis between design models key words between the German model of the VDI 2221 standard and the I + P + D3 methodological model **Keywords:** Design, design methodology, design models, activities

1. Introducción

El diseño es el proceso de mayor importancia para lograr el desarrollo de un producto, y en el que se obtiene una serie de datos o de información que hace parte importante del área de manufactura, lo cual permite que ingenieros y encargados del área identifiquen aspectos negativos o errores del modelo antes de producirlo, y así faciliten un control que evita sobrecostos, rediseños y demoras en el producto final. Los rápidos cambios de la tecnología hacen que los procesos de diseño sean más dinámicos y fáciles de comprender y aplicar; conocer las actividades de mayor relevancia en el diseño de productos permite a las organizaciones mantenerse en el mercado y ser competitivas.

Las actividades involucradas dentro del diseño de producto tienen una importancia considerable; en consecuencia, omitir alguna de ellas genera errores. Existe gran variedad de metodologías de diseño de productos, y la identificación de estas se logra revisando información secundaria.

Esta investigación reúne bases teóricas que permiten reconocer la importancia del diseño de producto dentro de su desarrollo en una empresa manufacturera. Las actividades encontradas dentro de la revisión de fuentes secundarias brindan una visión más amplia del proceso de diseño, lo cual permite conocer la participación de dichas actividades dentro del modelo VDI 2221 y el modelo metodológico I+P+D3, con base en su comparación. El análisis resultante de la comparación permite identificar las actividades más importantes que debe realizar el diseñador dentro del proceso.

Los mercados actuales exigen que los productos sean diseñados con un alto enfoque en los requerimientos del cliente, con el fin de sostener o incrementar su posicionamiento en el mercado. En los modelos clásicos de diseño, los requerimientos se traducen en especificaciones del producto que representarán la base para la realización del diseño. Sin embargo, los ingenieros de diseño han observado la necesidad de contar con metodologías definidas que les faciliten este proceso. Como consecuencia, se han desarrollado técnicas y herramientas genéricas que facilitan las tareas del equipo de diseño: por ejemplo, recolectar información (Bernal & Dornberger, 2009), generar conceptos (León, 2011), evaluar diseños y especificar los requisitos técnicos del producto (Gani & Ng, 2015), seleccionar materiales, identificar las necesidades del cliente, representar atributos geométricos, hacer las pruebas y las especificaciones finales (Alsyouf, Al-Alami & Saidam, 2015).

1.1. El Diseño y Desarrollo de Productos

El diseño de productos contiene etapas específicas que permiten el desarrollo de un bien tangible. Para evitar confusiones, es importante identificar la diferencia entre método, técnica, modelo y metodología, y así llegar a comprender los pasos de una manera sistematizada y lógica.

De acuerdo con las definiciones de estos términos, método hace referencia a la manera como una persona (un ingeniero de diseño, en este caso) realiza su tarea (diseñar); las técnicas son las herramientas que utiliza tal persona para aplicar su método; el modelo es la forma de representar el método, con el fin de estudiarlo y comprenderlo; la metodología es el conjunto de pasos que permiten plasmar de manera formal el método. De esta manera, mientras las técnicas son herramientas para el método, la metodología lo es para el modelo; en este caso, los modelos de diseño son guías estructuradas que apoyan el proceso. Teniendo en cuenta lo anterior, un modelo metodológico es la representación del estudio individual de los elementos que componen de manera ordenada las tareas que debe realizar un diseñador.

Ahora bien, dichos modelos contienen etapas, las cuales, según la Real Academia de la Lengua Española (2001) se definen como cada una de las partes diferenciadas en que se divide el desarrollo de una acción o un proceso, y dentro de las cuales se involucra un conjunto de fases,

que se definen, a su vez, como el estado por el cual pasa el proceso que se desarrolla.

Para el desarrollo de esta investigación, se analiza un modelo de diseño tradicional con un modelo metodológico de diseño actual, tras un estudio de revisión y comparación de modelos de diseño de producto, que actualmente son utilizados en las compañías.

En el presente estudio de revisión se ha determinado un proceso básico y general para cualquier modelo y para cualquier metodología de diseño en las etapas presentadas en la figura 1.

Figura 1
Proceso estándar de diseño



Fuente: Elaboración propia

1.2. El Diseño y Desarrollo de Productos

La variación de los mercados actuales ve necesario que los procesos de diseño enfaticen en la importancia de los requerimientos del cliente, con el fin de mantener o incrementar la competitividad. Los modelos de diseño se clasifican así en dos tipos:

1.2.1. Modelo del ciclo básico de diseño

Forma específica del método general de soluciones orientado a la resolución del problema de diseño; compuesta por actividades como análisis, síntesis y evaluación (Riba y Molina, 2006), que se pueden aplicar, de forma iterativa, a distintas necesidades de diseño dentro de la industria.

1.2.2. Modelos de etapas

Los modelos de diseño, sean clásicos o actuales, son una combinación de arte y ciencia. Algunos métodos científicos son usados para asegurar que el producto haga uso efectivo del espacio, los materiales, las interacciones entre las partes y sobre todo, para apuntar al logro de todo lo anterior a un costo atractivo para los potenciales compradores (Riba y Molina, 2006).

1.2.2.1. Modelos clásicos

Se agrupan en conjunto los modelos clásicos, que, en su mayor parte, comprenden solo el diseño del producto y establecen las etapas del problema por resolver y la secuencia más recomendable para llevarlas a término. Fundamentalmente, se establecen las fases de especificación, de diseño conceptual, de diseño de materialización y de diseño de detalle. Actualmente, los modelos de diseño integran los aspectos de los modelos del ciclo básico y el

modelo de etapas; el diseño de un producto integra herramientas, modelos y métodos para obtener un desarrollo. Es necesario analizar las especificaciones para proponer una geometría detallada acorde con las restricciones, con el material adecuado y con ciertos aspectos que resultan relevantes para el proceso de producción. A continuación, se describen dos modelos de etapas: uno clásico (VDI 2221) y uno metodológico (I+P+D3), que permitieron contrastar las actividades del ciclo básico de diseño.

1.2.2.1.1. Norma alemana VDI 2221

La Asociación Alemana de Ingenieros propone un modelo de diseño de productos, el cual menciona los requerimientos, los modelos conceptuales y una fase de alistamiento para la producción (Jänsch & Birkhofer, 2006).

