

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,
INFORMÁTICA Y MECANICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



TESIS

**DISEÑO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN BOTAL PARA
CURTIEMBRE DE PIEL DE ALPACA BABY PARA ARTESANOS**

PRESENTADO POR:

Br. ROLANDO HUALLPA SOTO

Br. EDGAR AIMACHOQUE MAMANI

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO MECÁNICO**

ASESOR:

Mgt. MARIO GABRIEL CASTRO IRRARAZABAL

CUSCO - PERÚ

2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: DISEÑO PARA LA CONSTRUCCION DE UN BOTAL PARA CURTIEMBRE DE PIEL DE ALPACA BABY PARA ARTESANOS

presentado por: ROLANDO HUALPA SOTO con DNI Nro.: 41229355 presentado por: EDGAR AIMACHOQUE MAMANI con DNI Nro.: 41605824 para optar el título profesional/grado académico de INGENIERO MECANICO

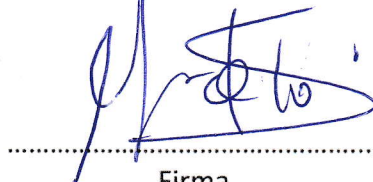
Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 02 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 10 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 13 de ENERO de 2025



Firma

Post firma MARIO GABRIEL CASTRO IRRARAZABAL

Nro. de DNI 23904002

ORCID del Asesor 0000-0002-4667-4954

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259:417856916

ROLANDO HUALLPA SOTO Y EDGAR AIMACHOQUE ... DISEÑO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN BOTAL PARA CURTIEMBRE DE PIEL DE ALPACA BABY PARA ARTESANOS

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:417856916

Fecha de entrega

20 dic 2024, 9:25 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

13 ene 2025, 12:47 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

TESIS FINAL 2024.pdf

Tamaño de archivo

6.1 MB

170 Páginas

24,725 Palabras

141,119 Caracteres

10% Similitud general

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




Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 12 palabras)

Exclusiones

- ▶ N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 10%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 5%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

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

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

PRESENTACIÓN

Señor:

Decano de la Facultad de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Informática y Mecánica.

Señores docentes miembros del jurado.

Dando conformidad con el Reglamento de Grados y Títulos, los cuales rigen nuestra casa de estudios, con la finalidad de optar al título de Ingeniero Mecánico, presente ante usted y los docentes que son parte del jurado, el presente trabajo de investigación intitulado:

“DISEÑO PARA LA CONSTRUCCION DE UN BOTAL PARA CURTIEMBRE DE PIEL DE ALPACA BABY PARA ARTESANOS”.

Cuya finalidad es el Diseño para la Construcción de un botal para curtiembre de piel de alpaca baby para artesanos, considerar que para ejecutar la presente investigación se tuvo en consideración los conocimientos básicos de metodología de la investigación científica.

Br. HUALLPA SOTO, Rolando

Br. AIMACHOQUE MAMANI, Edgar

RESUMEN

Esta investigación se enfocó en el diseño para la construcción de un botal para curtiembre de piel de alpaca baby, orientado a pequeños artesanos. Se empleó una metodología estructurada, respaldada por enfoque cuantitativo, descriptivo y no experimental. Varios métodos de recolección de datos, incluyendo estadísticas, documentales y entrevistas no estructuradas, se utilizaron para obtener información precisa y veraz. Los objetivos específicos condujeron a resultados tangibles, como la capacidad de carga precisa de 70.4 kg y la adaptabilidad modular del diseño, permitiendo una producción de 20 cueros por ciclo. La fabricación del botal proyecta recuperar S/. 8,770.07 en 12 meses, generando S/. 1,626.67 de ganancia según VAN y TIR. La simulación corroboró la viabilidad técnica del botal, demostrando su desempeño dentro de parámetros específicos, como una velocidad de rotación de 9-10 RPM y capacidad para soportar un peso total de 70.4 kg. Cabe destacar que la aplicación meticulosa de la norma VDI 2221 permitió discernir la solución más conveniente para el botal, validando su viabilidad técnica y económica. En conclusión, el estudio logró integrar con éxito una metodología de diseño estructurado respaldado por la normativa VDI 2221, garantizando un diseño eficiente, rentable y acorde a las necesidades de los pequeños artesanos. Este proyecto coadyuva significativamente a la mejora de la calidad y eficiencia productiva de los artesanos de la región, ofreciendo un retorno económico sustancial y una mejora significativa en la producción artesanal.

Palabras clave: Curtiembre, Diseño estructurado, Normativa VDI 2221, Piel de alpaca baby, Rentabilidad económica

ABSTRACT

This study focused on the design for the construction of a tanning drum for baby alpaca skin, targeted towards small-scale artisans. Employing a structured, quantitative, descriptive, and non-experimental approach, the study utilized various data collection methods, including statistics, documentation, and unstructured interviews, to ensure precision and accuracy in the research. Specific objectives yielded tangible outcomes, such as a precise load capacity of 70.4 kg and modular design adaptability, enabling a production output of 20 hides per cycle. The production of the total is projected to recover S/. 8,770.07 in 12 months, generating a profit of S/. 1,626.67 based on NPV and IRR. Simulation validated the technical viability of the tanning drum, demonstrating performance within specific parameters, including a rotation speed of 9-10 RPM and a total weight capacity of 70.4 kg. Notably, the meticulous application of the VDI 2221 standard facilitated the identification of the most suitable solution for the tanning drum, validating its technical and economic viability. In conclusion, the study successfully integrated a structured design methodology reinforced by the VDI 2221 standard, ensuring an efficient, profitable design aligned with the needs of small-scale artisans. This project significantly contributes to enhancing the quality and productivity of local artisanal work, offering substantial economic returns and a substantial improvement in artisanal production.

Keywords: Tanning, Structured design, VDI 2221 standard, Baby alpaca skin, Economic feasibility.

INTRODUCCIÓN

Se da a conocer la presente a investigación, la cual tiene como principio el diseño para la construcción de un botal para curtir la piel de alpaca baby, con el propósito de ayudar a los pequeños artesanos. En la actualidad se dio un gran cambio en el sistema tecnológico, sin embargo, en el tema de la curtiembre, no se cuenta con una máquina que permita realizar el trabajo, lo cual podría ahorrar tiempo y dinero para los pequeños artesanos, por tanto, se pretende aportar en el rubro industrial.

Con la finalidad de sistematizar la investigación se presenta el siguiente orden, la cual está distribuida por capítulos, de la siguiente forma:

En el capítulo I, se da a conocer los aspectos generales, el planteamiento de problemas, asimismo, los objetivos, la hipótesis, variables, justificación, alcances, limitaciones.

Seguidamente en el capítulo II, el marco teórico, donde se da conocer todo lo concerniente al tema.

Capítulo III, se presenta el diseño conceptual, el procedimiento de obtención y evaluación de los conceptos de solución, asimismo, los proyectos preliminares, evaluación técnica-económica.

Capítulo IV se presenta el diseño mecánico, el análisis, selección de material, proceso, equipos, se analiza el diseño en general.

Capítulo V, la misma que contiene la evaluación económica, costos y presupuestos, por último, se da a conocer las conclusiones, recomendaciones, apéndices, anexos.

ÍNDICE

PRESENTACIÓN.....	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT.....	iv
INTRODUCCIÓN	v
ÍNDICE.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	xviii
NOMENCLATURA Y SÍMBOLOS	xix
LISTA DE SIGLAS	xxii
CAPÍTULO I	1
1. ASPECTOS GENERALES.....	1
1.1. ÁMBITO GEOGRÁFICO.....	1
1.2. CONDICIONES METEORÓLOGICAS	2
1.2.1. Planteamiento del problema	3
1.3. PROBLEMA GENERAL.....	7
1.4. OBJETIVO GENERAL	7
1.4.1. Objetivo general	7
1.4.2. Objetivo específico	7
1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	7
1.6. HIPÓTESIS	8
1.7. VARIABLES DE DISEÑO.....	8

1.7.1. Variable independiente de diseño.....	8
1.7.2. Variable dependiente de diseño.....	8
1.8. ALCANCES Y LIMITACIONES.....	9
1.8.1. Alcances.....	9
1.8.2. Limitaciones	9
1.9. METODOLOGÍA.....	9
1.10. MATRIZ DE CONSISTENCIA Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	12
1.11. ESTADO DEL ARTE	14
1.11.1. Empresas fabricantes	14
1.11.2. Trabajos de investigación relacionados	14
CAPÍTULO II.....	20
2. MARCO TEÓRICO	20
2.1. ALPACA	20
2.1.1. Población de alpaca	21
2.1.2. Razas de alpaca.....	23
2.2. PIEL DE ALPACA	26
2.2.1. Características de la piel de alpaca	27
2.2.2. Estructura histológica de la piel de alpaca.....	28
2.2.3. Partes de la piel.....	29
2.2.4. Composición química de la piel	32
2.2.4.1. Agua	33
2.2.4.2. Proteínas	33
2.3. PROCESO DE CURTIDO	34

2.3.1. Remojo.....	34
2.3.2. Descarnado	34
2.3.3. Desengrasado.....	34
2.3.4. Piquelado	35
2.3.5. Curtido	35
2.3.6. Recurtido en sales de cromo	36
2.3.7. Clavado o estacado	36
2.3.8. Engrasado	36
2.3.9. Acabados	37
2.3.10. Piel curtida.....	37
2.4. ANÁLISIS DEL PROBLEMA	39
2.5. CURTICIÓN	40
2.5.1. Instrumento tradicional de curtición.....	41
2.6. TEÓRIA A CERCA DE LOS BOTALES, BOMBO O TAMBOR.....	41
2.7. PATENTES	47
CAPÍTULO III.....	55
3. DISEÑO CONCEPTUAL.....	55
3.1. CONCEPCIÓN DEL DISEÑO	55
3.2. ESTADO DE LA TECNOLOGÍA	55
3.3. LISTA DE EXIGENCIAS	56
3.4. CONCEPCIÓN DE LA SOLUCIÓN.....	60
3.4.1. Abstracción (caja negra).....	61
3.4.2. Abstracción (caja negra).....	62

3.4.3. Secuencia de operaciones	62
3.4.4. Concepto solución	65
3.4.4.1. Solución 01	67
3.4.4.2. Solución 02.....	67
3.4.4.3. Solución 03.....	68
3.4.5. Proyecto preliminar	70
3.4.5.1. Proyecto preliminar 01	70
3.4.5.2. Proyecto preliminar 02	70
3.4.5.3. Proyecto preliminar 03	71
3.4.6. Evaluación de los proyectos preliminares	71
3.4.7. Evaluación técnica.....	72
3.4.8. Evaluación económica.....	73
CAPÍTULO IV.....	75
4. DISEÑO DEL BOTAL	75
4.1. CÁLCULO DE MASAS, VOLUMENES Y DIMENSIONES DEL CILINDRO.....	75
4.1.1. Cálculo de masas	75
4.1.2. Cálculo de volúmenes.....	75
4.1.3. Dimensiones del cilindro	76
4.1.4. Cálculo de velocidad de rotación y potencia del motor.....	77
4.1.5. Cálculo de transmisión por engranajes	81
4.1.6. Cálculo de ejes de transmisión	95
4.2. SELECCIÓN DE RODAMIENTOS.....	106
4.2.1. Cálculo de chavetas	116

CAPÍTULO V	120
5. EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	120
5.1. COSTOS PARA LA FABRICACION DEL MODULO	120
5.2. FLUJO DE CAJA PARA EVALUACIÓN DE PROYECTOS	122
5.2.1. Estructura De Un Flujo De Caja.....	122
5.3. INDICADORES DE RENTABILIDAD.....	122
5.3.1. Valor Actual Neto (VAN)	123
5.3.2. Tasa Interna De Retorno (TIR).....	124
5.3.3. Flujo de Caja.....	127
CONCLUSIONES	129
RECOMENDACIONES.....	131
BIBLIOGRAFÍA	133
APÉNDICES.....	136
Apéndice 01: <i>Diagrama del número crítico de revoluciones</i>	137
Apéndice 02: <i>Factor dinámico, Cv</i>	137
Apéndice 03: <i>Factor geométrico, I, para engranajes rectos 20° de ángulo de presión, altura completa, adendum estándar</i>	138
Apéndice 04: <i>Factor de vida</i>	138
Apéndice 05: <i>Factores de relación de durezas</i>	139
Apéndice 06: <i>Factor dinámico Kv</i>	139
Apéndice 07: <i>Factores geométricos para engranajes rectos, 20° de ángulo de presión</i>	140
ANEXOS	141
Anexo 01: Datos del clima ciudad del Cusco.....	142

Anexo 02: Plano vista de explosión de la curtidora	143
Anexo 03: Plano de cilindro	144
Anexo 04: Plano de crucetas laterales	145
Anexo 05: Plano de soporte para cilindro	146
Anexo 06: Plano de ejes de transmisión.....	147
Anexo 07: Plano de tablonas para el cilindro curtidor	148

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Condiciones Meteorológicas para la ciudad de Sicuani.	2
Tabla 2 <i>Matriz de consistencia</i>	12
Tabla 3 Operacionalización de variables	13
Tabla 4 Distribución geográfica de alpacas en Perú	20
Tabla 5 Población de alpacas, según resultados censales de los años 1961, 1972, 1994 y 2012.....	21
Tabla 6 Población de ganado alpaquero por razas y departamentos - 2012	22
Tabla 7 Periodización n de eventos y efectos en las alpacas	23
Tabla 8 Composición química de la piel fresca de la alpaca	33
Tabla 9 Velocidades a cumplirse en los procesos de transformación de las pieles.	43
Tabla 10 Lista de exigencias según metodología VDI 2221	57
Tabla 11 <i>Lista de exigencias</i>	59
Tabla 12 <i>Estructura de funciones</i>	64
Tabla 13 <i>Matriz morfológica</i>	66
Tabla 14 Evaluación técnica de los conceptos solución según VDI 2221	69
Tabla 15 Evaluación técnica del concepto solución según VDI 2221	72
Tabla 16 Evaluación económica del concepto solución según VDI 2221	73
Tabla 17 Resumen de evaluación de proyecto.....	74
Tabla 18 Velocidades a cumplirse en los procesos de transformación de las pieles.	78
Tabla 19 Selección de reductor de velocidad comercial.....	80
Tabla 20 <i>Interpolación de datos</i>	83
Tabla 21 Factores de servicio de máquinas accionados con motor eléctrico.....	83

Tabla 22 Factores de distribución de carga.....	85
Tabla 23 Esfuerzos de contacto permisibles, S_{ac}	86
Tabla 24 <i>Factor de seguridad</i>	87
Tabla 25 <i>Coefficiente elástico, C_p</i>	87
Tabla 26 Factores de servicio de máquinas accionados con motor eléctrico.....	89
Tabla 27 Factores de distribución de carga.....	91
Tabla 28 Esfuerzos permisibles en engranajes	92
Tabla 29 Interpolación de datos para el piñón de 360 BHN.....	93
Tabla 30 <i>Factor de distribución de carga</i>	93
Tabla 31 Factor de seguridad respecto a la resistencia a la fatiga	94
Tabla 32 Resumen de determinación de distancias y fuerzas.....	96
Tabla 33 Resumen de determinación de distancias y fuerzas.....	98
Tabla 34 Limite elástico y resistencia a la tracción en laminado al frío.....	99
Tabla 35 <i>Factores K_m y K_t</i>	100
Tabla 36 Resumen de determinación de distancias y fuerzas.....	102
Tabla 37 Resumen de determinación de distancias y fuerzas.....	103
Tabla 38 Limite elástico y resistencia a la tracción en laminado al frío.....	104
Tabla 39 <i>Factores K_m y K_t</i>	105
Tabla 40 <i>Horas de funcionamiento</i>	107
Tabla 41 <i>Selección de rodamientos I</i>	108
Tabla 42 <i>Selección de rodamientos II</i>	110
Tabla 43 Resistencias mínimas determinísticas a la tensión t a la fluencia ASTM.....	114

Tabla 44 Resistencias a la fatiga completamente corregidas de pernos y tornillos con roscas laminadas	114
Tabla 45 Dimensiones de las chavetas cuadradas y planas	116
Tabla 46 <i>Indicadores de Rentabilidad</i>	123
Tabla 47 Recomendaciones Para Elección del VAN.....	124
Tabla 48 Recomendaciones Para Elección del TIR	124
Tabla 49 Periodo de Proyección para Botal para Curtiembre de piel de alpaca baby para artesanos.....	125
Tabla 50 Periodo de Prueba para Botal para Curtiembre de piel de alpaca baby para artesanos.....	126
Tabla 51 <i>Costos de Inversión del Modulo</i>	126
Tabla 52 Costos de Inversión y Operativos del Modulo.....	127

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	1
Figura 2	2
Figura 3	4
Figura 4	4
Figura 5	14
Figura 6	15
Figura 7	15
Figura 8	16
Figura 9	17
Figura 10	18
Figura 11	19
Figura 12	24
Figura 13	25
Figura 14	26
Figura 15	27
Figura 16	28
Figura 17	29
Figura 18	38
Figura 19	42
Figura 20	44
Figura 21	44
Figura 22	46

Figura 23	47
Figura 24	47
Figura 25	48
Figura 26	49
Figura 27	49
Figura 28	50
Figura 29	51
Figura 30	51
Figura 31	52
Figura 32	53
Figura 33	53
Figura 34	61
Figura 35	67
Figura 36	68
Figura 37	68
Figura 38	70
Figura 39	71
Figura 40	71
Figura 41	74
Figura 42	77
Figura 43	79
Figura 44	81
Figura 45	95

Figura 46	96
Figura 47	96
Figura 48	97
Figura 49	97
Figura 50	98
Figura 51	101
Figura 52	101
Figura 53	102
Figura 54	102
Figura 55	103
Figura 56	103
Figura 57	106
Figura 58	108
Figura 59	109
Figura 60	110
Figura 61	111
Figura 62	111
Figura 63	112
Figura 64	112
Figura 65	115
Figura 66	118
Figura 67	118
Figura 68	119

GLOSARIO DE TÉRMINOS

m: El módulo m representa la relación del diámetro de paso con el número de dientes. La unidad de longitud que suele emplearse es el milímetro. El módulo señala el índice del tamaño de los dientes en unidades SI.

P: El paso diametral P está dado por la relación del número de dientes en el engrane respecto del diámetro de paso. Por lo tanto, es el recíproco del módulo. Debido a que el paso diametral se utiliza sólo con unidades del sistema inglés, se expresa en dientes por pulgada.

a: La cabeza a se determina por la distancia radial entre la cresta y el círculo de paso. La raíz b equivale a la distancia radial desde el fondo hasta el círculo de paso. La altura, o profundidad total h , es la suma de la cabeza y la raíz.

El círculo del claro es un círculo tangente al círculo de la raíz del engrane acoplado.

El claro c está dado por la cantidad por la que la raíz en un engrane dado excede la cabeza de su engrane acoplado.

El huelgo se determina mediante la cantidad por la cual el ancho del espacio de un diente excede el grosor o espesor del diente de acoplamiento medido en los círculos de paso.

NOMENCLATURA Y SÍMBOLOS

a	Adendum.
ag	Adendum del engranje.
ap	Adendum del piñón.
b	Dedendum
bg	Dedendum del engranje.
bp	Dedendum del piñón.
C	Distancia entre centros.
d	Diámetro del círculo de base.
dg	Diámetro del círculo de base del engranje.
dp	Diámetro del círculo de base del piñón.
D	Diámetro del círculo de paso.
Dg	Diámetro del círculo de paso del engranje.
Dp	Diámetro del círculo de paso del piñón.
Dr	Diámetro del círculo de raíz.
De	Diámetro del círculo exterior.
F	Ancho del flanco del diente.
hk	Altura de trabajo del diente.
ht	Altura total del diente.
La	Longitud de la línea de acción.
m	Modulo.
mg	Relación de transmisión
mp	Relación de contacto.

n	Numero de revoluciones por minuto.
ng	Numero de RPM del engranaje.
np	Numero de RPM del piñón.
p	Paso circular base.
pc	Paso circular en el círculo de paso.
pd	Paso diametral.
r	Radio del círculo de base.
rg	Radio del círculo de base del engranaje.
rp	Radio del círculo de base del piñón.
R	Radio del círculo de paso.
Rg	Radio del círculo primitivo del engranaje.
Rp	Radio del círculo primitivo del piñón.
t	Espesor circular del diente.
tc	Espesor cordal del diente.
Z	Numero de dientes.
Zg	Numero de dientes del engranaje.
Zp	Numero de dientes del piñón.
Φ	Angulo de presión.
α	Aceleración angular.
T	Torque.
Pot	Potencia necesaria para girar el cilindro.
Pd	Potencia mínima del motor eléctrico.
Cv	Factor dinámico.

St	Esfuerzo calculado en la raíz del diente, kg/mm ² .
Wt	Carga tangencial a transmitir en el diámetro de paso, Kg.
Ko	Factor de sobrecarga.
Kv	Factor dinámico.
Ks	Factor de tamaño.
Km	Factor de distribución de carga.
J	Factor geométrico.
Jg	Factor geométrico del engranaje.
Jp	Factor geométrico del piñón.
Sat	Esfuerzo admisible del material, Kg/mm ² .
Kl	Factor de vida.
Kt	Factor de temperatura.
Kr	Factor de seguridad.
P	Potencia que podrá transmitir, Cv.
Pg	Potencia que podrá transmitir el engranaje.
Pp	Potencia que podrá transmitir el piñón.
Sy	Esfuerzo de fluencia.
Sr	Resistencia de rotura en tracción.
ac	Aceleración centrípeta.
τ_d	Esfuerzo de diseño.
ω	Velocidad angular.
σ	Esfuerzo normal.

LISTA DE SIGLAS

AGMA Asociación de Fabricantes de Engranajes de los Estados Unidos.

BHN Dureza Brinell

CAPÍTULO I

1. ASPECTOS GENERALES

1.1. ÁMBITO GEOGRÁFICO

El presente trabajo de investigación se realiza en la empresa familiar cuya denominación comercial es taller WAIRA ALPACA. ubicada en la Comunidad de Pampaphalla, del distrito de Sicuani, provincia de Canchis, región Cusco.

- Distrito : Sicuani.
- Provincia : Canchis.
- Departamento : Cusco.
- Denominación Comercial : Taller Waira Alpaca.
- RUC 10246619005
- NOMBRE : Ángel Eduardo Quispe Nina

Figura 1

Remojo del cuero de alpaca Baby



Figura 2**Ubicación del taller de Curtiembre**

Nota. Fuente. Google Maps

1.2. CONDICIONES METEORÓLOGICAS

Para la ciudad de Sicuani se tiene:

Tabla 1**Condiciones Meteorológicas para la ciudad de Sicuani.**

Denominación	Valor	Observación
Temperatura máxima anual	13.5°C	Promedio anexo 1
Temperatura mínima anual	-1.3°C	Promedio anexo 1
Temperatura media anual	6.5°C	Promedio anexo 1
Precipitación máxima	257 mm	Promedio anexo 1
Precipitación mínima	14 mm	Promedio anexo 1
Altitud	3548 msnm	Ciudades.co
Humedad relativa media anual	67%	Promedio anexo 1

1.2.1. Planteamiento del problema

La provincia de Canchis, departamento de Cusco, considerado como el mayor productor de pieles curtidas, ya que esta actividad se viene desarrollando desde nuestros ancestros de manera artesanal, los cuales fueron transmitidas de generación en generación, desarrollándose activamente con una tecnología más apropiada, debido a que se tiene un mayor acceso a técnicas capaces de obtener cueros cada vez con proceso de curtidos más innovadores. Actualmente la actividad de curtiembre se realiza de manera artesanal utilizando caballetes de madera, ranchetas manuales, cilindro para piquelado, curtido y recurtido; la manipulación de los insumos químicos es de manera directa lo que produce enfermedades dermatológicas en la piel; aproximadamente el tiempo de proceso de curtido tiene una duración de 15 días.

Sin embargo, salta a la luz la existencia de muchas deficiencias en la elaboración de pieles curtidas de alpaca bebe, debido a un control inadecuado de los parámetros para su proceso siendo el curtido de pieles el más sensible, pues el control inadecuado de los agentes curtientes (sulfato de aluminio y sulfato de cromo) durante el curtido y Recurtido de pieles hacen que estas sean de calidad deficiente, manejando estos parámetros se contribuirá a la mejora de la tecnología en el curtido de pieles para peletería, en este caso la juguetería, alfombras y prendas de vestir.

Aragón (2010) señala que las comunidades que están asentadas a más de 3800 m.s.n.m. sostienen su economía en la ganadería; asimismo, refiere que los camélidos sudamericanos son los que se adaptan a este tipo de clima y piso geológico. Por otra parte, Quispe, et al. (2013) señala que la alpaca es reconocida por el estado peruano como producto bandera, no obstante, los criadores son relegados, siendo nuestro país el primer productor con un 83.88% de animales a nivel mundial.

La tradición artesanal en la elaboración de productos de piel, junto con la disponibilidad de materia prima y mano de obra han favorecido poco el desarrollo artesanal de la curtiduría en nuestra provincia. Actualmente en el Perú, existen gran cantidad de curtiembres capaces de producir productos de cuero.

Figura 3

Piel de Alpaca Baby



Nota. Fuente. Propia

Figura 4

Proceso de curtido artesanal



Nota. Fuente. Propia

Nuestro país es uno de los países privilegiados con la presencia del 85% de alpacas del mundo, seguido por Bolivia que tienen un 11%, y en menores porcentajes, otros países. Por tanto, Perú considera como símbolo del recurso natural bandera a la alpaca, sin embargo, los criadores no cuentan con el apoyo del gobierno para poder potencializar la crianza y exportar los trabajos que se adquiere de este camélido, no existe una iniciativa innovadora que permita realizar los trabajos artesanales de manera eficaz, lo cual podría hacer que los costos de venta se reduzcan y también la producción sea más efectiva.

La geografía que presenta la cordillera de los Andes en nuestro país, son zonas idóneas para albergar a esos camélidos, los cuales tienen la capacidad de adaptarse a dicho clima; por tanto, se convierte en su principal actividades económica, por las bondades que ofrece, tanto como materia prima para la industria textil y como alimento nutritivo que ofrece; no obstante, no se puede incluir la venta en el mercado nacional, ya que los ganaderos no realizan crianzas industriales, por lo que no les permite abastecer dichos mercados, este descuido se le asigna a los gobiernos locales que no gestionan la producción con la población, es decir, los comuneros se ven solos en este aspecto que los limita a proveer los mercados del país de dichos camélidos.

Respecto a la distribución geográfica de las poblaciones de las alpacas, se tiene que existe 1 700 000 cabezas en la región de Puno, en Cusco existe 457 000 y por último en Arequipa que existe alrededor de 300 000 cabezas, por lo cual se debería aprovechar de dichos camélidos, tanto a nivel económico como nutritivo, en nuestro país no hay una buena canalización que permita aprovechar dichas bondades.

Contextualizando la problemática, en la provincia de Canchis, existe un 92% de alpacas de raza Huacaya y el 7.7% de la raza Suri, la estructura del rebaño aborda a un 8% de alpacas macho

– padre, 5% de capones, 1.4% de hembras – madres, 10% de tuis de 1 años, 15% de tuis de 2 años y 22% de crías.

Sin embargo, los friajes que últimamente se está viviendo en zonas de la sierra, hace que los porcentajes se reduzcan, siendo los más afectados las crías y las hembras, ocasionando una pérdida de hasta un 15% de la población, dicha problemática no es la única que afecta a la población de alpacas, existe otros agentes que los perjudican, estos son: las alpacas castradas, las alpacas jóvenes, y las crías, la forma de reproducción, la calidad de alimento y la falta de este debido al friaje.

Según Carazas (2007) las zonas donde se crían las alpacas presentan temporales extremos, a punto de que el paisaje se llena de nevadas, heladas, granizadas y vientos helados, estos causan daños en la productividad, cuyas temporadas donde se presenta mayores precipitaciones son entre diciembre y marzo, fechas donde se desarrollan las diferente actividades como la esquila, parición, empadre y otras, asimismo, no es la única actividad que se ve afectada, sino también la producción agrícola requiere de mayor cuidado, ya que en esa temporada los cultivos están en pleno desarrollo, alguno en fase de floración por lo que requiere mayor riego.

Según Carazas (2007) los eventos climáticos extremos en la zona alpaquera se manifiestan con constantes nevadas, heladas, granizadas y vientos fuertes, dichas particularidades climáticas de la zona, hace que se presente más de un problema, tanto económico como físico, es decir, a consecuencia de ello, existen muertes masivas de los camélidos, asimismo, pérdidas de producción agrícola, como afecciones pulmonares de los niños, población adulta y población vulnerable.

Los pastos naturales son particularmente vulnerables a la presencia de nevadas-heladas, pudiendo llegar a un grado de afectación del 90 % en comunidades alpaqueras y 40 % en

comunidades agrícolas. La tasa de mortalidad de alpacas por presencia de fenómenos extremos es relativamente alta: 30 % en crías, 10 % en adultos y 20 % en abortos. (Carazas, 2007, p. 23).

1.3. PROBLEMAS

1.3.1. Problema general

¿Cómo optimizar la capacidad de producción de todo el proceso de curtido, en la curtiembre de piel de alpaca baby?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Será posible aplicar la metodología sistemática del diseño para obtener un concepto viable y analizar el diseño de un botal especializado en la curtiembre de pieles de alpaca baby?
- ¿Cuál será el dimensionamiento del botal especializado en la curtiembre de pieles de alpaca y cual será nuestros de elementos de máquina seleccionados?
- ¿Cuáles son los costos asociados al diseño de un botal especializado para el proceso de curtiembre de pieles de alpaca baby, considerando materiales, fabricación, costos de pieles y administrativos?
- ¿Será posible simular mediante software la cinemática del botal especializado para el proceso de curtiembre de pieles de alpaca baby?

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Diseñar para la construcción de un botal de curtiembre especializado para el tratamiento de piel de alpaca baby para pequeños artesanos, y optimizar la capacidad de producción del proceso de curtido.

1.4.2. Objetivo específico

Objetivos Técnicos de ingeniería:

- Aplicar la metodología sistemática del diseño, basada en la norma alemana VDI 2221, para la obtención conceptual y el análisis del diseño de un botal especializado en la curtiembre de pieles de alpaca baby.
- Diseñar un botal para el proceso de curtido, con capacidad para tratar 20 cueros por ciclo de trabajo.
- Realizar una evaluación económica integral del diseño de un botal especializado para el proceso de curtiembre de pieles de alpaca baby, considerando costos de materiales, fabricación, costos de pieles y administrativos.
- Evaluar el funcionamiento del botal para el proceso de curtiembre de piel de alpaca baby mediante simulación.

1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Los fundamentos en lo que se basa el presente trabajo se sustentan en los siguientes factores:

- A nivel mundial la mayor población de alpacas se encuentra en el Perú, en la zona del altiplano y nuestras provincias altas, esto implica que tenemos materia prima que garantiza la industrialización de la piel de alpaca.
- Al tener el privilegio de ser poseedores de esta materia a disposición, nos lleva a dar una ventaja corporativa, a partir de esta ventaja es muy viable lograr una ventaja competitiva.
- Al aplicar tecnologías de curtición para la industrialización de la piel de alpaca, logramos darle un mayor valor agregado a esta materia, lo que conduce a un crecimiento de nivel socio económico del poblador alto andino.

- Por tanto, es de suma urgencia ofrecer a los pequeños productores artesanales una alternativa de tecnología que les permita optimizar su tiempo de producción y mejorar sus ganancias a través de implementar pequeños botalos acordes a su producción y que cumplan estándares de calidad.

1.6. HIPÓTESIS

1.6.1. Hipótesis general

El diseño para la construcción de un botal de curtiembre de piel de alpaca Baby para pequeños artesanos nos permite optimizar la capacidad de producción del proceso de curtido.

1.6.2. Hipótesis específicas

- La aplicación de la metodología sistemática del diseño, basada en la norma alemana VDI 2221, permitirá obtener un concepto viable y optimizar el análisis del diseño de un botal especializado para la curtiembre de pieles de alpaca baby.
- El diseño mecánico de un botal con capacidad para procesar 20 cueros por ciclo de trabajo será efectivo para el proceso de curtido de pieles de alpaca baby.
- La evaluación económica integral del diseño del botal especializado permitirá identificar la viabilidad del proyecto para la construcción y puesta en marcha.
- La simulación del funcionamiento del botal diseñado permitirá validar su desempeño en el proceso de curtiembre de pieles de alpaca baby y garantizar su operatividad en condiciones reales.

1.7. VARIABLES DE DISEÑO

1.7.1. Variable independiente de diseño

- Velocidad de curtidora de piel de Alpaca Baby
- Características físicas para el diseño (masa y volumen)
- Potencia necesaria

1.7.2. Variable dependiente de diseño

- Diseño para la construcción del botal para curtido de piel de alpaca baby

1.8. ALCANCES Y LIMITACIONES

1.8.1. Alcances

- Se realiza el diseño conceptual, y diseño mecánico del botal de curtiembre.
- Se realiza la selección del motor eléctrico, un reductor de velocidad de tipo tornillo sin fin comercial, accesorios y componentes del botal.
- Se alcanzará el diseño y los planos para una futura construcción del botal.

1.8.2. Limitaciones

Desarrollar el Diseño de un botal para curtiembre de piel de alpaca baby y sustentado con los respectivos cálculos, acorde a la necesidad de los pequeños artesanos dedicados a la producción de alfombras y peluches a base de cueros de alpaca baby obteniendo así una maquina pequeña y económica, Las limitaciones que se encuentran para el desarrollo de este trabajo son las siguientes:

- Para una producción de 20 cueros por ciclo de trabajo, de pequeños artesanos.
- No se realizarán estudios de impacto ambiental.
- No se construirá un módulo experimental.
- No se realizarán estudios de análisis vibracional, debido a las bajas RPM presentadas en el botal.
- Los ensayos experimentales de comportamiento y comparación de resultados, son materia de otros trabajos de investigación.

1.9. METODOLOGÍA

- **Enfoque de investigación:**

Se considera el enfoque cuantitativo, ya que se utilizó medidas numéricas, las cuales se relacionan con el diseño conceptual.

- **Alcance:**

Lo referente al alcance, se considera lo descriptivo, puesto que se describe todo el procedimiento del diseño y construcción de la máquina de curtiembre.

- **Diseño:**

Se considera el diseño no experimental, ya que no existe manipulación de la variable independiente, asimismo, transversal puesto que se analizaron los datos en un solo momento.

- **Población y Muestra:**

Se tomó varias muestras de piel de alpaca baby del taller de curtiembre de la empresa familiar Waira Alpaca dedicado a la producción de colchas y peluches en piel de alpaca.

- **Técnicas De Recolección De Datos**

Las técnicas que se ven por conveniente utilizar en este trabajo para la recopilación, presentación, análisis e interpretación de los datos numéricos, datos reales, datos concretos en determinados aspectos que nos conlleven a la obtención de una información adecuada y veraz que ayude a la elaboración del presente diseño, siendo las siguientes:

- **Estadística.** Información que refleja las características cuantitativas de los fenómenos investigados.
- **Documentales.** Se obtendrá información bibliográfica y otras fuentes de información documental para elaborar el presente trabajo y diseño.
- **Entrevista no Estructurada.** La Finalidad de esta entrevista no estructurada será de ampliar la información recopilada, dichas entrevistas la realizaremos principalmente a empresas textiles y responsables del área de cardado y también a Ingenieros dedicados al diseño de maquinaria.

- **Procesamiento y análisis de datos**

Después de hacer una evaluación crítica de los datos obtenidos a fin de garantizar la veracidad y confiabilidad de los mismos, se organizarán y procesarán los datos finales.

A partir de los datos procesados se hará un análisis exploratorio de los mismos.

1.10. MATRIZ DE CONSISTENCIA Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 2

Matriz de consistencia

Definición del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
<p>Problema general</p> <p>¿Cómo optimizar la capacidad de producción del proceso de curtido, en la curtiembre de piel de alpaca baby mediante el diseño y construcción del botal para curtido de piel de alpaca baby?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Diseñar para la construcción de un botal para curtiembre de piel de alpaca baby para pequeños artesanos, y optimizar la capacidad de producción de todo el proceso de curtido.</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>El diseño para la construcción de un botal de curtiembre de piel de alpaca Baby para pequeños artesanos nos permite optimizar la capacidad de producción del proceso de curtido.</p>	<p>Independientes</p> <p>A. Velocidad de curtidora de piel de AlpacaBaby.</p> <p>B. Características físicas para el diseño (masa y volumen).</p> <p>C. Potencia necesaria.</p>	<p>Cuantitativa</p> <p>Documentales</p> <p>Información bibliográfica</p> <p>Entrevista no estructurada</p>
<p>Problemas específicos</p> <p>¿Será posible aplicar la metodología sistemática del diseño para obtener un concepto viable y analizar el diseño de un botal especializado en la curtiembre de pieles de alpaca baby?</p> <p>¿Cuál será el dimensionamiento del botal especializado en la curtiembre de pieles de alpaca y cual será nuestros de elementos de máquina seleccionados?</p> <p>¿Cuáles son los costos asociados al diseño de un botal especializado para el proceso de curtiembre de pieles de alpaca baby, considerando materiales, fabricación, costos de pieles y administrativos?</p> <p>¿Será posible simular mediante software la cinemática del botal especializado para el proceso de curtiembre de pieles de alpaca baby?</p>	<p>Objetivos específicos</p> <p>Aplicar la metodología sistemática del diseño, basada en la norma alemana VDI 2221, para la obtención conceptual y el análisis del diseño de un botal especializado en la curtiembre de pieles de alpaca baby.</p> <p>Diseñar un botal para el proceso de curtido, con capacidad para tratar 20 cueros por ciclo de trabajo.</p> <p>Realizar una evaluación económica integral del diseño de un botal especializado para el proceso de curtiembre de pieles de alpaca baby, considerando costos de materiales, fabricación, costos de pieles y administrativos.</p> <p>Evaluar el funcionamiento del botal para el proceso de curtiembre de piel de alpaca baby mediante simulación.</p>	<p>Hipótesis específicas</p> <p>La aplicación de la metodología sistemática del diseño, basada en la norma alemana VDI 2221, permitirá obtener un concepto viable y optimizar el análisis del diseño de un botal especializado para la curtiembre de pieles de alpaca baby.</p> <p>El diseño mecánico de un botal con capacidad para procesar 20 cueros por ciclo de trabajo será efectivo para el proceso de curtido de pieles de alpaca baby.</p> <p>La evaluación económica integral del diseño del botal especializado permitirá identificar la viabilidad del proyecto para la construcción y puesta en marcha.</p> <p>La simulación del funcionamiento del botal diseñado permitirá validar su desempeño en el proceso de curtiembre de pieles de alpaca baby y garantizar su operatividad en condiciones reales.</p>	<p>Dependiente</p> <p>Diseño para la construcción del botal para curtido de piel de alpaca baby</p>	<p>Dichas entrevistas la realizaremos principalmente a empresas textiles y responsables del área de cardado y también a Ingenieros dedicados al diseño de maquinaria.</p>

Tabla 3

Operacionalización de variables

Objetivo general	Diseñar y fabricar un botal de curtiembre de piel de alpaca baby, para pequeños artesanos		
Objetivos Específicos	Variable	Dimensión	Indicador
<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar una metodología para la obtención conceptual al diseño de un botal para curtiembre de piel de alpaca baby. 	Diseño Conceptual	Obtención del proyecto conceptual definitivo	Evaluación técnico - económica
<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de un botal para curtiembre de piel de alpaca baby, aplicando la metodología sistemática del diseño, según la norma alemana VDI 2221. 	Diseño Mecánico	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad de curtidora de piel de Alpaca Baby 	RPM
<ul style="list-style-type: none"> • Diseñar un botal para una capacidad de producción de 20 cueros/ciclo de trabajo. 		<ul style="list-style-type: none"> • Características físicas para el diseño (masa y volumen) 	Kg. m ³
<ul style="list-style-type: none"> • Evaluar económicamente el diseño del botal para el proceso de curtiembre de piel de alpaca baby. 	Diseño Mecánico	<ul style="list-style-type: none"> • Potencia necesaria 	HP
<ul style="list-style-type: none"> • Evaluar el funcionamiento del botal para el proceso de curtiembre de piel de alpaca baby mediante simulación. 		Rentabilidad	Sub totales económicos.