Las fases de este modelo permiten observar una secuencia de actividades para identificar la información necesaria para el desarrollo de un producto, y se enunciarán a continuación:

Especificación

Esta fase contiene información importante y precisa para el desarrollo de un producto; la información es el resultado de investigación de las necesidades que el producto va a satisfacer.

Estructura funcional

Consiste en determinar las funciones del producto: la función general y las subfunciones que ha de cumplir el producto que se está diseñando. La clasificación y la combinación de dichas funciones secundarias en las estructuras forman una base para la búsqueda de soluciones para el producto o la función global. Estas se presentan, por lo general, en forma de diagramas formales, pero en algunos casos son suficientes descripciones sencillas.

Solución principal

Se hace una búsqueda de los principios de solución para todas las subfunciones. El resultado es una solución principal, que representa la mejor combinación de los efectos físicos y las características de realización preliminares para cumplir con la estructura de la función. Puede ser documentado como un esbozo, un diagrama, un circuito o, incluso, una descripción.

Estructura modular

El resultado es una estructura de módulo que, en contraste con la estructura de la función o la solución de principio, proporciona una indicación preliminar de la descomposición de la solución en los grupos realizables; estos permiten definir las especificaciones antes de hacer bosquejos específicos del producto.

Diseños preliminares

Consiste en impulsar los diseños de los módulos principales. El grado de refinamiento de la geometría, los materiales y otros detalles solo debe llevarse a cabo tan lejos como para permitir el diseño óptimo para ser seleccionados. El resultado de esta etapa es un conjunto de diseños preliminares de los módulos principales, que se pueden representar como dibujos a escala, diagramas de circuito, etcétera.

Diseño definitivo

Los diseños preliminares de los módulos se completan adicionando más información detallada sobre conjuntos y componentes no incluidos anteriormente, y por la combinación de todos los conjuntos y los componentes. Esta etapa resulta en un diseño definitivo que contiene toda la información de configuración esencial para realizar el producto, las formas de representación son dibujos a escala, listas de piezas preliminares, diagramas de flujo de instrumentación, entre otros.

Documentos del producto

Tabla 1
Relación entre el proceso estándar de diseño con el modelo VDI 2221 y el modelo metodológico I+P+D3.

Proceso Estándar de Diseño	Modelo VDI 2221	Modelo Metodológico IP+D3
	Etapas	Etapas
Investigación	Definición del producto	Investigación
Organización	Diseño conceptual	Planificación
Diseño	Diseño de materialización	Definición del producto
		Diseño
Prueba	Diseño de detalle	Prueba de desarrollo

Fuente: elaboración propia

Los modelos usados en esta investigación presentan etapas semejantes en su estructura; la comparación que se hace frente al proceso estándar de diseño permite identificar la relación y la referencia de cada etapa. Es importante aclarar que las etapas de la norma alemana VDI 2221 en la Tabla 1 se han adoptado a su objetividad.

2. Metodología

Para determinar las actividades más importantes en el diseño de productos, se aplica una técnica que permite llevar a cabo el proceso metodológico, llamada mapeo sistemático (Petersen, Feldt, Mujtaba & Mattsson, 2008), el cual es un estudio secundario que tiene como objeto elaborar un esquema de clasificación y estructuración en un campo de interés. Para desarrollar la investigación, se propone un proceso de cinco pasos: precisar las preguntas de investigación; ejecutar la búsqueda de los documentos acertados; escoger los estudios primarios; análisis de los resúmenes y definición de las palabras clave; obtención de datos, y mapeo de los estudios primarios seleccionados. Cada uno de los pasos del proceso tiene un resultado, y el mapeo sistemático es el resultado final de los procesos. En el presente estudio se desarrollan los pasos mencionados y se elabora un protocolo con el fin de obviar sesgos en el estudio (Elberzhager, Münch & Nha, 2012).

2.1. Preguntas de investigación

Las preguntas de investigación se definen según el principal objetivo del estudio: en este caso, identificar, mediante un análisis comparativo de modelos, las actividades más relevantes para el proceso de diseño. Para lograr los objetivos, se define una pregunta de investigación (PI). La pregunta PI define la base del estudio y permite tener una visión global de los resultados que se buscan utilizando como método la comparación de modelos de diseño. La pregunta PI se define así: ¿Cómo identificar las actividades de diseño más relevantes mediante el análisis comparativo de los modelos propuestos en la norma VDI 2221 y el modelo metodológico I+P+D3?

2.3. Selección de estudios

Para seleccionar los estudios primarios, se definieron criterios de inclusión y exclusión. De esta manera, los criterios de inclusión establecidos fueron:

- Metodologías de diseño validadas y aplicadas en empresas que diseñan y desarrollan productos.
- Modelos de diseño que describen las actividades que realiza un diseñador en su proceso.
- Casos de estudio aplicados en empresas manufactureras que evidencian el uso de metodologías de diseño.

Los criterios de exclusión definidos fueron los siguientes:

- Otras metodologías de diseño que no evidencian el diseño de productos de cualquier proceso.
- Otros modelos de diseño diferentes de los definidos como objeto de estudio.

El proceso de selección de estudios primarios comprende diferentes fases. La primera fase de la selección consiste en excluir los artículos duplicados; luego se aplicaron los criterios de inclusión y de exclusión basados en el título de los artículos y en el resumen de los artículos primarios; así se obtuvieron 130 artículos. Durante la segunda fase, con base en el indicador de calidad que arroja SCImago Journal Rank, se escogieron artículos provenientes solo de revistas con calificación Q1 y Q2; según ese criterio, 52 artículos contenían la información necesaria para el desarrollo del estudio. Finalmente, se les aplicaron los siguientes criterios de calidad, tomados de Elberzhager, Münch, y Nha (Elberzhager, Münch & Nha, 2012). para comprobar que sean acordes a las preguntas planteadas en el presente estudio:

- Los objetivos de la investigación se describen con claridad.
- El enfoque se explica suficientemente.
- Los datos de entrada y de salida a utilizar en la investigación son explícitamente mencionados.
- La evidencia del enfoque se documenta.

Aplicando los criterios de calidad mencionados, de 52 artículos, en la fase anterior, se descartaron 24, y de ello resultaron 28 documentos primarios que se toman como entrada para el proceso de extracción de datos.

2.3. Extracción de datos y síntesis

Para la extracción y la síntesis de los datos se crea un esquema que permite el cumplimiento de los objetivos planteados para el desarrollo del estudio:

- Búsqueda de modelos con metodologías que incluyen actividades de diseño.
 - Construir y diligenciar matriz con información relevante de los documentos.
 - Evaluar cualitativamente las actividades de diseño encontradas en los documentos primarios frente al modelo de diseño alemán VDI 2221 y el modelo metodológico I+P+D3.
 - Determinar la frecuencia a partir de la evaluación agrupando taxonómicamente las actividades.
 - Determinar las actividades de mayor relevancia en el proceso de diseño a partir de la evaluación cualitativa del modelo alemán y el modelo metodológico.
 - Representar gráficamente el comportamiento de las actividades de diseño dentro de cada modelo, para conocer su relevancia.
 - Analizar comparativamente las evaluaciones realizadas en cada uno de los modelos.
-

3. Resultados

A partir de las preguntas de investigación, selección de bibliotecas digitales y definición de la estrategia de búsqueda, selección de estudios, extracción de datos y síntesis se genera la clasificación de las actividades involucradas en cada uno de los modelos de diseño propuestos por diferentes autores.

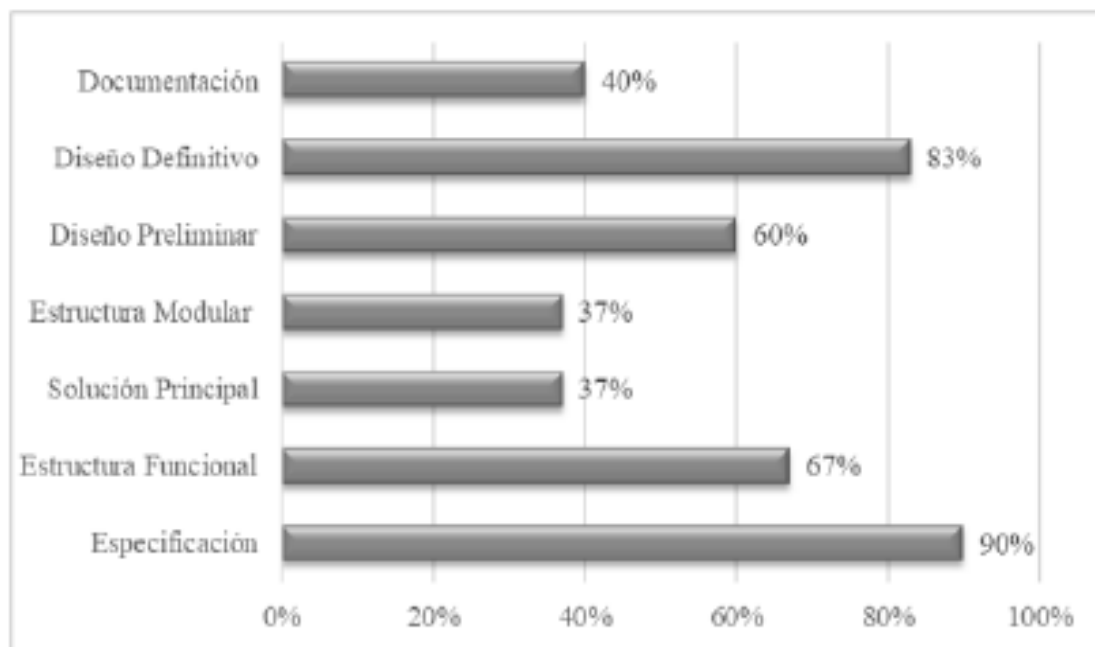
A partir de las actividades de diseño encontradas y de su contraste con la norma alemana VDI 2221 y el modelo metodológico I+P+D3, mediante una matriz de evaluación, se valora la participación de cada actividad dentro de las etapas propuestas por la Asociación Alemana de Ingenieros (Baez, Carrillo & Castelblanco, 2016). La evaluación realizada cuenta con el criterio de expertos, con base en la agrupación de actividades en las metodologías encontradas. Este proceso cualitativo permitió reconocer a qué etapa pertenecía cada actividad teniendo en cuenta la descripción de cada modelo.

3.1. Análisis de resultados (evaluación de la norma VDI 2221)

Las etapas del modelo alemán VDI 2221 son usadas como patrón para la evaluación cualitativa frente a las metodologías revisadas en los 28 artículos científicos.

La participación de los 28 artículos científicos encontrados con metodologías de diseño se enfoca, principalmente, en tres etapas: especificación, estructura funcional y diseño definitivo. El gráfico 1 permite evidenciar la participación de las metodologías encontradas dentro del modelo alemán VDI 2221.

Gráfico 1
Participación de las metodologías de diseño dentro del modelo alemán VDI 2221.



Fuente: elaboración propia

Se elabora una matriz taxonómica tomando como base la Taxonomía de Bloom (2008), que permite la agrupación de las habilidades cognitivas que posee un diseñador con base en las

ANEXO 2. Matriz de consistencia

Definición del problema	Objetivos	Variables	Metodología
<p><u>Problema general</u></p> <p>¿Cómo solucionar el problema de producción de leña en la empresa comunal de Yungaqui?</p> <p><u>Problemas específicos</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿Cuáles serán las características técnicas y físicas, que debe tener una máquina rajadora de leña? - ¿Cómo seleccionar componentes de la máquina rajadora de leña? - ¿Cuál será la estructura de funciones de la máquina rajadora de leña? - ¿Cómo se elegirán los componentes adecuados para la máquina rajadora de leña? - ¿Qué procedimiento garantiza la correcta elección de componentes? - ¿Qué software podemos utilizar para avalar los resultados? - ¿Cómo analizar los costos de fabricación? 	<p><u>Objetivo general</u></p> <p>Diseñar una máquina hidráulica rajadora de troncos de eucalipto para la comunidad de Yungaqui Cusco - 2022.</p> <p><u>Objetivos específicos</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Realizar una lista de exigencias detallada, enfocada en las normas y necesidades del cliente. - Indagar el estado de la tecnología en que se encuentra la empresa comunal de Yungaqui. - Realizar una estructura de funciones para el proceso automático del rajado de leña. - Elaborar un cuadro de matriz morfológica que permita encontrar la solución óptima. - Hacer cálculos matemáticos demostrativos utilizando las fórmulas adecuadas. - Demostrar mediante el uso de un software la veracidad de los cálculos matemáticos y de las secuencias de funcionamiento. - Analizar costos de fabricación hasta la puesta en operación. 	<p><u>Variables independientes</u></p> <p>Tronco de eucalipto</p> <p>Presión x área de cilindro</p> <p>Grosor del tronco de eucalipto</p> <p><u>Variables dependientes</u></p> <p>Rapidez en la producción</p> <p>Fuerza del cilindro hidráulico</p> <p>Área de contacto en la cuchilla</p>	<p><u>Metodología de investigación</u></p> <p><u>Tipo de investigación</u></p> <p>Investigación tecnológica</p> <p><u>Nivel de investigación.</u></p> <p>Experimental</p> <p><u>Metodología del diseño</u></p> <p>Se aplica la metodología recomendada por la Asociación Alemana de Ingenieros VDI 2221.</p>