1.11. ESTADO DEL ARTE

Algunos antecedentes sobre el diseño y fabricación de un botal para curtiembre. A continuación, se describen Botales, con diferentes configuraciones:

1.11.1. Empresas fabricantes

- **Empresa Michelin**

Figura 5

Botal de la Empresa Michelin



Curtimento (Curtido)			
Dimensões (D x L)	Capacidade de carga até	Potência (CV)	Potência (Kw)
1000 X 600	40	1,5	1,1
1200 X 880	60	2	1,5
1500 X 1000	120	5	3,75
1750 X 1100	180	7,5	5,5
2000 X 1200	250	10	7,5

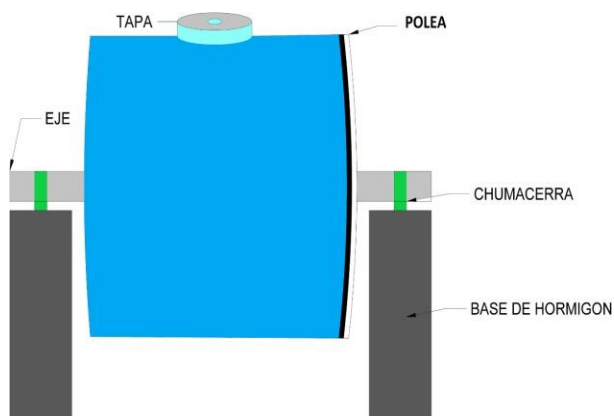
Procedencia Brasil

Fecha 2019

Descripción Botal para proceso de curtido de piel de vacuno hecho en acero inoxidable y totalmente automatizado, en su interior está provisto de paletas con agujeros para generar el movimiento necesario para el proceso de curtido.

1.11.2. Trabajos de investigación relacionados

- **Diseño e implementación de un bombo metálico para la curtición de pieles menores.** Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. (Ortiz Alvarado & Naula Aucanshala, 2018)

Figura 6**Bombo metálico para la curtición**

Propone el diseño e implementación de un bombo metálico para la curtición de pieles menores, es en el laboratorio de curtiembre de pieles de la FCP, de la ESPOCH, pero no dispone de tratamientos experimentales, sino que responde al estudio de un diseño de procesos, además, se realizó una comparación de la curtición de pieles menores utilizando cromo es 4 pieles y otras 4 pieles curtidas con tara aplicando una estadística descriptiva.

- **Tesis de pregrado: Características tecnológicas del cuero para capellada de alpaca huacaya (lamas pacos) adulta, curtido mediante los métodos wet-white y wet-blue.**
(Alvarez Ascue, 2018)

Figura 7**Cuero para capellada de alpaca huacaya (lamas pacos)**

Desarrolló en las instalaciones del taller de curtiembre del departamento de producción animal – F.Z.- CITECCAL. – Ministerio de producción. Universidad Nacional Agraria la Molina. La parte experimental y los análisis de calidad se realizaron en un periodo de 15 meses. En el cual se busca evaluar las características tecnológicas del cuero para capellada de alpaca Huacaya, obtenido a partir del método curtido con glutaraldehído (wet-white) y del curtido tradicional con sulfato básico de cromo (wet-blue), obteniendo un producto final que cumpla con los requisitos mínimos requeridos por la norma técnica peruana para la fabricación de calzado.

- **Tesis de pregrado: Evaluación de las Características Físicas del Cuero de Llama (Lama glama) Raza Q'ara de dos dientes de edad curtido en cuatro niveles de tara (Caesalpinia spinosa).** (Chávez Miranda, 2015)

Figura 8

Evaluación de las características de cuero



Realizó en el centro de innovación del cuero e industrias conexas CITECCAL ubicada en el distrito de Rímac Lima, con el objetivo de ; evaluar las características físicas del cuero de llama (lama gama) raza Q'ara de dos dientes de edad curtido con cuatro niveles de tara (Caesalpinia Spinoza); el presente estudio se inició el mes de agosto del 2015, culminado en enero del 2015, las unidades experimentales estuvieron constituidas por 24 pieles de llama, modelizadas bajo el diseño

completamente al azar con arreglo factorial, con 4 tratamientos, y 6 repeticiones por tratamiento; además la muestra fue seleccionada aleatoriamente, compuesto por un cuero de llama por tratamiento; a partir del cual se obtuvieron 6 probetas (3 longitudinales y 3 transversales) para evaluar las características físicas; para el cual el nivel de investigación fue tecnológico aplicativo.

- **Tesis de pregrado: Características Tecnológicas Del Cuero Napa De Ovino Adulto, Mediante Los Métodos De Curtido WET-BLUE Y WET-WHITE.** (Gómez Ochante, 2016)

Figura 9

Características tecnológicas del cuero napa de ovino



Nota. Fuente. Internet

Los datos recolectados fueron analizados utilizando ANDEVA y la prueba de Duncan para comparar medias, con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$. No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para el espesor, resistencia al desgarro transversal y resistencia al desgarro promedio ($p>0.05$). Sin embargo, se observaron diferencias significativas en la resistencia al desgarro longitudinal ($p<0.05$). Los ensayos de solidez de color al frote, resistencia a la tracción y ruptura de flor se compararon numéricamente y mostraron resultados que cumplen con los estándares requeridos por la Norma Técnica Peruana para cuero de vestimenta. En

resumen, el cuero napa obtenido con el método wet white presenta características tecnológicas comparables o superiores al wet blue para su uso en prendas de vestir.

- **Tesis de pregrado: Evaluación de parámetros (tiempo, temperatura y concentración de óxido de calcio) durante el apelmbrado para curtido de piel de alpaca (Vicugna pacos).** (Ttacca Hualla, 2017)

Figura 10

Apelmbrado para curtido de piel de alpaca (Vicugna pacos)



Nota. Fuente. Internet

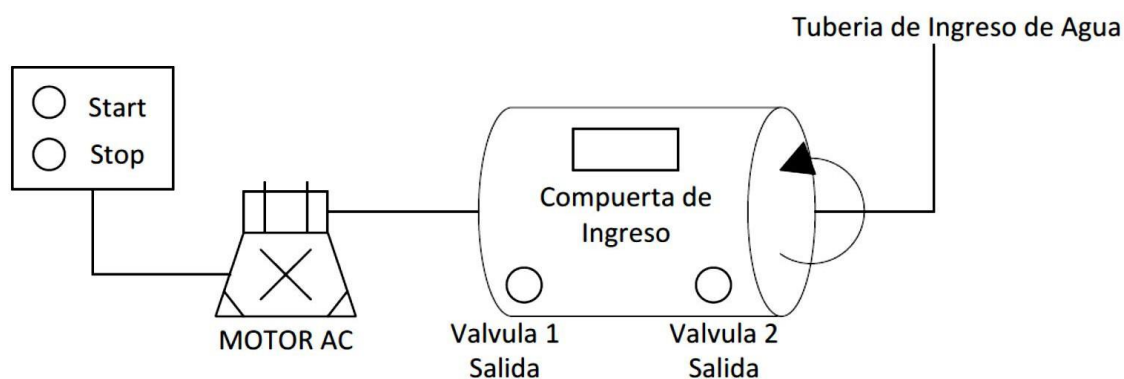
De acuerdo con los resultados obtenidos, se determinaron parámetros óptimos para el proceso, incluyendo una temperatura de 21 °C, una concentración de óxido de calcio del 14.54%, y un tiempo de apelmbrado de 11 días con 3 horas. Estos parámetros produjeron un óptimo depilado en las pieles apelmbradas tratadas 8 y 14, como se detalla en la tabla 1 del anexo 1. Las pieles tratadas dieron como resultado cuero wet-blue con una resistencia al desgarro, flexión, tracción y porcentaje de elongación destacables. Específicamente, el cuero del tratamiento 14 mostró valores superiores en resistencia al desgarro (90.26 N), resistencia a la tracción (647 N), resistencia a la flexión (sin daño después de 30,000 flexiones), y un porcentaje de elongación

promedio del 53.79%, cumpliendo con los estándares de calidad para la confección de calzado casual según la NTP 241.023:2014.

- **Tesis de pregrado: Automatización del ingreso de insumos de los botaes para mejorar el proceso de remojo y pelambre en la empresa "curtiembre cuenca S.A.C".** (Pérez Julca & Rojas Barreto, 2016)

Figura 11

Esquema del proceso de ingreso de insumos de los botaes



Nota. Fuente. Internet

Se llevó a cabo un análisis exhaustivo del proceso de curtido mediante encuestas y observación de cada etapa, centrándose especialmente en la etapa de remojo y pelambre, que es crucial al ser el primer tratamiento del cuero. Durante esta fase, se identificaron problemas relacionados con el ingreso de insumos, incluyendo fallas en el control del tiempo y riesgos de seguridad para el personal. Como respuesta, se realizó un estudio para desarrollar una metodología de control que garantizara la reducción de errores y la mejora del proceso en general.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. ALPACA

Según Aragón (2016), las alpacas son especies muy prolíficas en el país, y su fibra es altamente valorada en la industria textil. Identifica dos razas principales, la Suri y la Huacaya, cada una con características fenotípicas únicas. La Suri se caracteriza por tener una fibra larga y rizada, similar a los ovinos Lincol, mientras que la Huacaya tiene una apariencia más esponjosa, con una fibra más fina, parecida a la raza Corriedale. Aunque estas razas difieren en la apariencia de su fibra, no hay variaciones significativas en los pesos al nacer, que suelen estar entre 7 y 8 kg, ni en los pesos de los adultos, que normalmente oscilan entre 65 y 70 kg, independientemente del sexo.

El autor destaca la relevancia de los productos obtenidos de las alpacas, como su fibra de alta calidad para la industria textil y su carne nutritiva, aunque poco consumida. También se mencionan los subproductos aprovechados, como las pieles y cueros, que tienen aplicación en la fabricación de diversos productos, principalmente en el sector artesanal.

Tabla 4

Distribución geográfica de alpacas en Perú

Región	Huacaya	%	Suri	%	Total	%
Puno	1 392 600	56.5	289 319	66.6	1 681 919	58.0
Cusco	304 797	12.4	41 431	9.5	346 228	11.9
Junín	47 620	1.9	7 970	1.8	55 590	1.9
Arequipa	207 810	8.4	26 561	6.1	234 371	8.1
Ayacucho	113 332	4.6	16 174	3.7	129 506	4.5
Apurímac	66 744	2.7	18 204	4.2	84 948	2.9
Huancavelica	306 968	12.4	23 660	5.4	330 628	11.4
Lima	26 333	1.1	11 377	2.6	37 710	1.3
Total	2 466 204	100	434 696	100	2 900 900	100

Nota. Junín incluye Pasco y Huánuco; Huancavelica incluye Ica; Lima incluye Ancash, Cajamarca

y La Libertad. Fuente: INEI, CENAGRO 2014

2.1.1. Población de alpaca

Según Quispe, et al. (2009) Perú es el primer país con una población de alpacas que abarcan en un 88% del total de la población de camélidos de Sudamérica; por otra parte, existen poblaciones en otros países, como Estados Unidos que tiene una población que oscilan entre 120 000 alpacas, Australia con 100 000 y menores poblaciones en Canadá, Nueva Zelanda y otros países europeos.

La tabla describe la población total de alpacas en nuestro país, que son 4 095 500 lo que supera en un 11% al censo agropecuario que se dio en el 2012.

Tabla 5

Población de alpacas, según resultados censales de los años 1961, 1972, 1994 y 2012

Censo agropecuario	Año	Población de alpacas
I	1961	2 523 649
II	1972	1 978 821
III	1994	2 456 642
IV	2012	3 685 516
Proyección MINAGRI	2016	4 095 500

Nota. Instituto Nacional de Estadística e Informática – Censo Nacional Agropecuario. Ministerio de Agricultura y Riego 2017.

El cuadro, da a conocer que la raza Huacaya que tiene un 78,9%, asimismo, la raza Suri tienen un 12%. Según (INEI, 2012). La mayoría de los camélidos se encuentran en el altiplano, según el informe en la sierra se encuentra el 99% de dichos animales, convirtiéndose en la principal zona que abastece de materia prima a las industrias del cuero.

Tabla 6

Población de ganado alpaquero por razas y departamentos - 2012

Departamento	Total (%)	Total (Cabezas)	Suri (Cabezas)	Huacaya (Cabezas)	Cruzados (Cabezas)	Capones (Cabezas)
Total	100	3 685 516	442 013	2 909 212	265 135	69 156
Puno	39.61	1 459 903	190 528	1 209 716	41 532	18 127
Cusco	14.80	545 454	74 993	399 611	51 529	19 321
Arequipa	12.71	468 392	55 317	535 658	55 362	4 055
Huancavelica	8.37	308 586	12 278	255 472	34 857	5 979
Ayacucho	6.27	230 910	32 752	158 045	31 066	9 047
Apurímac	5.95	219 113	41 886	157 985	12 982	6 260
Pasco	3.95	145 687	7 359	134 074	3 246	1 008
Moquegua	3.51	129 250	13 584	107 406	6 875	1 385
Junín	1.67	61 398	3 560	51 370	5 417	1 051
Tacna	1.63	59 905	2 470	50 660	5 363	1 412
Lima	1.06	39 046	4 661	22 106	12 050	229
Huánuco	0.15	5 580	1 216	3 115	1 038	211
La Libertad	0.14	5 098	416	2 470	1 713	499
Ancash	0.14	5 066	787	2 224	1 855	200
Cajamarca	0.04	1 370	121	716	221	312
Lambayeque	0.02	610	61	525	-	24
Piura	0.003	98	23	51	23	1
Ica	0.002	50	1	8	6	35

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - IV Censo Nacional Agropecuario 2012.

Tabla 7

Periodización n de eventos y efectos en las alpacas

Eventos climáticos	Periodo	Ciclo de alpacas	Efectos
Granizadas	Enero-marzo	Parición de las alpacas	Enterotoxemia, afecta directamente a las crías generando índices de mortalidad si no es controlada. Generalmente el granizo es acompañado de rayos que generan muertes del ganado y las personas
Heladas	Junio-agosto (esporádicamente de enero a marzo)		Los pastos se secan y mueren
	Setiembre-octubre		Tienen influencia directa en la regeneración y/o brote de pastos, así como en la incidencia de abortos
Nevadas	Enero-marzo	Parición de las alpacas	Enfermedades generadas por la nevada, entre ellas: neumonía y conjuntivitis o queratitis o surucchi (enfermedad animal y humana). En bajas cantidades, las nevadas son benéficas para mejorar la calidad de lana
	Junio-agosto		Se junta con lluvias y granizadas
	Setiembre-octubre		Juega un papel determinante en la generación y/o brote de pasto
Vientos fuertes	Julio (leve), agosto y setiembre		Abortos
Lluvias fuertes	Diciembre (leve), enero-marzo		Menor riesgo La permanente humedad genera condiciones que fomentan enfermedades (hederá-diarreas) desarrollando factores de resistencia para el tratamiento y eliminación de enfermedades
Sequías	Agosto-octubre		Periodo crítico para el abastecimiento de pastos naturales para el ganado
	Enero-marzo (extemporáneas)		Falta de pastos. Inicio de un proceso de debilitamiento agudo que afecta madres y crías de alpaca. En la época de sequía generalmente muere el ganado flaco y débil

Nota. Fuente: Carazas (2007)

2.1.2. Razas de alpaca

Renieri et al. (2009), Refiere que: “Las alpacas solo existen razas primarias las cuales corresponde a las razas naturales o razas geográficas existentes en las especies silvestres, en la raza primitiva falta un programa de selección unívoco y claro, porque no existe una asociación de

criadores” (p. 78) es decir, no existe una procedencia pedigrí, definida claramente, por ello que se optó por clasificarlo en dos genotipos que son Huacaya y Suri.

a) Huacaya: “La alpaca Huacaya se caracteriza por tener un vellón compacto, esponjoso, similar al vellón del ovino Corriedale que le confiere una apariencia más voluminosa, con fibras finas suaves y onduladas, representa el 85% de la población de alpacas en Perú” (FAO, 2005, p. 23). Según Quispe et al. (2009) “Se caracteriza por tener un vellón compacto, esponjoso y similar al vellón del ovino Corriedale que le confiere una apariencia más 7 voluminosa, con fibras finas suaves y onduladas” (p. 19).

Figura 12

Alpaca Huacaya



Nota. Fuente: Internet.

b) Suri: Para FAO (2005) “La alpaca Suri presenta fibras de gran longitud organizadas en rizos colgantes, de un modo similar a los rizos del ovino Lincoln, lo cual confiere al animal una apariencia angulosa” (p. 89). Esta especie es la de menor población, puesto que representa el 15% de población. “Presenta fibras de gran longitud organizadas en rulos colgantes, de un modo similar

a los rulos del ovino Lincoln, lo cual confiere al animal una apariencia angulosa” (Quispe et al. 2009, p. 45).

Figura 13

Alpaca Suri



Nota. Fuente: Internet.

c) **Alpaca Baby:** Según Aragón (2016). La alpaca es un mamífero doméstico de la familia de los camélidos. Es parte de los “Artiodáctilos”, que son animales con un número par de dedos para cada pie; y los “Tilópodos”, es decir, que tienen la planta del pie insensible en forma de almohadilla. Poseen dientes inferiores y una almohadilla dental superior, por lo cual no muerden. Tiene un aspecto cuadrado con cuatro patas fuertes. Es un animal esbelto y bien proporcionado, cuya longitud del cuello es igual a dos tercios de la longitud de la espalda y cuya longitud de la pierna corresponde a la longitud del cuello. Está cubierto con fibras de la cabeza hasta las rodillas y corvejones. (p. 67).

Figura 14

Alpaca Baby



Nota. Fuente: Internet

2.2. PIEL DE ALPACA

Según Moya y Torres (2008) “La piel es la estructura externa del cuerpo de los animales. Es una sustancia heterogénea, generalmente cubierta con pelos o lana y formada por varias capas superpuestas”. (p. 89)

Tiene una suerte de protección que está constituida por la envoltura, a su vez esta cumple otras funciones, como las que se detallan a continuación.

- Mantiene al animal temperado.
- Elimina sustancias nocivas para el animal.
- La fibra es sensorial, percibe sensaciones térmicas y táctiles.
- Almacena grasas corporales.
- Sirve de protector de las zonas sensibles del animal.

“La piel responde a los cambios fisiológicos de cambio del animal, reflejándose sobre ellas muchas características importantes y específicas tales como: edad, sexo, dieta, medio ambiente y estado de salud”. (Moya & Torres , 2008, p. 23)

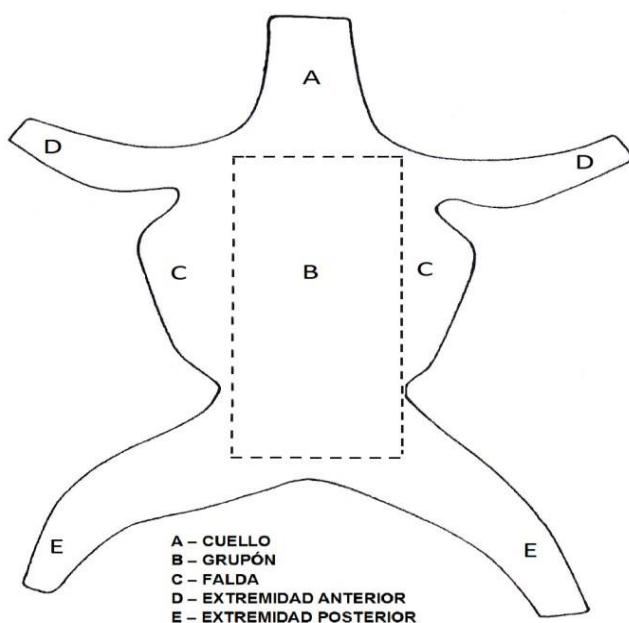
2.2.1. Características de la piel de alpaca

Moya y Torres (2008) la siguiente figura hace del conocimiento sobre las regiones fundamentales para realizar el alargado.

- **Cuello.** En esta zona se halla la fibra, la cual permite dar cortes de forma uniforme en finura y tiene la densidad adecuada.
- **Grupón.** Aquí se encuentran zonas más similares de diámetro y longitud. Por tanto, se considera la zona principal para la curtiembre, ya que la fibra es abundante y también el cuero.
- **Extremidades.** Se encuentra cubierta por fibras cortas y gruesas.
- **Falda.** Cubierta por fibras medianamente largas. En la zona del pecho hay una protuberancia de fibras largas y rígidas estas no están cohesionadas entre sí. El cuero más delgado está en esta región.

Figura 15

Partes de la piel de alpaca



Nota. Fuente: Internet

La piel de la alpaca tiene como características las siguientes:

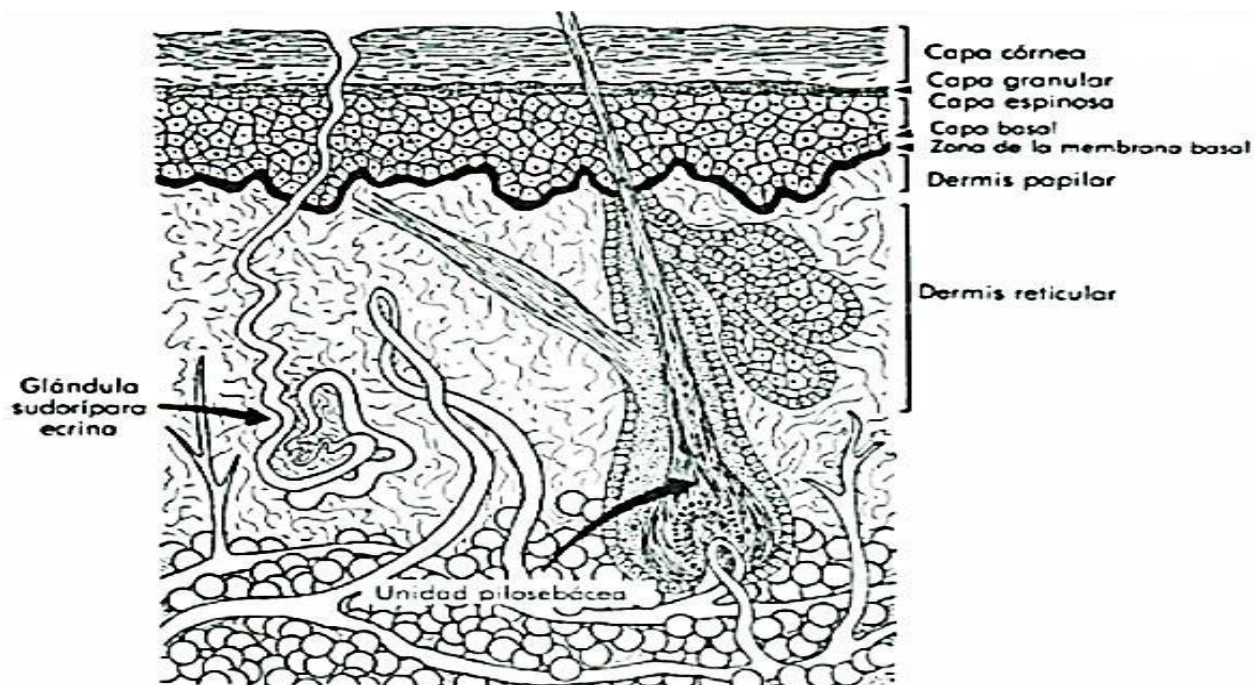
- Tiene riqueza proteica.
- Al tener mucha más proteína que los otros animales, cuando se procesa en cuero, sus atracción y pureza es más elevada, por tanto, su lugar en la industria es privilegiada.
- Su fineza es lisa, la cual se asemeja al cuero de becerro. (PRONAMACHCS., 2007).

2.2.2. Estructura histológica de la piel de alpaca

Con la finalidad de saber cuál es la estructura de la piel del animal, se debe de realizar cortes transversales, tal como se presenta en la siguiente figura, las cuales se distinguen en tres capas que son la epidermis, dermis y el tejido subcutáneo.

Figura 16

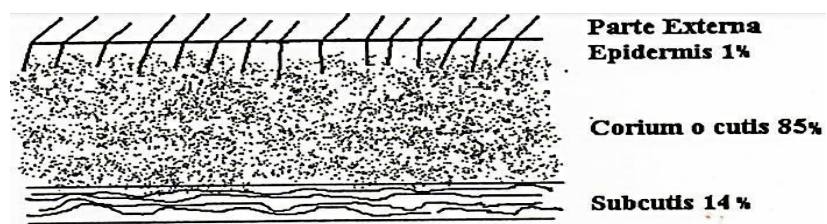
Capas piel de Alpaca



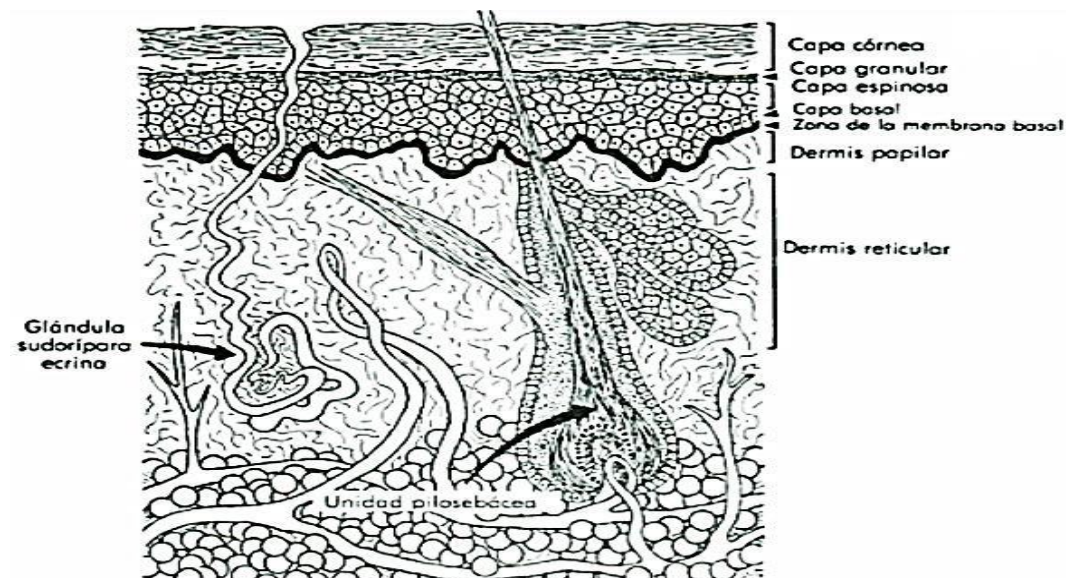
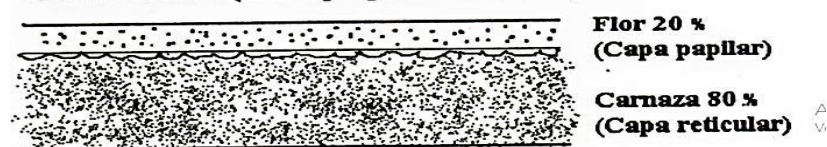
Nota. Fuente: (Kelley, 1992)

Figura 17

Capas piel de Alpaca



Corium o cutis (cuero propiamente dicho)



Nota. Fuente: (Kelley, 1992)

2.2.3. Partes de la piel

A. Epidermis

Según Doria (2005) es la parte externa que cubre al animal, la cual lo protege, a su vez esta está cubierta de pelo, que sirve de protección a la epidermis, no obstante, a lo que

se refiere en la materia industrial. La piel y la parte externa no tienen importancia para los curtidos, esta es destruida y separada en el trasquilado.

La estructura interna de la epidermis está compuesta por 5 capas diferentes:

- **Estrato germinativo.** Para Doria (2005) “Recibe este nombre pues en ella se generan células nuevas. Es la capa más profunda de la epidermis, está constituida por una capa de células cúbicas, cilíndricas o aplanadas que descansan en una capa fina de células algo brillantes”. (p. 89)
- **Estrato espinoso.** Doria (2005) “Esta segunda capa de células es poliédricas, presentan el aspecto de estar separadas entre sí por pequeños espacios que son atravesadas por prolongaciones finas semejantes a espinas, por ello recibe el nombre de estrato espinoso” (p. 90). En los camélidos estas capas son reducidas, “Siendo las superficies aplanadas con núcleos algo picnóticos y las profundas poliédricas de núcleos ovoides o esféricos y cromatina laxa, por lo que se aprecian algo pálidas. Estas células son mayores en tamaño que las demás que conforman la epidermis” (Doria, 2005, p. 23).
- **Estrato granuloso.** Según Gómez (2016) “Formada por una fila de células aplanadas, discontinuas en algunas zonas, de núcleo aplanado y picnótico, cuyo citoplasma se hallan finos gránulos de queratohialina, muchas veces dispersos en esta capa. Se hace más notorio en los surcos o se engruesa” (Gómez, 2016)
- **Estrato lúcido.** “Esta cuarta capa no siempre se aprecia nítidamente, en caso de ser apreciada es delgada y tiene el aspecto de una línea homogénea, brillante y transparente, por lo que recibe el nombre de estrato lúcido” (Gómez, 2016).
- **Estrato córneo.** “Es la quinta y última capa con 15 a 20 células de espesor, la cual

constituye la capa superficial de queratina. Esta capa es delgada, está formada por láminas córneas estratificadas y queratinizadas, escasas en cantidad, con tendencia a desprenderse” (Gómez, 2016).

Según el autor, en un estudio histológico de pieles de camélidos, la piel se constituye estructuralmente por un epitelio estratificado plano queratinizado. Refiere que el grosor de la epidermis de zonas como la espalda, costilla y grupa es un poco más delgado, los estratos celulares se hacen discontinuos. Asimismo, “Se aprecia además de afuera hacia adentro las siguientes capas: estrato córneo, granuloso, espinoso y basal, faltando el estrato lúcido en ambas especies: alpaca y llama” (Doria, 2005, p. 32).

B. Dermis

Desde la perspectiva de Doria (2005) la dermis se le conoce como corium o cutis, la cual es la parte central y más fibrosa del curtido, esta se considera como principal fuente de materia prima para convertirse en cuero. La dermis es una especie superficie compacta, que es elástica cuya estructura es mallada. La dermis es la capa compacta, proporciona conjuntiva elástica entre mallada de la piel, según la ubicación geográfica de donde se encuentra el animal, la dermis varía en su espesor, aquí también se encuentran los vasos sanguíneos y los nervios.

La dermis está compuesta por 2 capas diferentes:

- **Capa papilar.** Doria (2005) “Recibe este nombre pues la forman principalmente papilas de tejido conectivo que se proyecta hasta la epidermis, con fibras elásticas, vasos sanguíneos, terminaciones nerviosas y fibras de colágeno finas, en las zonas muy pilosas está poco desarrollado” (p. 89) en las zonas áridas el pelo es más ancho y alto; por debajo de la capa papilar se halla la capa reticular, sin embargo, no es

tan definido.

- **Capa reticular.** Doria (2005) “Esta capa consiste en células conjuntivas y fibras de colágeno oblicuas, más gruesas que la capa anterior; pobre en células, compuesta de manojos de células conjuntivas y colágeno de recorrido tangencial a la epidermis y entrelazados en sí mismos”. (p. 68).
- La dermis de los camélidos es más gruesa, que mayormente tiene un tejido conectivo denso, que circunscribe a pelos y folículos pilosos, que se refiere a un laxo que se conecta a laminas histológicas, los cuales corresponde a ovinos Corriedale. “Pertenerían al grupo de pieles delgadas. Sin embargo, debe recalcarse que, por el espesor bastante grueso de la dermis, la piel de estas dos especies es realmente gruesa, tal vez en compensación al espesor muy delgado de la epidermis” (Doria, 2005, p. 23).

C. Endodermis

“La endodermis o hipodermis es la cara subyacente a la piel, está compuesta por tejido laxo, la dermis, los huesos o músculos del animal, encontrándose en ella vasos sanguíneos gruesos, nervios y grasa, no es de importancia para el curtidor” (Doria, 2005)

2.2.4. Composición química de la piel

Esta forma da por el retículo de proteínas fibrosas que están bañadas por un líquido acuoso; las cuales están compuestas por proteínas globulares, grasas y sustancias minerales y orgánicas, las cuales se explican en la siguiente tabla.

Tabla 8**Composición química de la piel fresca de la alpaca**

Composición química	Alpaca	
	Cuello %	Grupon %
Humedad	69.07	70.4
Grasa total	6.61	7.53
Proteína total	91.92	90.08

Nota. Fuente: Gualnilo, tesis La Molina; Lima - Perú

2.2.4.1. Agua

Según Moya y Torres (2008) se destaca los valores elevados del agua en la piel. Este se aproxima a un 20% de dicho líquido el agua se combina con fibras y colágeno; esta se cristaliza, por lo que no contribuye a dar sensación de humedad, por lo que se encuentra en forma libre entre fibras.

2.2.4.2. Proteínas

“Del total de proteínas que tiene la piel aproximadamente un 94 – 95 % es colágeno, 1% elastina, 1 – 2 % queratina y el resto son proteínas no fibrosas”. (Moya & Torres , 2008, p. 34)

Las proteínas de la piel se clasifican en 2 grupos: fibrosas y globulares. Esta es una clasificación particularmente sencilla para el curtidor. El primero de dichos tipos óseos las fibrosas, incluye diversas proteínas que sirven de materiales estructurales en los animales, de igual modo que, la celulosa, lo es para los vegetales. (Mataix, 2011, p. 56)

2.3. PROCESO DE CURTIDO

2.3.1. Remojo

(Melgar, 2000) “La deshidratación de las pieles o cueros de los animales, se efectúa mediante una deshidratación total o parcial de ellos, esa deshidratación hace que los cueros pierdan la suavidad y flexibilidad”. (p. 78). Para (Gómez, 2016). Esta operación consiste en el reblandecimiento de las pieles con el objetivo de devolver a los cueros conservados o seco dulce a su estado natural. Además, sirve para limpiar la suciedad y eliminar algunos constituyentes no deseables y que no serán transformados en cuero curtido. Melgar (2000). “La humedad o cantidad de agua que contiene un cuero, al momento del desuello, es de 65% aproximadamente; en verde salado es de 30 a 45%; en seco crudo es de 10 a 15% aproximadamente”. (p. 56)

2.3.2. Descarnado

Lacerca (1993). La operación de descarnado en las pieles, consiste en eliminar los excesos de carne y grasa, que han quedado adheridos a la piel luego del desuello. El descarnado se hace extendiendo la piel reverdecida sobre un caballete y con un cuchillo bien afilado se van eliminando los restos de carne y grasa, cuidando no lesionar la piel; En la industria el descarnado se hace con el empleo de máquinas que constan de un cilindro de metal con cuchillas que se pueden graduar a voluntad.

2.3.3. Desengrasado

Melgar (2000). “La extracción de grasa de la piel, empleando disolventes orgánicos con la adición de agentes tensos activos es más efectiva que la que se logra con los procedimientos de emulsión acuosa”. (p. 89). El proceso de desengrase con emulsiones acuosa de disolventes y agentes tensos activos permite recuperar la grasa y el disolvente.

Se debe trabajar con disolventes que tengan el punto de ebullición relativamente bajos, ya que se van a aplicarse elevadas temperaturas a la destilación del disolvente.

Mamani y Maldonado (2007). “Se elimina las grasas naturales de las pieles que son insolubles en agua, puesto que estas retrasan la penetración y la acción de los agentes curtientes; cuando elimina el desengrase, este debe intensificarse en la zona del cuello y cabeza” (p. 89), que son las de mayor contenido de grasa. Se realiza a temperatura máxima de 45°C para no degradar la piel y facilitar la emulsión con los agentes desengrasantes.

2.3.4. Piquelado

Mamani y Maldonado (2007). El Piquelado es un tratamiento al que se somete las pieles para provocar un hinchamiento del mismo y una dilatación de los poros, a fin de que puedan absorber más fácilmente y uniformemente los agentes curtientes. Se consigue la acidificación de la piel antes del curtido a un determinado pH. Lo cual facilitará el ingreso y distribución del líquido curtiente posterior; generalmente el Piquelado inicia a pH 1.5 – 2 y termina a pH 2.8 – 3. Se usa ácidos orgánicos y sal común. Melgar (2000). El piquel tiene como objetivos: el condicionar las picles para el curtido, así como interrumpir la acción de las enzimas sobre el colágeno y estos se lleva a cabo sometiéndolas a un tratamiento ácido en soluciones salinas.

2.3.5. Curtido

Melgar (1993). “La más usual es el alumbre (sulfato de aluminio y potasio), que es obtenida de las aluminitas. Existe el sulfato de aluminio, grado industrial que trae más concentración” (p. 89). Las pieles especialmente las de pelo, se debe descarnar prolijamente para favorecer la penetración de las sales de alumbre.

2.3.6. Recurtido en sales de cromo

Melgar (2000). Estos complejos al ser utilizados en el curtido tienen la finalidad de introducirse en el colágeno y reaccionar con los ácidos de estos grupos que no han sido atacado por los iones de cromo durante el curtido. La sal de cromo en la actualidad es el curtiente mineral más usado, aun cuando inicialmente se haya curtido con estas. Melgar (2000). Los factores que intervienen en el Recurtido son:

- Con temperaturas de 30 a 35°C.
- El tiempo debe ir relacionado con el producto final deseado. A un mayor tiempo se tendrá de recurtido se tendrá mayor penetración, pero sus propiedades físicas pueden verse afectadas, por ejemplo, su resistencia.
- El pH adecuado para iniciar un recurtido con cromo es de 3,6 para favorecer la penetración de las sales recurtientes.

2.3.7. Clavado o estacado

Adezet (1985). Las pieles deben ser estacadas con la carnaza hacia adentro sobre un tablón. Se utiliza clavos realmente chicos y se empieza por la cabeza, luego abajo y finalmente por los costados, siempre en forma simétrica y sin hacer demasiada tensión, hasta que el centro del cuero tenga una base de tambor, dejando esto durante 24 horas.