ANEXO 3. Lista Arancelaria de importación de la republica de Perú

Anexo 2.3 - Lista Arancelaria de la Republica del Peru

Subpartida	Descripción	Arancel Base	Categoría de Desgravación	Salvaguardia	Observaciones
8465931000	Máquinas para amolar, lijar o pulir, de control numérico	4%	A		
8465939000	Demás máquinas para amolar, lijar o pulir, excepto de control numérico	4%	A		
8465941000	Máquinas de curvar o ensamblar, de control numérico	4%	A		
8465949000	Demás máquinas de curvar o ensamblar	4%	A		
8465951000	Máquinas para taladrar o mortajar, de control numérico	4%	A		
8465959000	Demás máquinas para taladrar o mortajar, excepto de control numérico	4%	A		
8465960000	Máquinas para hendir, trocear o desenrollar, madera, corcho, hueso, caucho endurecido, plástico o materias duras similares	4%	A		
8465991000	Máquinas herramienta para trabajar madera, corcho, hueso, caucho endurecido, plástico rígido o materias duras similares, de control numérico	4%	A		
8465999000	Demás máquinas herramienta para trabajar madera, corcho, hueso, caucho endurecido, plástico rígido o materias duras similares	4%	A		
8466100000	Portaútiles y cabezales de roscar retractables automáticamente, para máquinas herramientas	4%	A		
8466200000	Portapiezas, para máquinas herramientas	4%	A		
8466300000	Dispositivos divisores y demás dispositivos especiales para montar en máquinas herramienta	4%	A		
8466910000	Partes y accesorios destinadas, exclusiva o principalmente, para máquinas herramientas de la partida 84.64	4%	A		
8466920000	Partes y accesorios identificables como destinados, exclusiva o principalmente, a las máquinas de la partida no 84.65	4%	A		
8466930000	Partes y accesorios identificables como destinados, exclusiva o principalmente, a las máquinas de las partidas nos 84.56 a 84.61	4%	A		
8466940000	Partes y accesorios identificables como destinados, exclusiva o principalmente, a las máquinas de las partidas nos 84.62 u 84.63	4%	A		

ANEXO 4. Ficha técnica para el canal U

DENOMINACIÓN:

C(U) A36.

C(U) DUAL A36/A572 – G50.

DESCRIPCIÓN:

Producto laminado en caliente con sección en forma de "U" (con alas paralelas), de calidad estructural y calidad estructural de alta resistencia porque cumple con las normas ASTM A36 y ASTM A36/A572 (DUAL) simultáneamente.

USOS:

En la fabricación de estructuras metálicas, puertas grandes, rejas y cercos de mayor tamaño, etc.

NORMAS TÉCNICAS:

- Composición Química y Propiedades Mecánicas: ASTM A36/A36M, ASTM A572/A572M, NTP 350.400 y NTP 350.407
- Tolerancia Dimensional: ASTM A6 /A6M y NTP 241.105

PRESENTACIÓN:

Se comercializa en barras de 6 metros de longitud. Se suministra en paquetes de 1 t.

DIMENSIONES ESTÁNDAR:

DESIGNACIÓN NOMINAL		ÁREA pulg. ²	BASE ALMA(A) pulg.	ALA(B) pulg.	ESPESOR NOMINAL (mm)	
pulg.	lb/pie				ALA(t _w)	BASE/ALMA (t _f)
2"	2.58	0.76	2.00	1.00	4.75	4.75
3"	4.10	1.21	3.00	1.41	6.93	4.32
3"	5.00	1.47	3.00	1.50	6.93	6.55
3"	6.00	1.76	3.00	1.60	6.93	9.04
4"	4.50	1.32	4.00	1.58	7.52	3.18
4"	5.40	1.59	4.00	1.58	7.52	4.67

DESIGNACIÓN NOMINAL		ÁREA pulg. ²	BASE ALMA(A) pulg.	ALA(B) pulg.	ESPESOR NOMINAL (mm)	
pulg.	lb/pie				ALA(t _w)	BASE/ALMA (t _f)
9"	20.00	5.88	9.00	2.65	10.49	11.38
10"	15.30	4.49	10.00	2.60	11.07	6.10
10"	20.00	5.88	10.00	2.74	11.07	9.63
10"	25.00	7.35	10.00	2.89	11.07	13.36
10"	30.00	8.82	10.00	3.03	11.07	17.09
12"	20.70	6.09	12.00	2.94	12.73	7.16
12"	25.00	7.35	12.00	3.05	12.73	9.83
12"	30.00	8.82	12.00	3.17	12.73	12.95
15"	33.90	9.96	15.00	3.40	16.51	10.16
15"	40.00	11.80	15.00	3.52	16.51	13.21
15"	50.00	14.70	15.00	3.72	16.51	18.19

(1) Dimensión correspondiente a la calidad ASTM A36/A572 (DUAL)

(t_f) Los espesores reales de ala y alma varían de acuerdo a las prácticas de la planta de laminación; sin embargo, no se han establecido tolerancias para tales dimensiones.

- La tolerancia en peso es -2.5% /+3.0% del peso nominal.

COMPOSICIÓN QUÍMICA (%):

%C máx	%Mn máx	%Si máx	%P máx	%S máx	Tipo 1 %Nb	Tipo 2 %V
0.23	1.35	0.40	0.04	0.05	0.005 - 0.050	0.01 - 0.15

PROPIEDADES MECÁNICAS:

SEGÚN ASTM A36

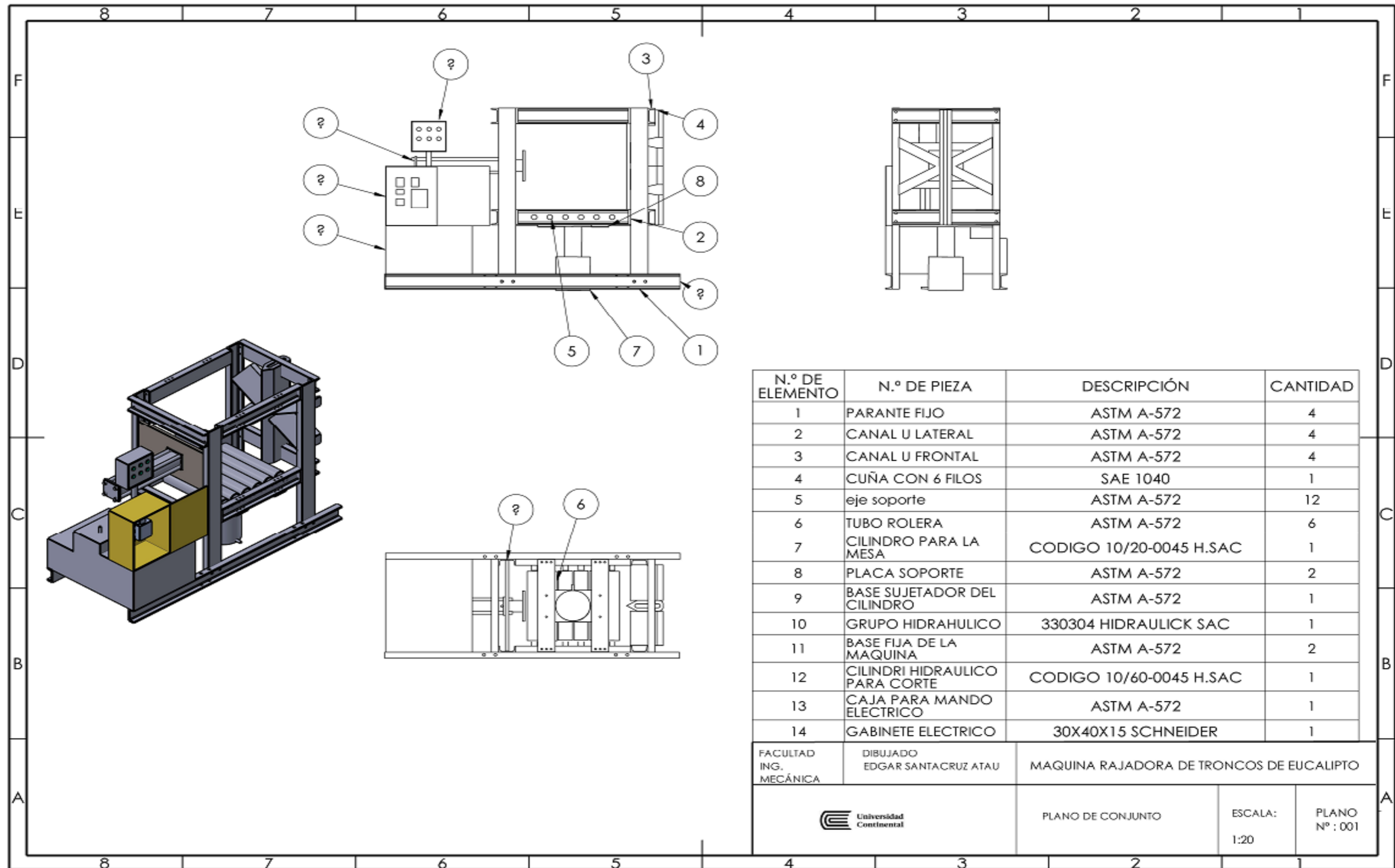
- Límite de Fluencia = 250 MPa (25.5 kg/mm²) mínimo.
- Resistencia a la Tracción = 400 - 550 MPa (40.8 - 56.2 kg/mm²).
- Alargamiento en 200 mm: = 20.0% mínimo.

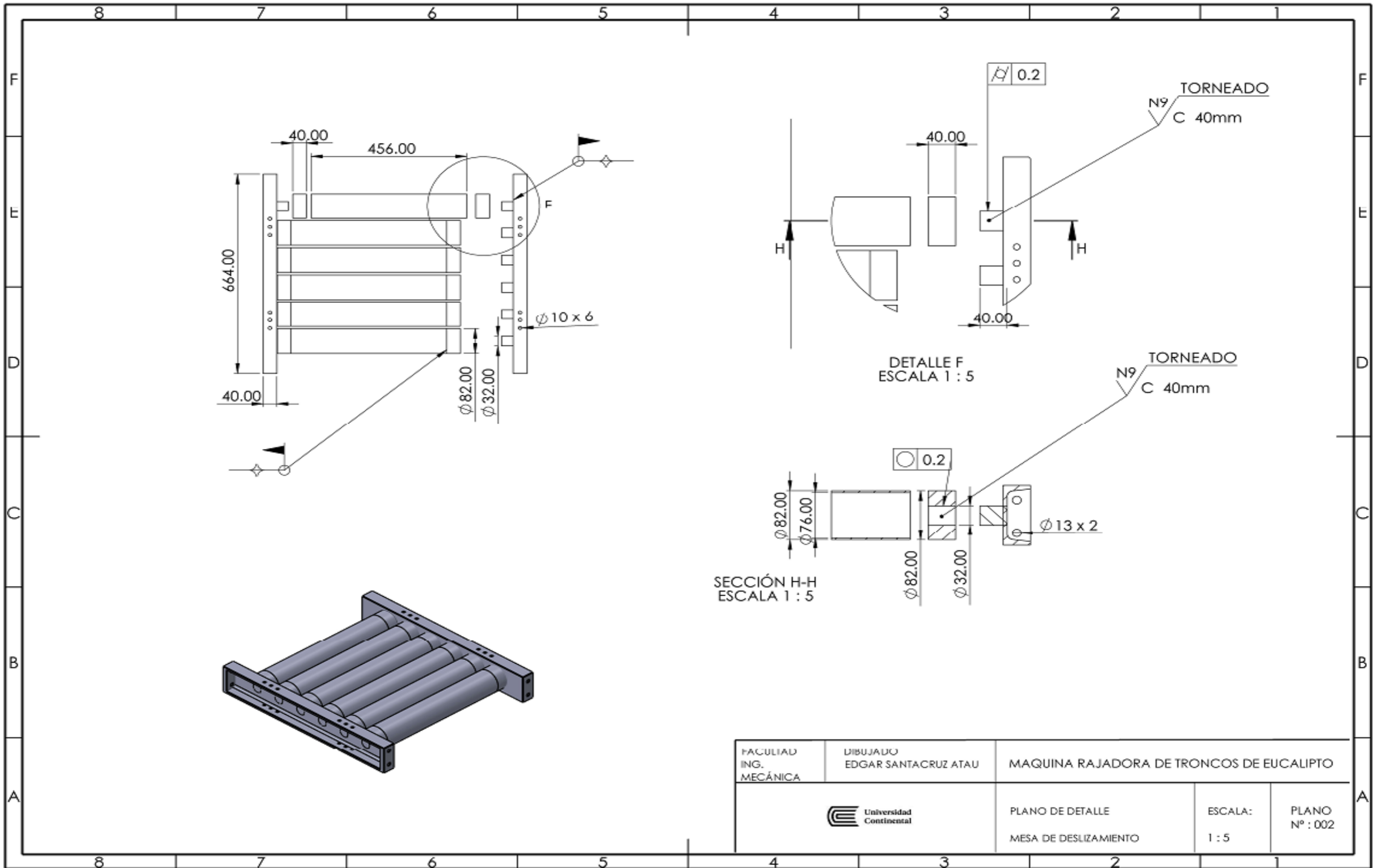
SEGÚN ASTM A36/A572 (DUAL)