2.3.8. Engrasado

Mamani y Maldonado (2007). La piel deshidratada por la curtición se debe recubrir con una capa de grasa, de manera que por su efecto lubricante pase de nuevo a una textura blanda dándole un determinado tacto. El engrase influye igualmente en las propiedades físicas de la piel, tales como estiramiento, resistencia al desgarre, impermeabilidad al aire y al vapor de agua. La penetración y distribución de la emulsión de grasa en el interior de

la piel viene determinado por varios factores: A mayor temperatura mayor penetración, ya que la reacción grasa-fibra es más rápida. El engrase tiene como función la lubricación de las fibras de la piel curtida. La utilización de aceites influye en las propiedades físicas de la piel, como elasticidad, tensión de rotura, humectación, y poder de absorción y repulsión de agua. Mamani y Maldonado (2007).

2.3.9. Acabados

Quintana (2010). “Sirve para dar volumen y presentación al pelo o lana, consiste en limpiar, sacudir ablandar y peinar la piel por el lado del pelo y lana”. (p. 75)

- Ablandado. – Quintana (2010). “Para esto se debe frotar la piel con firmeza y cuidado contra una superficie filosa de madera de tal manera que la piel se haga blanda y suave” (p. 48).
- Cardado, peinado u cepillado. - Quintana (2010). “Se cepilla por el lado del pelo para que luzca suave y brillante” (p. 67).

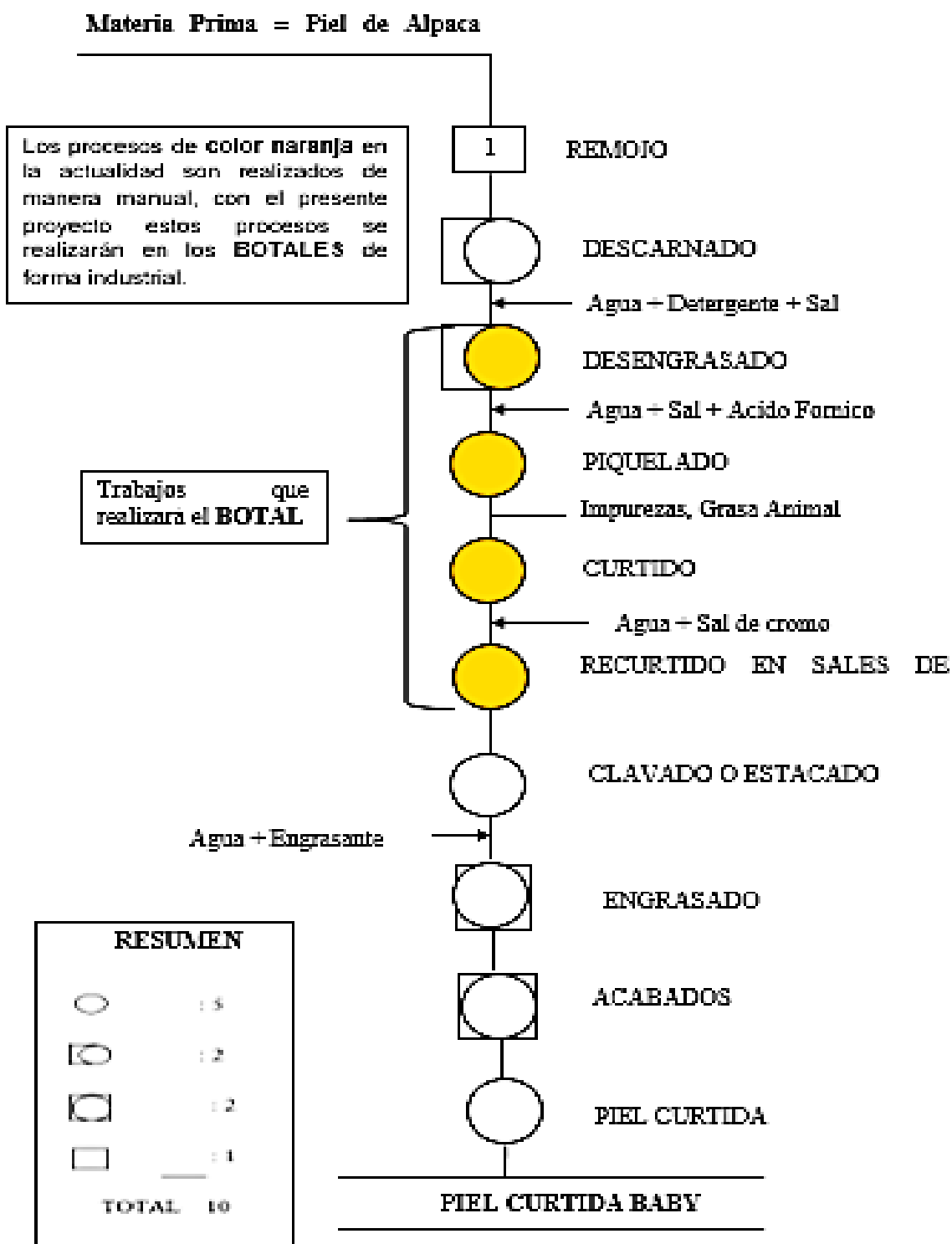
2.3.10. Piel curtida

Klein y Hurlbut (1997). Una piel curtida debe cumplir las siguientes condiciones:

- Resistencia hidrotérmica: el cuero debe soportar en una temperatura mayor que el colágeno crudo, utilizando agua en ebullición.
- El colágeno curtido en condiciones húmedas, debe resistir el ataque de las enzimas.
- Debe tener una estabilidad química tal, que los cueros no sufran deterioro bajo condiciones de uso o almacenamiento.
- Debe retener las propiedades físicas de la estructura fibrosa de la piel natural.

Figura 18

DOP para el curtido de pieles de alpaca baby



Nota. DOP = Diagrama De Operaciones Del Proceso

2.4. ANÁLISIS DEL PROBLEMA

El arte y estilo de creatividad son características íntimamente vinculados a la tradición artesanal del cusco. Que se manifiesta a través de una amplia gama de líneas artesanales entre ellas la PELETERIA: arte que se preserva de generación en generación en las zonas alto andinas de nuestra región del cusco.

La peletería, arte tradicional de Sicuani “CUNA DE LA PELETERIA DEL PERU”, una de las tecnologías más antiguas conocidas, remontándose a la prehistoria y probablemente la forma más antigua en la elaboración de indumentaria, arte orientado a la elaboración de indumentarias a partir del cuero y piel de animal, Sicuani es uno de los distritos de la provincia de Canchis, región Cusco, donde se desarrolló activamente la peletería hasta la actualidad.

Hasta la actualidad se está trabajando de manera artesanal, los peleteros en el distrito de Sicuani. Todo el proceso de curtido de piel de alpaca baby, se sigue utilizando Caballetes de Madera, Ranchetas manuales, cilindros para el Piquelado, Curtido y Recurtido, se manipulan manualmente los insumos químicos, quienes producen enfermedades infecciosas a la piel, utilizados para el curtido, el insumo se utiliza sin una medida exacta, solo al cálculo por experiencia. Todo el proceso de curtido de piel de alpaca baby tiene una duración de 15 días aproximadamente.

También existe una asociación de artesanos peleteros de Sicuani (ASAPES), integrado por 50 socios, quienes trabajan creando el arte con sus manos, la asociación tiene más de 25 años de creación, solo están asociados uno por familia sin embargo en sus casas trabaja más integrantes.

Las ramas de la peletería son:

- Alfombras.
- Juguetería.

- Prendas de Vestir.

Estos productos en la actualidad se están vendiendo a intermediarios de Cusco y Lima, quienes son las personas que seleccionan los productos para la exportación.

Arte que requiere de un detallado proceso de elaboración desde su obtención hasta el producto final, se trabaja con pieles de alpaca adulta, alpaca baby, ovino adulta y ovino bebe.

La materia prima se compra de las ferias o almacenes de acopio en Sicuani o regiones vecino como Puno. Para obtener dichas pieles no se sacrifican a los animales, sino es por muerte natural, ya sea por enfermedades producidas por el frio, el exceso de lluvia, enfermedades diarreicas.

La peletería tiene dos procesos: curtido de pieles y obra seca.

Por consiguiente, se puede encontrar la siguiente problemática:

- Problemas de salud, al utilizar **CROMO** (cáncer a la piel).
- Control inadecuado de los parámetros para su proceso siendo el **CURTIDO** de pieles el más sensible.
- Tiempo de obtención de la piel de alpaca baby, en todo el proceso.

2.5. CURTICIÓN

Hidalgo (2016) refiere que la curtición hace referencia a aquellos procesos técnicos que se realizan para la transformación de piel cruda en una materia resistente, uniforme, flexible, usable, industrial; ante lo expuesto se infiere que la línea de producción es de primera, puesto que la piel es procesada a tal manera que permite al usuario tener un acabado en doble faz, para lograr ello, no es necesario contar con un equipo industrial, puesto que para ello, es necesario contar con una considerable inversión, convirtiéndose en un problema en todas las plantas de nuestro país.

Según (Salguero, 2018):

La curtición es el proceso mediante el cual se transforma la piel en cuero mediante el uso de agentes curtientes que son penetrados y absorbidos por las fibrillas de la dermis, formando estructuras complejas estables y de esta manera se obtiene un cuero imputrescible e insoluble. (p. 126)

2.5.1. Instrumento tradicional de curtición

Las pieles son delicadas y necesitan de un tratamiento especial, actualmente se viene realizando el curtimiento en bombones, este es conocido también como: Botal, fulón, tambor o bombo, el cual es un recipiente en el cual se suaviza, se tiñe y se curte las pieles, generalmente es cilíndrico, el cual gira alrededor del eje horizontal.

Según (Hidalgo Almeida, 2016).

En su volumen interior de una pluralidad de salientes radiales, o palas, de sección pentagonal, que se extienden de forma circunferencial por el conjunto de la periferia de la pared cilíndrica, estando dicho tambor caracterizado porque, entre las caras enfrentadas de cada pala y de la pared cilíndrica, se insertan rellenos primarios de perfil exterior curvilíneo, añadidos en la vecindad de los empalmes entre cada pala y dicha pared cilíndrica, estando el tambor caracterizado; porque también, los dos extremos longitudinales de cada pala están circundados por partes laterales, y porque entre las caras enfrentadas de cada pala. (p. 78).

2.6. TEÓRIA A CERCA DE LOS BOTALES, BOMBO O TAMBOR

Según Chavarrea (2011) “los tambores de fulónado son contenedores cilíndricos estancos y de medida variable donde se cargan las pieles para las distintas fases del curtido. Riviera; reblandecimiento, maceración para hidratación, encalado para depilación, desencalado,

desgrasado” (p. 56). En las partes que siguen a esta fase se encuentra el piquelado y curtido, sin embargo, no es la única fase, ya que luego de ello, se realiza recurtido, engrasado y tintura.

Según el autor el tambor de abatanado, curtido y tintura es apto para suavizar, teñir y curtir las pieles, el cual consta de un bol circular, para (Aragón Merma, 2016) “Porque entre las caras enfrentadas de cada pala y de cada parte lateral se insertan rellenos suplementarios de perfil exterior curvilíneo, añadidos en la vecindad de los empalmes entre cada pala y cada parte lateral” (p.90). Tal como se muestra en la figura siguiente:

Figura 19

Tambores de curtición



Nota. Fuente. Internet

Para Carazas (2007) “El fulón de curtiduría su principio básico es girar y variar la velocidad, al mismo tiempo tiene que conservar el calor en su interior, las pieles son arrastradas dentro del fulón por clavijeros de madera fijados en el interior” (p. 78). Por tanto, esta se adhiere para facilitar dicha absorción se utiliza productos químicos, tal como se detalla a continuación:

Tabla 9**Velocidades a cumplirse en los procesos de transformación de las pieles.**

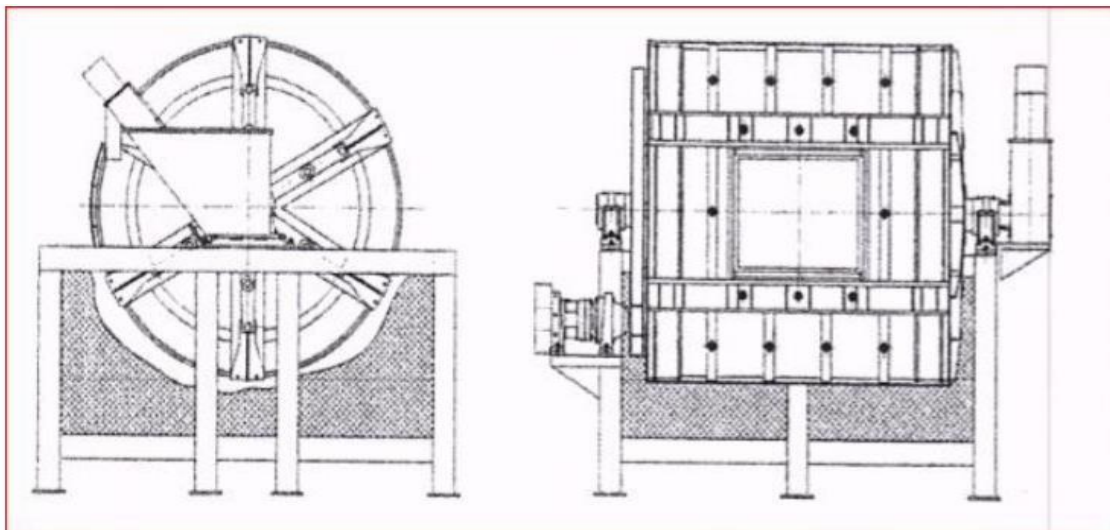
PROCESO	# DE REV x MIN		DETALLE
Remojo	3-4 rpm		No dañar la flor
Pelambre y encalado	3-4 rpm		No dañar la flor
Desencalado	9-10 rpm		Mayor golpe
Purga	9-10 rpm		Mayor golpe
Piquelado	9-10 rpm		Mayor golpe
Curtido	9-10 rpm		Mayor golpe
Engrase	14-15 rpm		Mayor Agotamiento
Recurtido	14-15 rpm		Mayor Agotamiento
Teñido	14-15 rpm		Mayor Agotamiento
Cambio de sentido de giro	velocidades Anteriores		Desamarrar las pieles
Fuente: (Bacardit, 2004).			

Núñez (2016) refiere que un bombo es una suerte de reactor, el cual es un sistema que da vueltas, es decir, ahí se realiza la reacción entre la piel y los reactivos que se usan para realizar el proceso; en este procedimiento se controla la temperatura, tiempo, velocidad, sentido de rotación.

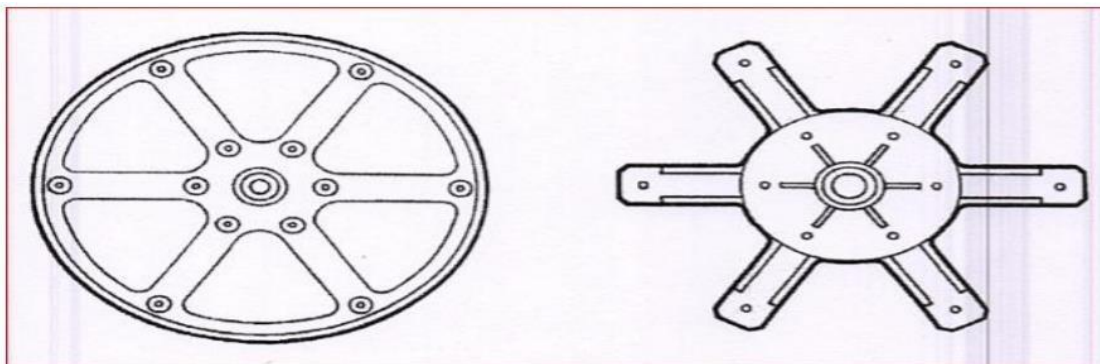
Según, Núñez (2016)

Para los remojos, el pelambre y la curtición vegetal suelen tener igual diámetro que anchura, aunque a veces existe la relación (anchura algo mayor que el diámetro), para el desencalado, rendido, piquel y curtición al cromo también suelen ser de anchura igual al diámetro, aunque a veces hay la relación (el diámetro es algo mayor que la anchura). Para el neutralizado, la recurtición, tintura y engrase suelen tener mucho más diámetro que anchura para mejorar y potenciar el efecto mecánico (p. 121).

Núñez (2016) “Los materiales con los que se construyen los bombos son de madera dura, compacta de fibras, secada al natural. La madera que mejor resiste los procesos químicos y los rozamientos es la de bolondo y teca” (p. 90), como se muestra en la siguiente figura.

Figura 20**Esquema de un bombo.***Nota.* Fuente: Bacardit (2004)

Según (Gómez, 2016) que depende del volumen y tamaño del bombo, por lo que los tablones que se usan para construir el bombo oscilan entre 60 a 100 mm de grosor, respecto a los laterales son simétricamente estipulados, otros tablones tienen un forma de estrella, que se engrana con los brazos de la corona y la cruceta, la cual tiene 4 o 6 brazos, tal como se muestra en la siguiente figura:

Figura 21**Corona y cruceta***Nota.* Fuente: Grunfed (2008)

Hidalgo (2016) “indica que la parte exterior del bombo se fija y se mantiene junta mediante unos aros cilíndricos que se aprietan en sus extremos en sentido contrario mediante una zapata. Suelen ser de 18 mm. Y la cantidad de aros” (90).

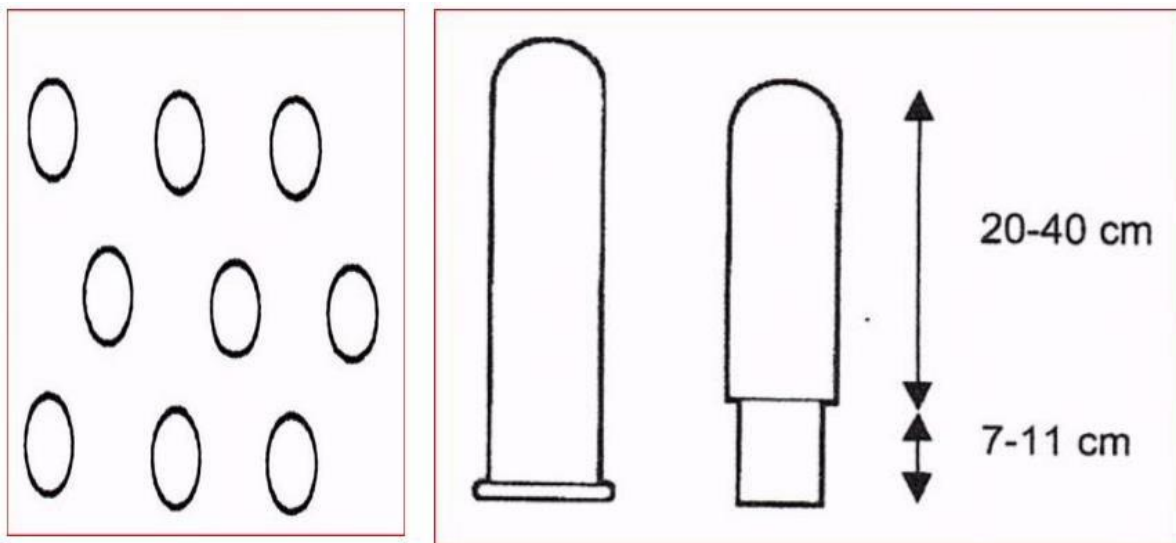
Los cuales van entre 4 a 20 unidades, el procedimiento se hace mediante tabloncitos hinchándose, lo que hace que se ajuste, evitando fugas, este sistema se asemeja a un tonel, asimismo, este se puede reemplazar con otros materiales como el polipropileno, fibra de vidrio-epoxi o acero inoxidable, sin embargo, no son tan versátiles como la madera.