- Límite de Fluencia = 345 MPa (35.2 kg/mm²) mínimo.
- Resistencia a la Tracción = 450 - 550 MPa (45.9 - 56.2 kg/mm²).
- Alargamiento en 200 mm: = 20.0% mínimo.

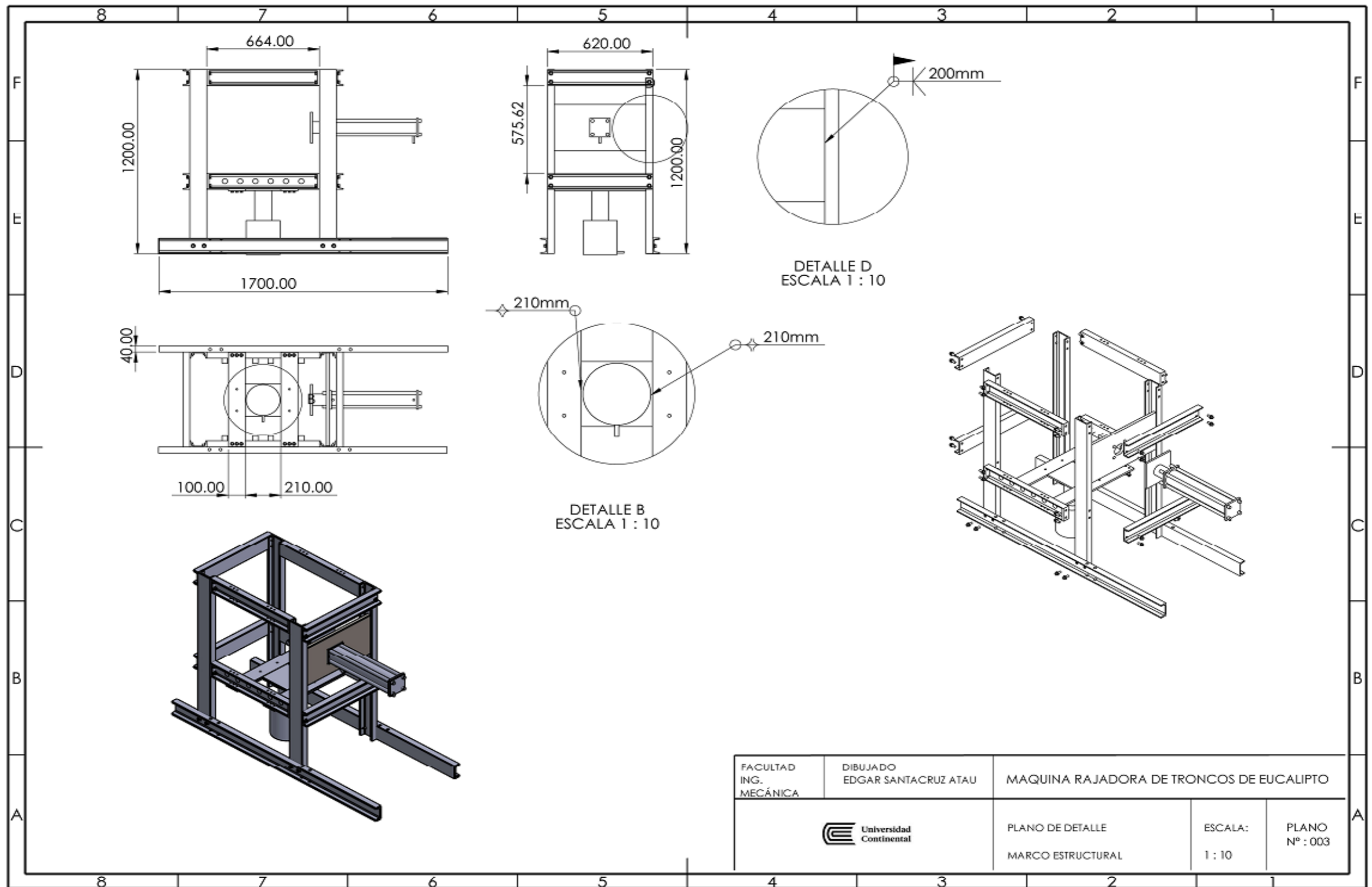
Fuente: <https://www.acerosarequipa.com/sites/default/files/fichas/2021>