Mataix (2001) refiere que en la parte exterior y frontal existe una o dos puertas una grande para introducir y aligerar las pieles que se encuentran en tamaños de entre 40 a 60 cm. Estos son ideales para bombos grandes, estos tienen una puerta de 40 X 40 cm, lo que permite poner productos, a su vez controlar procesos, que se abre y cierra la puerta, por otra parte, las puertas grandes son de acero inoxidable, correderas que se maneja de forma manual, neumático, y/o eléctrica.

Para (Aragón, 2010)

En la mayoría de los bombos, cuando la puerta grande es automática, no se necesita la puerta pequeña. En el interior del bombo hay dos tipos de formaciones que provocan el movimiento de las pieles con el giro del bombo: los pivotes y las palas. Los pivotes son de madera o bien de materiales plásticos y tienen una longitud entre 20 y 40 cm. Son pulidos para que no rayen las pieles y se colocan de forma alternativa en cada fila tal, la distancia entre los pivotes es de 50 a 90 cm, y su forma es como se puede ver en la siguiente figura.

(p. 98)

Figura 22**Distribución y forma de los pivotes.**

Para Hidalgo (2016) “Se expresa en metros el diámetro del bombo correspondiente se calcula el número crítico de revoluciones en revoluciones por minuto. Si se deja el diámetro como variable en la función que se acaba de describir y se ajustan los valores” (p. 78). Se describen a continuación: (Ver Apéndice 01).

Para Núñez (2016) “El esquema indicado puede ver para cada diámetro indicado por la abscisa el número de revoluciones crítico correspondiente representada ordenada. Con ello obtiene una línea que indica con diversos diámetros el correspondiente número de revoluciones para el mismo efecto mecánico” (p.89).

Para (Aragón Merma, 2016):

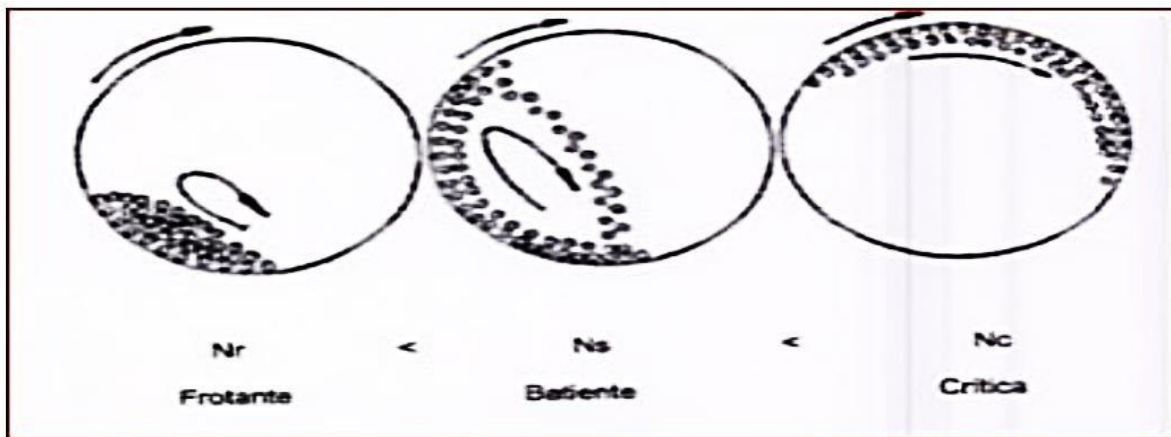
Cualquier otro determinado efecto mecánico distinto al del número crítico de revoluciones que resulte de una aceleración del movimiento circular inferior a la que acabamos de exponer, tiene que dar la misma curva porque, en la función en cuestión, no se ha cambiado

nada más que la aceleración. Como es natural, ahora los valores de sus números de revoluciones se dan más bajos. (p. 90).

Se puede distinguir tres fases típicas de movimiento, como se muestra en el (gráfico 7).

Figura 23

Fases del movimiento



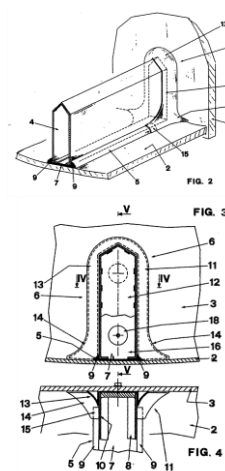
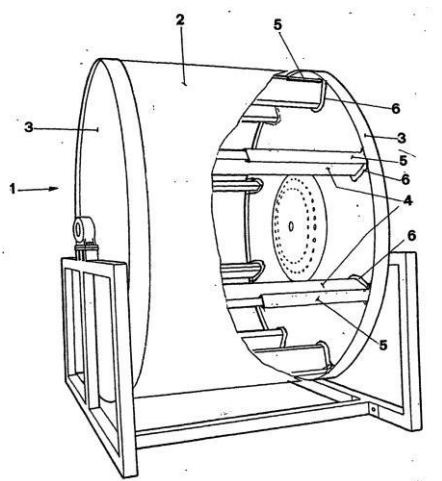
Nota. Fuente. Internet

2.7. PATENTES

- **Patente EP 1 004 678 B1**

Figura 24

Patente EP 1 004 678 B1



Procedencia Italia

Autor Galiotto Ruggero, Remonato Beniamino

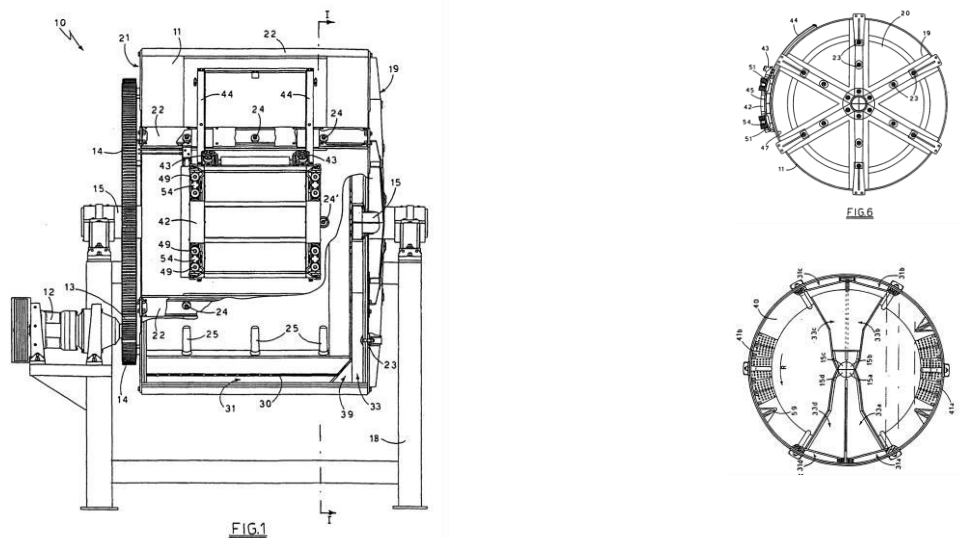
Fecha 31/05/2000

Descripción Botal de madera provista de aletas de geometría rectangular que están atornilladas a los bordes del tambor.

- **Patente EP 1 157 134 B1**

Figura 25

Patente EP 1 157 134 B1



Procedencia Italia

Autor Serrini Mario, Italprogetti Engineering S.R.L.

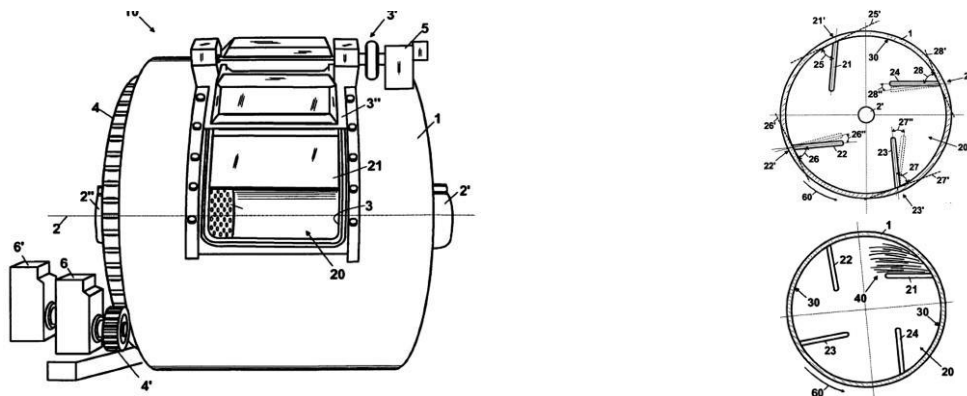
Fecha 10/11/2004

Descripción Botal de madera provista de aletas de geometría cilíndrica atornillada por la parte externa al cilindro, además este equipo cuenta con transmisión por engranajes y chumaceras.

- **Patente EP 2 177 631 B1**

Figura 26

Patente EP 2 177 631 B1



Procedencia

Italia

Autor

Mastelic Petar, Cantini Sergio, Billeri Antonio

Fecha

12/10/2016

Botal provisto de 04 aletas rectangulares a un ángulo de 27° respecto a la tangente de la circunferencia, con un sistema de transmisión de engranajes.

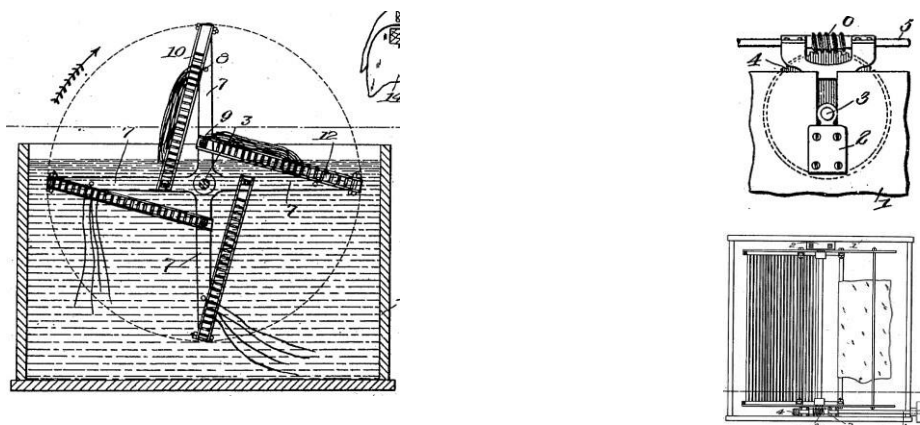
Descripción

a la tangente de la circunferencia, con un sistema de transmisión de engranajes.

- **Patente 916821**

Figura 27

Patente 916821

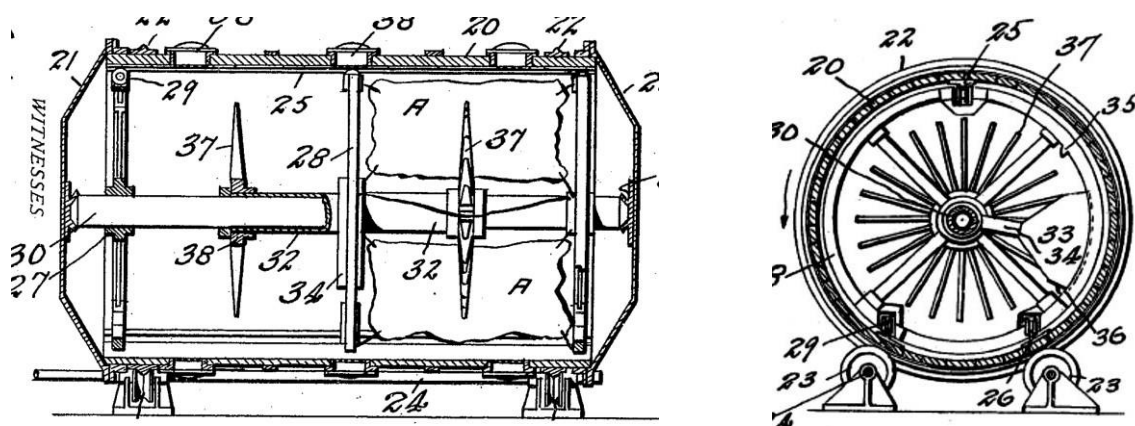


Procedencia	Estados Unidos
Autor	Frank Horton Yocum
Fecha	30/03/1909
Descripción	Tanque de madera cubierto con un cilindro provisto con 04 aletas

- **Patente 931858**

Figura 28

Patente 931858

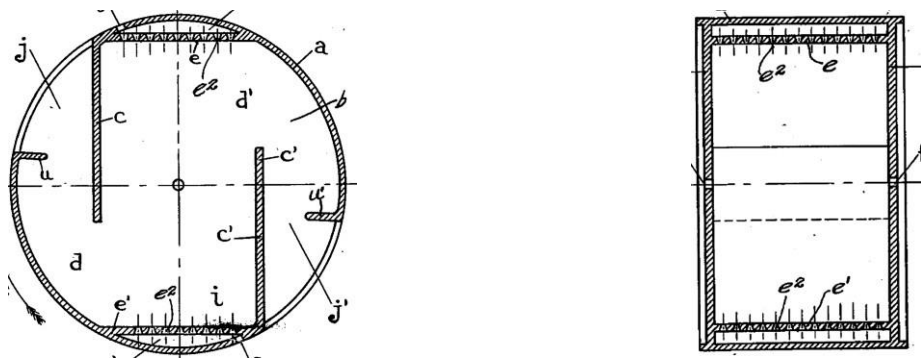


Procedencia	Estados Unidos
Autor	Charles John Glasel
Fecha	24/08/1909
Descripción	Tanque de acero inoxidable con eje alineado provisto con dos juegos de puntas para el proceso de recojo del cuero.

- **Patente 1760796**

Figura 29

Patente 1760796



Procedencia

Estados Unidos

Autor

Constantin Szmukler

Fecha

27/05/1930

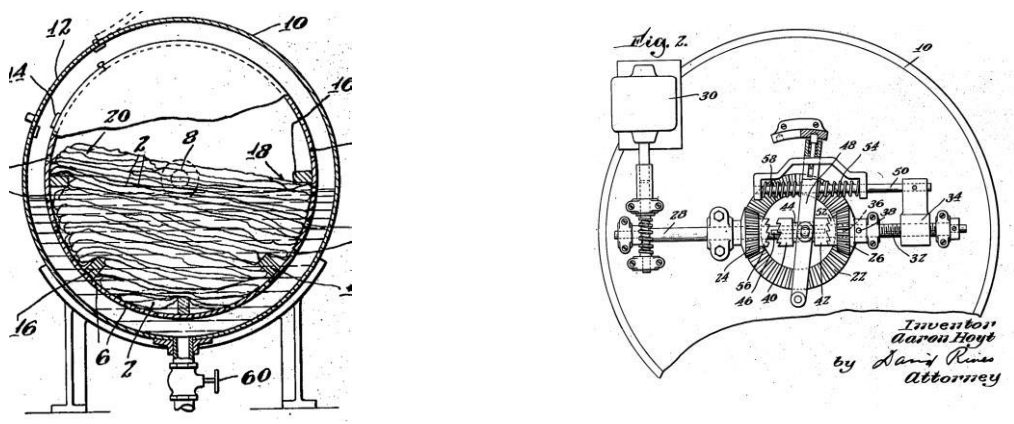
Descripción

Botal para proceso de curtido a través de dos paletas angulares que recogen el material y lo descargan a través de la rotación del botal.

- **Patente 1824549**

Figura 30

Patente 1824549



Procedencia Estados Unidos

Autor Aarón Hoyt

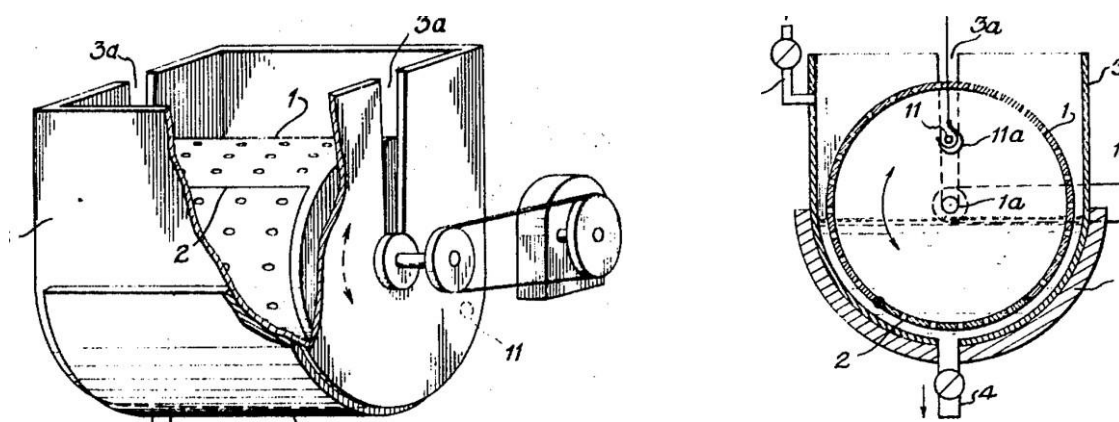
Fecha 22/09/1931

Descripción Sistema de curtido a través de la generación de rotación a través de engranajes cónicos que alimenta a una paleta para mover el cuero.

- **Patente 931858**

Figura 31

Patente 931858



Procedencia Estados Unidos

Autor Eckhart Heidemann, Frankfurter Str, Heinz Keller

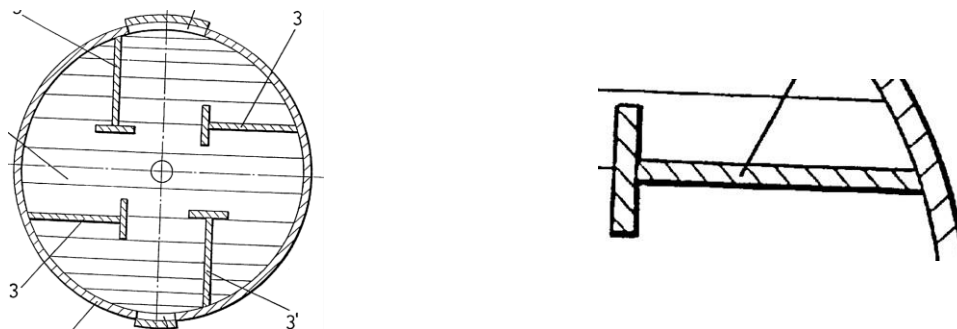
Fecha 29/07/1969

Descripción Sistema de curtido a través de un tanque que posee un cilindro perforado que es alimentado por una faja para generar la rotación respectiva para el proceso de curtido.

- **Patente 6151932**

Figura 32

Patente 6151932



Procedencia

Estados Unidos

Autor

Concepción Julio Molto, Asunción Marvin Guerrero

Fecha

28/11/2000

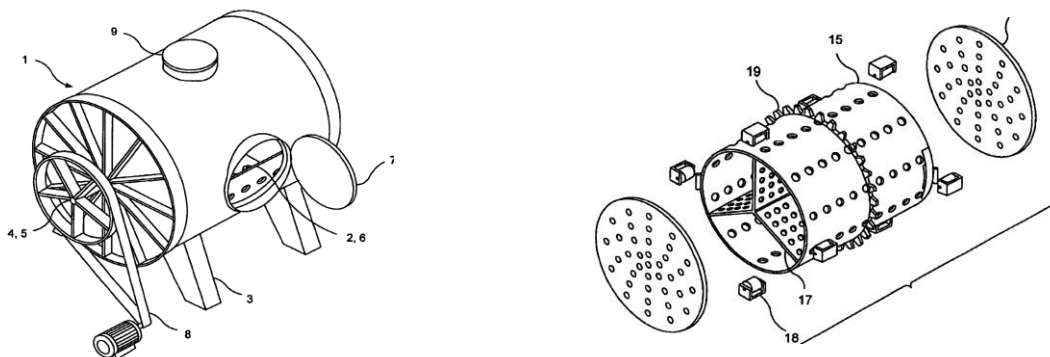
Descripción

Sistema de botal para el curtido de pieles en madera a través de la implementación de 04 paletas tipo T para generar el movimiento necesario de rotación del material a curtir.