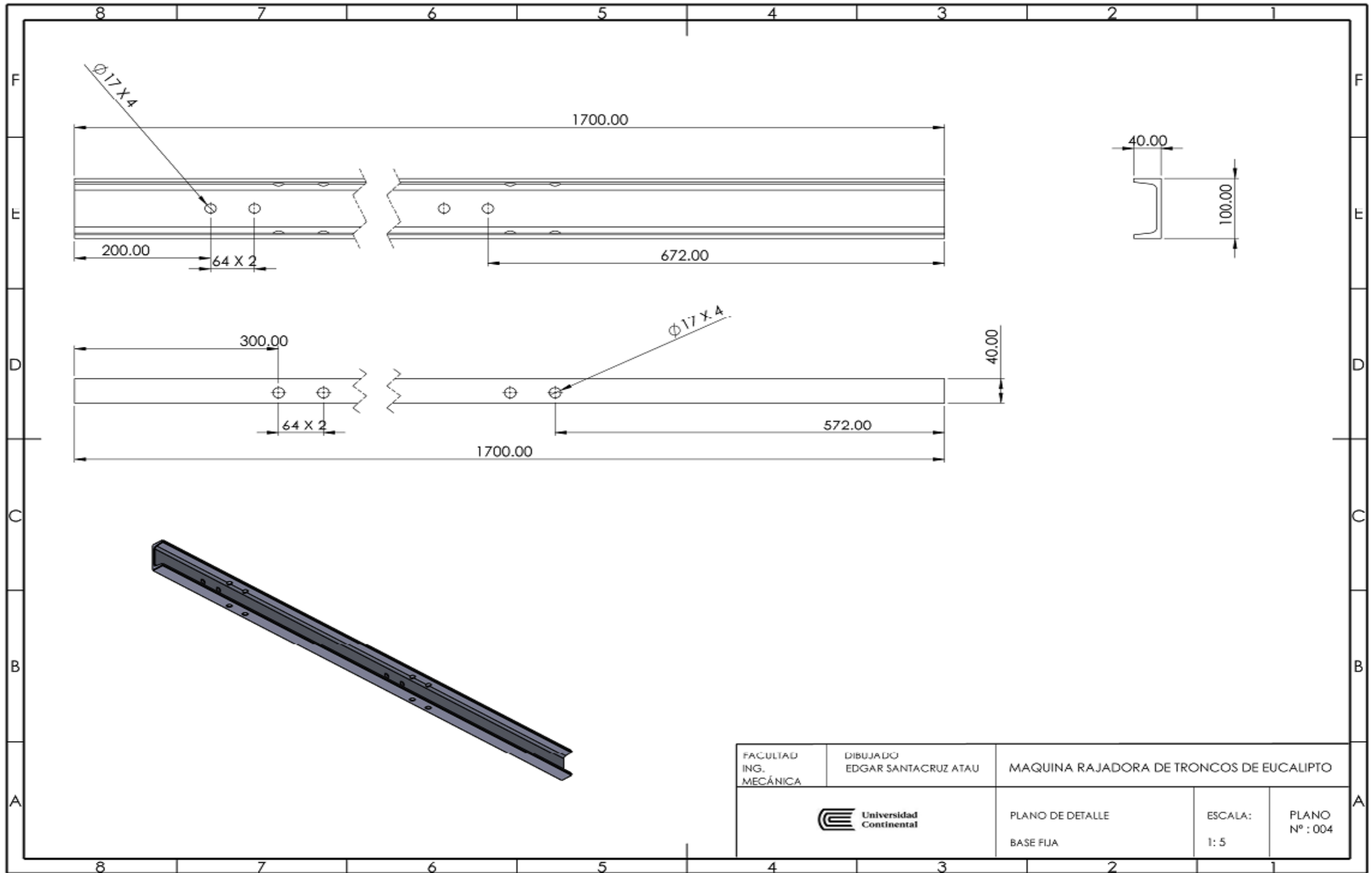
ANEXO 5. Planos mecánicos

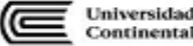


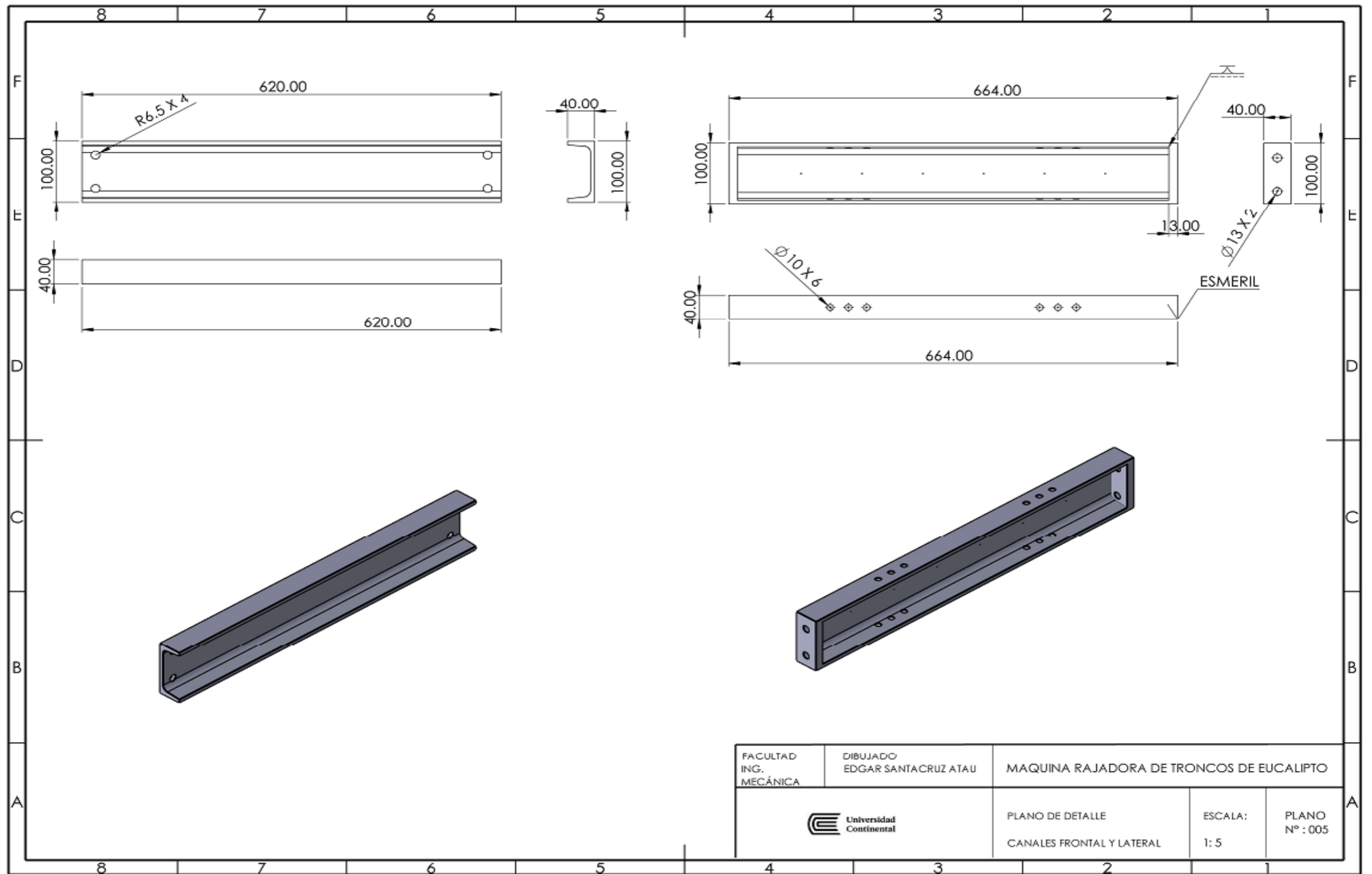


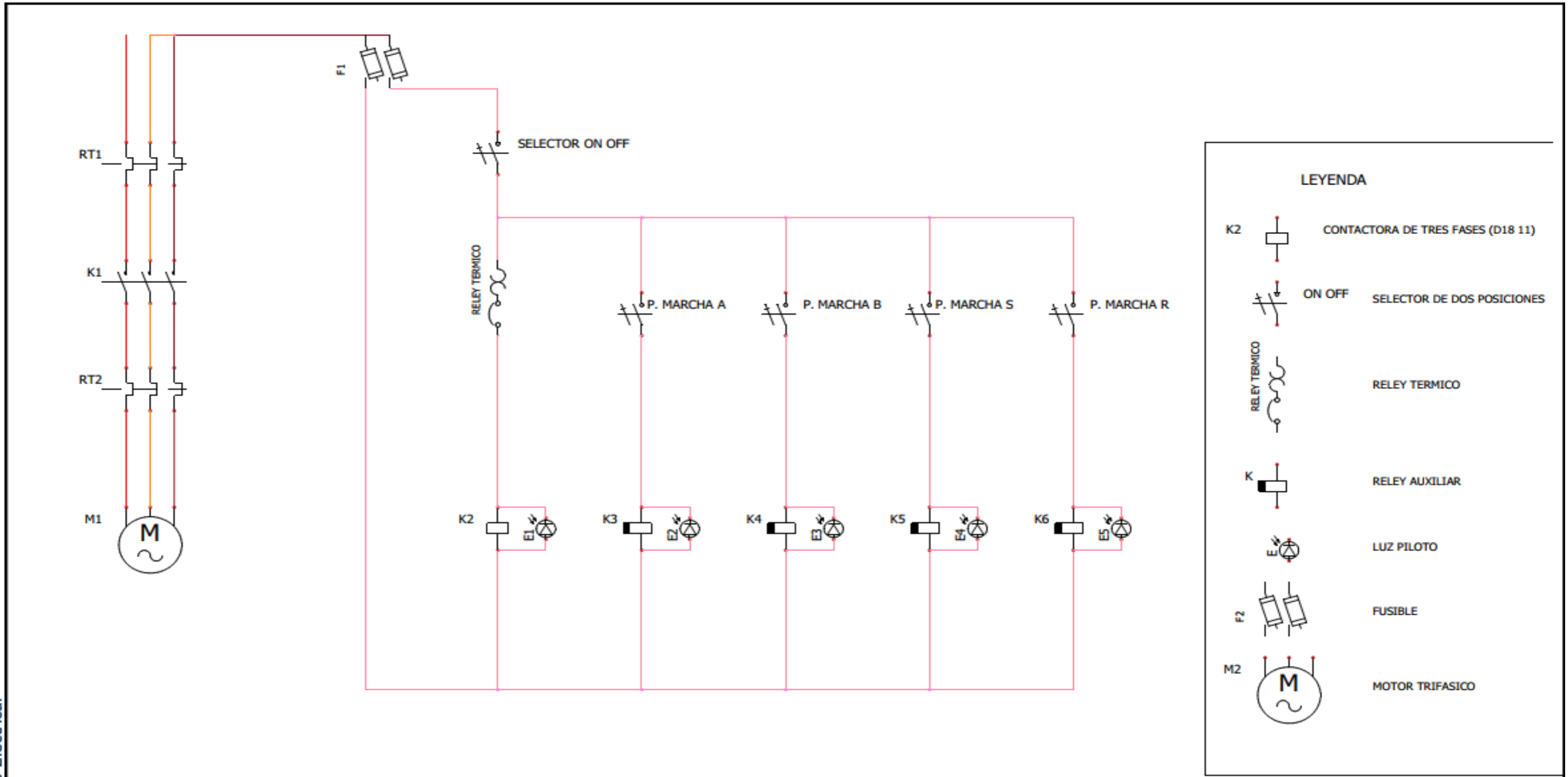
FACULTAD ING. MECÁNICA	DIBUJADO EDGAR SANTACRUZ ATAU	MAQUINA RAJADORA DE TRONCOS DE EUCALIPTO		
		PLANO DE DETALLE MESA DE DESLIZAMIENTO	ESCALA: 1 : 5	PLANO Nº : 002



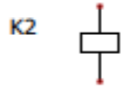

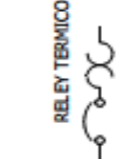
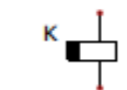


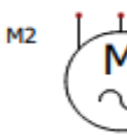


FACULTAD ING. MECÁNICA	DIBUJADO EDGAR SANTACRUZ ATAU	MAQUINA RAJADORA DE TRONCOS DE EUCALIPTO		
 Universidad Continental		PLANO DE DETALLE	ESCALA:	PLANO
		BASE FIJA	1: 5	Nº : 004





LEYENDA

-  K2 CONTACTORA DE TRES FASES (D18 11)
-  ON OFF SELECTOR DE DOS POSICIONES
-  RELEY TERMICO
-  K RELEY AUXILIAR
-  E LUZ PILOTO
-  F2 FUSIBLE
-  M2 MOTOR TRIFASICO

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA UNIVERSIDAD CONTINENTAL	Potencia					REVISION	
	CIRCUITO DE FUERZA Y DE MANDO					0	
CONTRACT:	LOCATION: L1	Armario principal	REV.	DATE	NAME	CHANGES	SCHEME
			Datos de usuario 1		EDGAR SANTACRUZ ATAU	Datos de usuario 2	04

Document realized with version : 2020.0.1.22