- **Patente 6935144B2**

Figura 33

Patente 6935144B2



Procedencia	Estados Unidos
Autor	Duraiswamy Lakshmanan, Bommya Thangaraj, Subramaniyam Krishnan,
Fecha	30/08/2005
Descripción	Sistema de curtido en un cilindro a través de la implementación de 03 aletas con agujeros que están distribuidos simétricamente dentro del cilindro y además el sistema de transmisión es a través de una faja desde un motor eléctrico.

CAPÍTULO III

3. DISEÑO CONCEPTUAL

3.1. CONCEPCIÓN DEL DISEÑO

Muchas veces la información que se entrega con un pedido es deficiente, incompleta, difusa, contradictoria, falsa e incomprensible. Para resolver todas estas cuestiones se debe de asumir el problema de forma crítica y en base a aclaraciones o precisiones necesarias, el pedido debe ser comprendido sin tener lugar a dudas.

Con esta fase se evitan malos entendidos, falsas construcciones, duplicidad de trabajos, no cumplimiento de plazos de entrega y naturalmente se evita también las consecuencias económicas y legales que pudieran ocurrir debido a los problemas de información. Finalmente se debe de tomar el problema o tarea como un contrato donde estén descritas las especificaciones del problema (Lista de Exigencias)

3.2. ESTADO DE LA TECNOLOGÍA

Esto se hace averiguando los que hace la competencia también buscando literatura especializada, catálogos, información técnica, revistas técnicas, tesis, patentes, información de internet y proyectos similares al proyecto a desarrollar, También se puede buscar recomendaciones y normas nacionales o internacionales. Muchas veces existen gremios o asociaciones que cuentan con información que puede ser de utilidad por ejemplo normas, reglamentos, estadísticas y prácticas usuales, etc.

Una fuente importante de la información es cuando se puede tener contacto directo con la posible tecnología a emplear, esto se puede hacer visitando ferias, fabricas, proveedores o incluso documentando las vivencias (prácticas, trabajos, etc.)

Toda esta información se debe de clasificar y estudiar para compenetrarse en el problema. Muchas veces la solución del problema y su calidad depende del grado de información técnica que posee y procesa el diseñador.

3.3. LISTA DE EXIGENCIAS

El primer paso que se debe tener presente para iniciar nuestro diseño es el de establecer los requerimientos que debe de satisfacer con las funciones que debe de realizar nuestra máquina y que serán los que den forma y dimensión a los distintos mecanismos de que está compuesta.

Estos requerimientos deberán abarcar aspectos relacionados con el dimensionamiento, tipo de energía que utiliza, materiales usados para su construcción, montaje y transporte de la máquina, etc., que nos ayudara a visualizar las mejores alternativas de solución para llevarnos a concretar un diseño que satisfaga lo que se nos pide.

Otro aspecto que se tomara en cuenta es la prioridad que tendrá cada requerimiento, en cuanto se quiera que este sea necesariamente una exigencia o se establezca que sea un deseo el cual se quiere implementar.

A continuación, presentamos nuestra lista con los diferentes parámetros o requerimientos ordenados de forma que empiecen de lo más básico a lo más riguroso en cuanto a exigencia se refiere.

Tabla 10

Lista de exigencias según metodología VDI 2221

LISTA DE EXIGENCIAS			Página 01 de 02
			Edición: Aimachoque/ Huallpa
PROYECTO:		Diseño para la construcción de un Botal para Curtiembre de Piel de Alpaca Baby para Pequeños artesanos.	Fecha: 15/12/2019
			Revisado: Ing. Mario Castro I.
CLIENTE:		Pequeños Artesanos de Peletería en piel de Alpaca Baby de la Región Cusco	Elaborado: Bach. Edgar Aimachoque Mamani Bach. Rolando Huallpa Soto
Fecha	Deseo Exigencia	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE
05/04/2019	E	<p>1. FUNCIÓN PRINCIPAL:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Realizar el Curtido de la piel de alpaca Baby con pelo a través del método Wet Blue. · No debe de romper ni maltratar la piel de alpaca baby con pelo. · El producto final de la curtiembre de la piel de alpaca baby deberá de cumplir las pruebas de resistencia a la flexión, tracción, ruptura de flor, desgarro y la temperatura de contracción. · Deberá ser pequeña, versátil, fácil operación y de acuerdo a la capacidad de producción de los pequeño artesanos peleteros de la región del cusco. 	EAM/RHS
05/04/2019	E	<p>2. MATERIA PRIMA</p> <ul style="list-style-type: none"> · La materia prima a curtir es cuero de alpaca baby con pelo. 	EAM/RHS
05/04/2019	E	<p>3. CINEMÁTICA</p> <p>La Velocidad Angular del equipo debe ser acorde a un buen proceso de curtido sin generar ningún tipo de rotura para la piel de alpaca baby con pelo.</p> <ul style="list-style-type: none"> · 	EAM/RHS

		Dirección del movimiento. Circunferencial	
05/04/2019	E	4. FUERZAS Fuerza capaz de curtir el cuero de alpaca baby sin dañarla ni romperla de tal forma que el curtido Wet Blue sea eficiente.	EAM/RHS
05/04/2019	E	5. SEGURIDAD La máquina se diseñará de tal modo que no ponga en peligro la integridad física del operario ni al medio ambiente.	EAM/RHS
05/04/2019	E	6. SEÑALES Estará provista de señales que indiquen el inicio o fin del proceso, y la parada de emergencia	EAM/RHS
05/04/2019	E	7. CORROSION El equipo deberá estar fabricado de un material que pueda resistir la corrosión generada por el trabajo de agua caliente + insumos químicos	EAM/RHS
05/04/2019	E	8. ENERGÍA Deberá ser capaz de trabajar con fuentes de Alimentación – Eléctrica – 220 V, 60Hz - Trifásico	EAM/RHS
05/04/2019	E	9. FABRICACIÓN · Limitación por los talleres de producción - Debe de adecuarse para que no tenga ninguna limitación en la fabricación en talleres locales en las zonas alto andinas del Perú. - Los materiales deben ser de fácil adquisición en el medio local. · Medios de Fabricación - Permitir que los medios de fabricación sean considerados medios generales y comerciales como son: Torneado, Frezado, Cepillado, Taladrado, Soldadura - Calidad y Tolerancias de acuerdo a las precisiones y normalización de fabricación. - La máquina debe tener buena estabilidad y rigidez. - La máquina debe de ser de fácil ensamblaje y anclaje.	EAM/RHS

Tabla 11

Lista de exigencias

		LISTA DE EXIGENCIAS		Página 02 de 02
				Edición: Aimachoque Huallpa
PROYECTO:		Diseño para la construcción de un Botal para Curtiembre de Piel de Alpaca Baby para Pequeños artesanos.		Fecha: 15/12/2019 Revisado: Ing. Mario Castro I.
CLIENTE:		Pequeños Artesanos de Peletería en piel de Alpaca Baby de la Región Cusco		Elaborado: Bach. Edgar Aimachoque Mamani Bach. Rolando Huallpa Soto
Fecha	Deseo Exigencia	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	
15/12/2019	E	1. CONTROL · Posibles Pruebas y Mediciones - Deberá ser capaz de medir la temperatura y el pH de la solución de curtido.	Personal Técnico Calificado	
15/12/2019	E	2. MONTAJE · Prescripciones especiales de montaje - Calibración de parámetro de temperatura y volumen del agua. - Montaje con uniones fijas y desmontables.	PTC	
15/12/2019	D	3. TRANSPORTE · Condiciones de Transporte - De fácil transportabilidad para poder ingresar a unidades de ancho 1.8m x alto 2.00m - Estará provista de soportes para su transporte. - El peso de la maquina no deberá de ser excesivo tal que no se requiera maquinaria especial para el carguío.	PTC	

15/12/2019	E	4. USO Uso de un lugar adecuado, no expuesto al medio ambiente.	PTC																								
15/12/2019		5. ERGONOMIA La altura de los dispositivos de operación (interruptores de control de mando, compuerta, llaves, etc.) estarán al alcance del operario.	PTC																								
15/12/2019	E	6. MANTENIMIENTO · Frecuencia de mantenimiento De acuerdo a cada elemento y sistema de la máquina. · Cambio y reparación de piezas De fácil acceso a la máquina, que requiere para el mantenimiento, lubricación, las partes de mayor desgaste deben ser fácilmente reemplazables.	PTC																								
15/12/2019	E	7. COSTO DEL DISEÑO Inversión	EAM/RHS																								
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>N</th> <th>Descripción</th> <th>Cant</th> <th>Unid</th> <th>CU (s/.)</th> <th>CP=Can t x CU</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Desarrollo de Diseño de máquina por Ingeniero Proyectista</td> <td>225</td> <td>h-h</td> <td>18.00</td> <td>S/ 4,050.00</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Dibujante – CAD</td> <td>60</td> <td>h-h</td> <td>8.00</td> <td>S/ 480.00</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Costo total=Σ(C.P.i)</td> <td>285</td> <td></td> <td></td> <td>S/ 4,530.00</td> </tr> </tbody> </table>	N	Descripción	Cant	Unid	CU (s/.)	CP=Can t x CU	1	Desarrollo de Diseño de máquina por Ingeniero Proyectista	225	h-h	18.00	S/ 4,050.00	2	Dibujante – CAD	60	h-h	8.00	S/ 480.00		Costo total=Σ(C.P.i)	285			S/ 4,530.00	
		N	Descripción	Cant	Unid	CU (s/.)	CP=Can t x CU																				
		1	Desarrollo de Diseño de máquina por Ingeniero Proyectista	225	h-h	18.00	S/ 4,050.00																				
2	Dibujante – CAD	60	h-h	8.00	S/ 480.00																						
	Costo total=Σ(C.P.i)	285			S/ 4,530.00																						
15/12/2019	E	8. PLAZOS Fin del desarrollo 31/03/2020	EAM/RHS																								

3.4. CONCEPCIÓN DE LA SOLUCIÓN

La elaboración del concepto es una parte del proceso de diseño que se realiza después de detallar el problema a través de un proceso de abstracción.

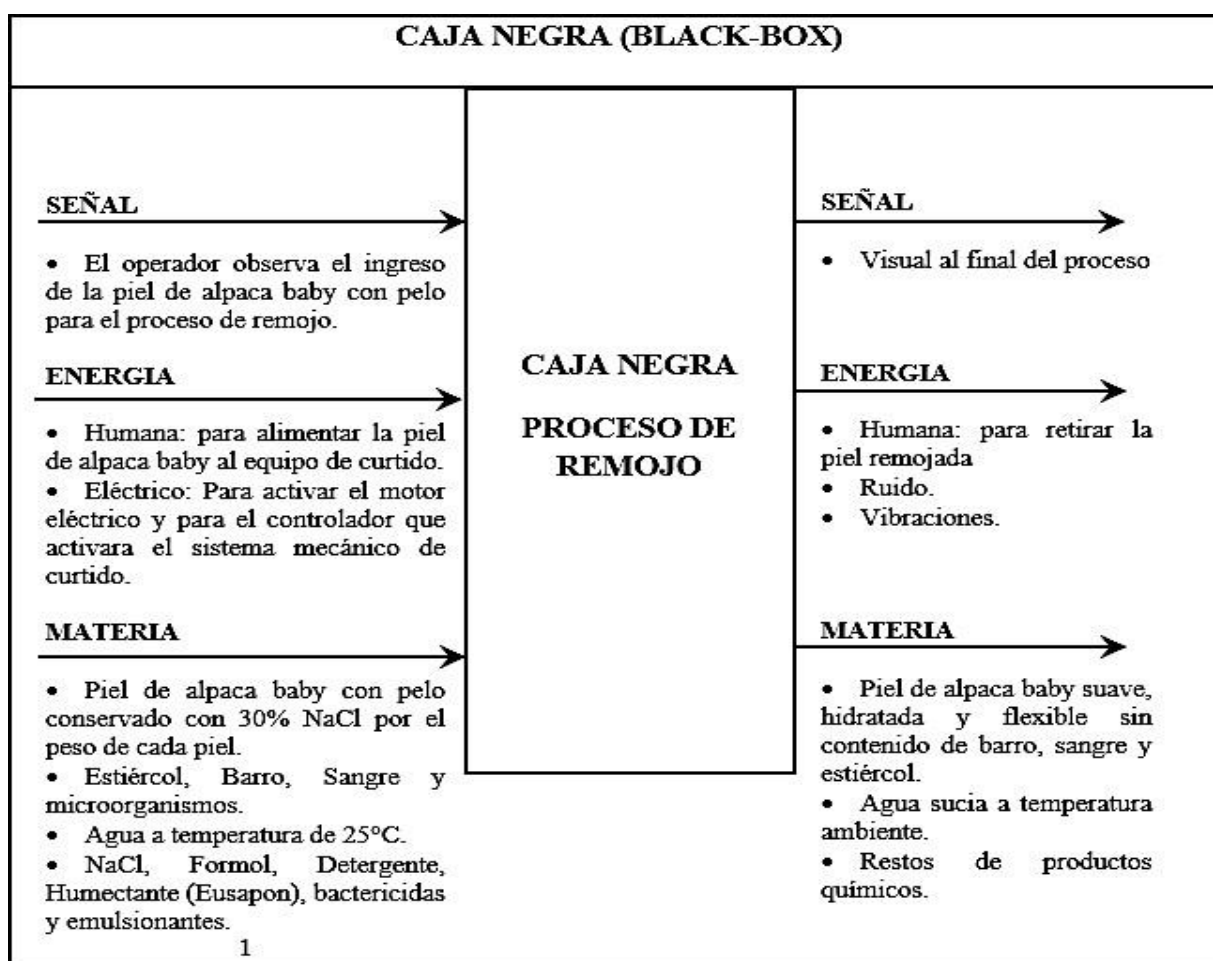
La formulación de una estructura de funciones y la búsqueda de principios de solución apropiados para cada una de las funciones, así como el procesamiento de la combinación de los posibles caminos de solución, nos permitirán determinar un concepto óptimo de solución.

3.4.1. Abstracción (caja negra)

Cualquier función o una función total se puede representar en forma de una caja negra, donde solo se tiene en cuenta tres magnitudes básicas de entra y salida (Señales, Energía y Materia)

Figura 34

Abstracción caja negra



3.4.2. Abstracción (caja negra)

Para la elaboración de la estructura de funciones se explorarán todas las funciones que la máquina debe de cumplir para llevar a cabo su función principal del curtido de piel de alpaca baby.

3.4.3. Secuencia de operaciones

Analizando en detalle se establece el proceso técnico y se identifican sus fases:

A. Preparación

- Verificar que la piel de alpaca baby se encuentre limpia sin restos vegetales o animales.
- Verificar que la piel de alpaca baby se encuentre descarnado y desengrasado.
- Pesar la cantidad en kg de piel de alpaca a ser curtido para determinar el volumen de agua e insumos químicos requeridos para el proceso de curtido.
- Colocar la piel de alpaca baby con pelo dentro del sistema de alimentación del equipo
- Asegurar la disposición de agua caliente e insumos químicos necesarios para el proceso de curtido.
- Programar el tiempo de ejecución del proceso de curtido.
- Verificar que no haya ninguna persona cerca del equipo.
- Verificar que no haya fuga de agua por algún lado.

B. EJECUCIÓN

- Llenar el botal con agua hasta el nivel recomendable.
- Aplicar las soluciones químicas necesarias para el proceso de curtido.
- Alimentar la piel de alpaca baby al equipo.

- Remojar y sumergir la piel de alpaca baby con pelo.
- Realizar la mezcla e interacción a través de movimientos suaves entre los insumos químicos biodegradables del proceso de curtido con la piel de alpaca baby con pelo.
- Apagado de la máquina.

C. CONTROL:

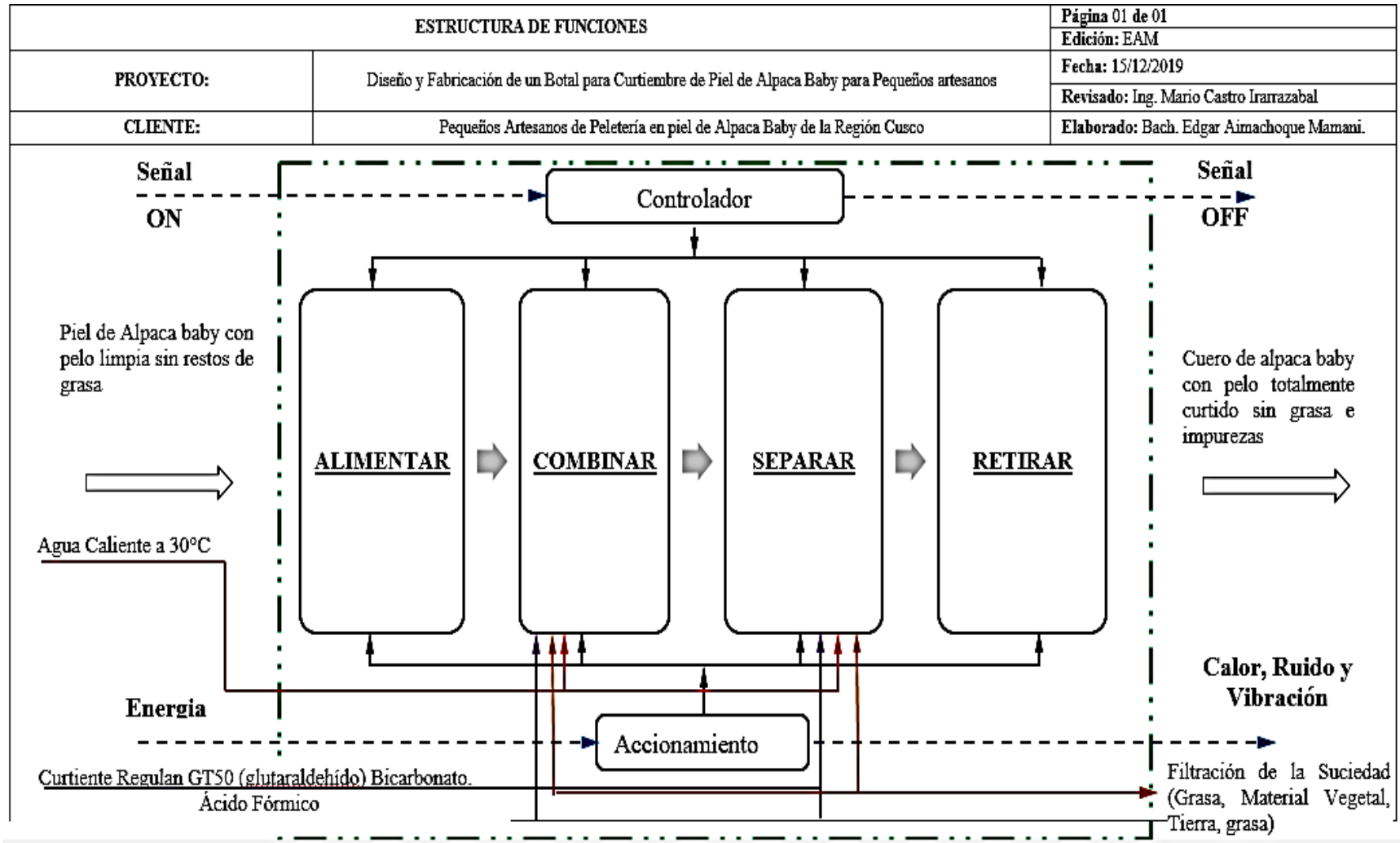
- Controlar que el equipo tenga el stock necesario para tengan un proceso continuo de curtido de piel de alpaca baby con pelo.
- Controlar el sistema de alimentación.
- Controlar el nivel de llenado de agua al equipo de curtiembre.
- Controlar la temperatura de calentamiento del agua.
- Controlar el Ph del agua.
- Controlar la parada de emergencia.
- Controlar la relación de baño de agua e insumos químicos biodegradables del proceso de curtido.
- Controlar el proceso de inicio a fin.

D. FASE FINAL

- Salida de la piel a de alpaca baby con pelo totalmente curtida.
- Recolección de la piel de alpaca baby con pelo.
- Apagado de la máquina.
- Desfogue del agua de del equipo de curtiembre.
- Limpieza de todos los sistemas que tengan contacto directo con la piel de alpaca baby.

Tabla 12

Estructura de funciones





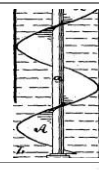


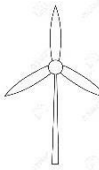

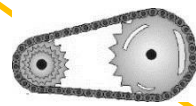

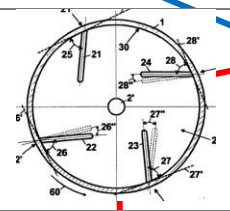
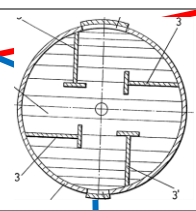
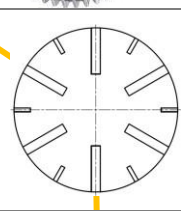
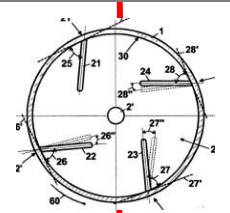
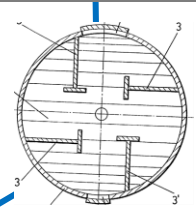
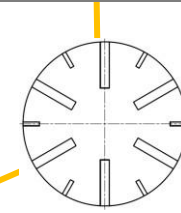


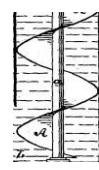


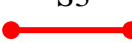
3.4.4. Concepto solución

Para encontrar las soluciones hay distintos caminos, como los tradicionales, intuitivos y los discursivos. Para el presente trabajo se presentará una de las formas discursivas para llegar a las soluciones con la ayuda de un esquema ordenado denominado “Matriz morfológica” de Zwicky.

Generalmente se puede subdividir una función total en funciones parciales.

Tabla 13

Matriz morfológica

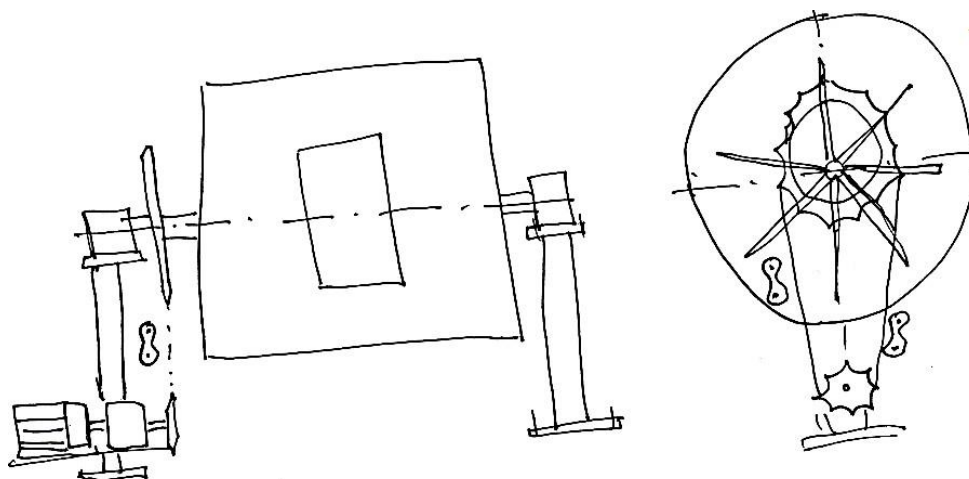
MATRIZ MORFOLOGICA		Página 01 de 01		
		Edición: EAM		
Proyecto:	Diseño Para la construcción de un Botal para Curtiembre de Piel de Alpaca Baby para artesanos.	Fecha: 15/12/19		
Cliente:	Pequeños Artesanos de Peletería en piel de Alpaca Baby de la Región Cusco	Revisado: Ing. Mario Castro		
		Elaborado: Bach. Edgar A.M. Bach. Rolando H.S.		
Funciones	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	
Alimentar				
Energía				
Sistema de Transmisión				
Combinar				
Separar				
Retirar				
	S1	S2	S3	
				

3.4.4.1. Solución 01

Esta propuesta contempla un sistema de alimentación manual con suministro de energía de un motor eléctrico y accionado por un sistema de transmisión de cadena, el botal es tipo cilíndrico provisto de paletas que harán la función de combinar y separar la piel de alpaca baby con los insumos químicos necesarios para curtir, todo el equipo esta soportado en una estructura anclada al piso.

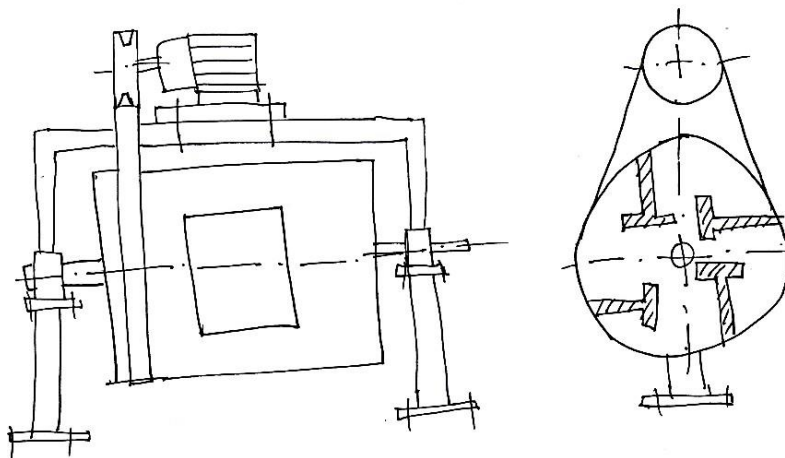
Figura 35

Solución 01



3.4.4.2. Solución 02

Esta propuesta contempla un sistema de alimentación manual con suministro de energía de un motor eléctrico y accionado por un sistema de transmisión de jafa V, el botal es tipo cilíndrico provisto de paletas tipo T que harán la función de combinar y separar la piel de alpaca baby con los insumos químicos necesarios para curtir, todo el equipo esta soportado en una estructura anclada al piso.

Figura 36**Solución 02****3.4.4.3. Solución 03**

Esta propuesta contempla un sistema de alimentación manual con suministro de energía de un motor eléctrico y accionado por un sistema de transmisión de engranajes, el botal es tipo cilíndrico provisto de paletas que harán la función de combinar y separar la piel de alpaca baby con los insumos químicos necesarios para curtir, todo el equipo esta soportado en una estructura anclada al piso.

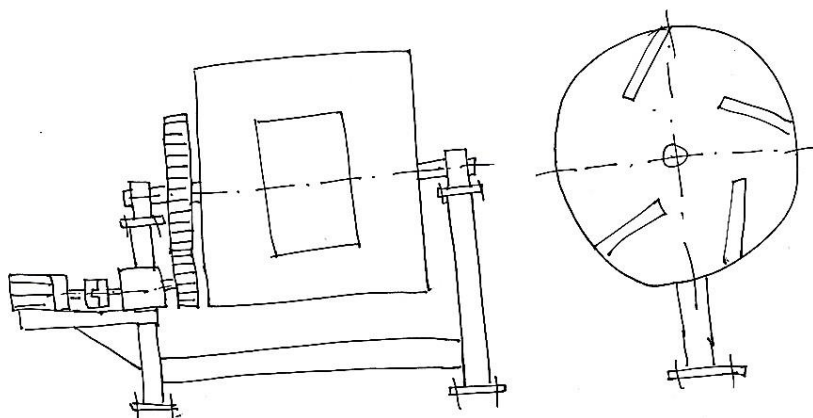
Figura 37**Solución 03**

Tabla 14

Evaluación técnica de los conceptos solución según VDI 2221

EVALUACION TECNICA CONCEPTOS SOLUCION		Página 01 de 02			
		Edición: EAM			
PROYECTO:	Diseño y Fabricación de un Botol para Curtiembre de Piel de Alpaca Baby para pequeños Artesanos	Fecha: 15/12/2019			
		Revisado:			
		Ing. Mario Castro I.			
CLIENTE:	Pequeños Artesanos de Peletería en Piel de Alpaca Baby de la Región del Cusco	Elaborado: Bach. Edgar Aimachoque Mamani y Bach. Rolando Huallpa			
p: puntaje de 0 a 4 (escala de valores según VDI2225)					
0=no satisface, 1=Aceptable a las justas, 2=Suficiente, 3=Bien, 4=Muy Bien (Ideal)					
N°	CRITERIOS	SOLUCION	SOLUCION	SOLUCION	SOLUCION
	TÉCNICOS Y ECONÓMICOS	01	02	03	IDEAL
1	Manipulación	3	3	3	4
2	Estabilidad	3	3	3	4
3	Rapidez	2	3	3	4
4	Calidad de Curtido	1	2	4	4
5	Fácil Mantenimiento	2	3	3	4
6	Complejidad	1	3	3	4
7	Seguridad	2	3	3	4
8	Fabricación	1	2	2	4
9	Control	2	3	3	4
10	Costo de Materiales	1	3	4	4
SUMA TOTAL		18	28	31	40

Según el resultado obtenido en la evaluación, nuestro concepto solución optimo está dado por el concepto solución 3.

3.4.5. Proyecto preliminar

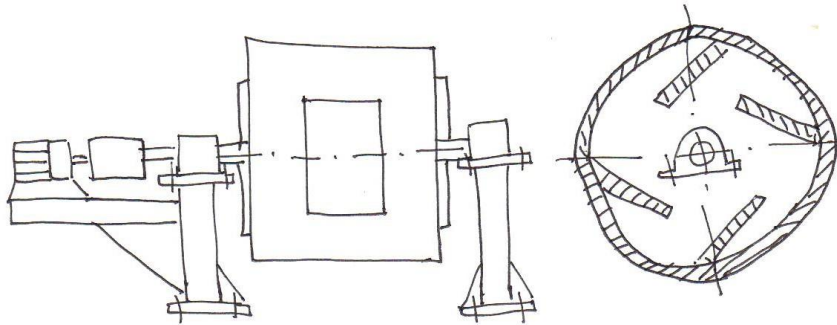
En base a nuestro concepto solución óptima pasamos a bosquejar los proyectos preliminares posibles y plantearemos también las posibles posiciones de la transmisión por engranajes en tres posibles proyectos preliminares para que estos sean evaluados técnicamente y económicamente para así obtener el proyecto preliminar óptimo para el curtido de piel de alpaca baby con pelo.

3.4.5.1. Proyecto preliminar 01

El proyecto preliminar 01 plantea un botal con un motor reductor que está unido al eje de este a través de un acople rígido el cual transmitirá la potencia necesaria al botal para realizar el giro correspondiente y lograr curtir la piel de alpaca baby en condiciones óptimas.

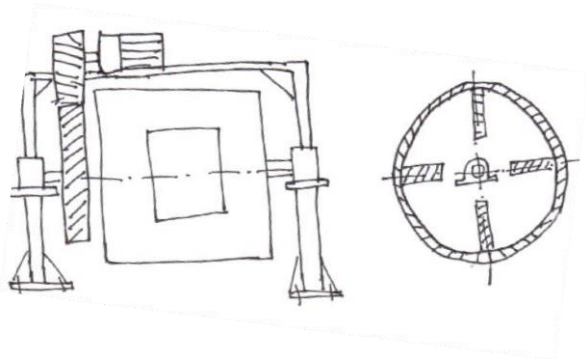
Figura 38

Proyecto preliminar 01

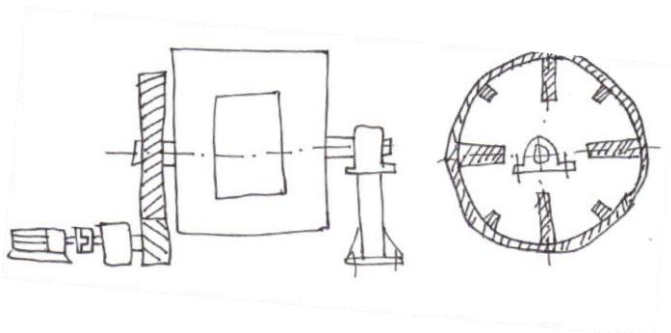


3.4.5.2. Proyecto preliminar 02

El proyecto preliminar 02 plantea un botal con un motorreductor que se ubica en la parte superior del equipo montado sobre una estructura, la potencia del motorreductor es transmitida a través de un par de engranajes al eje del botal que permitirá el movimiento necesario para realizar el proceso de curtido a la piel de alpaca baby con pelo.

Figura 39**Proyecto preliminar 02****3.4.5.3. Proyecto preliminar 03**

El proyecto preliminar 03 plantea un botal con un motorreductor que se ubica en la parte inferior del equipo, la potencia del motor es transmitida a través de un par de engranajes al eje del botal que permitirá el movimiento necesario para realizar el proceso de curtido a la piel de alpaca baby con pelo.

Figura 40**Proyecto preliminar 03****3.4.6. Evaluación de los proyectos preliminares**

En esta etapa ya se pueden evaluar las alternativas del proyecto, porque las características del diseño ya están fijadas. En los bosquejos se pueden observar claramente los criterios escogidos.

3.4.7. Evaluación técnica

Tabla 15

Evaluación técnica del concepto solución según VDI 2221

EVALUACION TECNICA DEL CONCEPTO SOLUCION (Xi)											
PROYECTO: Diseño para la construcción de un Botal para Curtiembre de Piel de Alpaca Baby para artesanos							Fecha: 15/12/2019				
							Revisado: Ing. Mario Castro I.				
CLIENTE: Pequeños Artesanos de Peletería en piel de Alpaca Baby de la Región del Cusco.							Elaborado: Bach. Edgar Aimachoque Mamani y Bach. Rolando Huallpa Soto				
p: puntaje de 0 a 4 (escala de valores según VDI2225)											
0=no satisface, 1=Aceptable a las justas, 2=Suficiente, 3=Bien, 4=Muy Bien (Ideal)											
g: es el peso ponderado y se da en función de la importancia de los criterios de evaluación											
Criterios de evaluación en fase de concepto de proyectos											
Variantes de concepto / proyectos			Solución 1			Solución 2		Solución 2		Solución ideal	
			S1			S2		S3		S ideal	
Nº	CRITERIOS DE EVALUACION	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp	
1	Confiability	4	2	8	2	8	4	16	4	16	
2	Seguridad	4	2	8	2	8	2	8	4	16	
3	Fácil Manufactura	4	2	8	2	8	3	12	4	16	
4	Fácil Operación	3	2	6	2	6	2	6	4	12	
5	Fácil Ensamble	3	1	3	1	3	3	9	4	12	
6	Fácil Limpieza	2	2	4	2	4	3	6	4	8	
7	Transporte	2	2	4	2	4	2	4	4	8	
8	Poco espacio requerido	1	3	3	3	3	3	3	4	4	
9	Simple Mantenimiento	1	2	2	1	1	3	3	4	4	
10	Sistema de Lavado	1	2	2	2	2	4	4	4	4	
Puntaje máximo $\sum p$ o $\sum gp$		20	48	19	47	29	71	40	100		
Valor técnico (xi)		0.67		0.63		0.73		1.00			

3.4.8. Evaluación económica

Tabla 16

Evaluación económica del concepto solución según VDI 2221

EVALUACION ECONOMICA DEL CONCEPTO SOLUCION (Yi)										
PROYECTO: Diseño para la construcción de un Botal para Curtiembre de Piel de Alpaca Baby para artesanos						Fecha: 15/12/2019 Revisado: Ing. Mario Castro I.				
CLIENTE: Pequeños Artesanos de Peletería en piel de Alpaca Baby de la Región del Cusco.						Elaborado: Bach. Edgar Aimachoque Mamani y Bach. Rolando Huallpa Soto				
p: puntaje de 0 a 4 (escala de valores según VDI2225)										
0=no satisface, 1=Aceptable a las justas, 2=Suficiente, 3=Bien, 4=Muy Bien (Ideal)										
g: es el peso ponderado y se da en función de la importancia de los criterios de evaluación										
Criterios de evaluación en fase de concepto de proyectos										
Variantes de concepto / proyectos	Solución 1		Solución 2		Solución 3		Solución ideal			
	1		2		3		ideal			
	S1		S2		S3		S ideal			
Nº	CRITERIOS DE EVALUACION	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
1	Costo de Material	4	3	12	2	8	3	12	4	16
2	Costo de Fabricación	4	2	8	3	12	2	8	4	16
3	Costo de Instalación	2	2	4	2	4	2	4	4	8
4	Costo de Mano de Obra	2	2	4	2	4	2	4	4	8
Puntaje máximo $\sum p$ o $\sum gp$		9	28	9	28	9	28	16	48	
Valor económico (Yi)		0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	1.00	1.00	

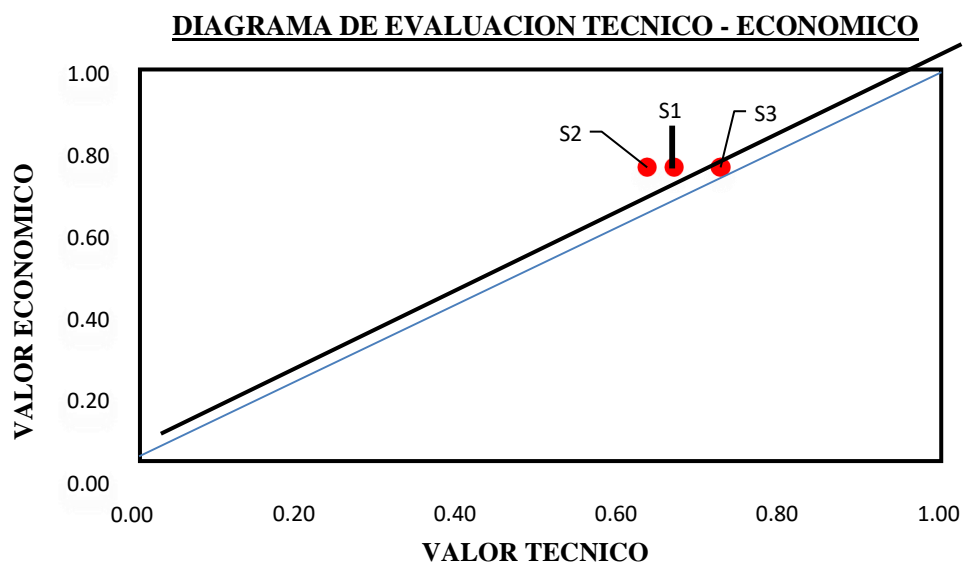
Tabla 17

Resumen de evaluación de proyecto

Resumen de evaluación de proyecto		S1	S2	S3
Valor Técnico	X_i	0.67	0.63	0.73
Valor Económico	Y_i	0.75	0.75	0.75

Figura 41

Diagrama de evaluación técnico - económico



La alternativa óptima para este proyecto será la opción n°3, el cual se desarrollará en los capítulos siguientes.

CAPÍTULO IV

4. DISEÑO DEL BOTAL

4.1. CÁLCULO DE MASAS, VOLUMENES Y DIMENSIONES DEL CILINDRO

4.1.1. Cálculo de masas

$$N^{\circ} \text{ pieles} = 20$$

$$M_{\text{media de piel}} = 0.7 \text{ Kg}$$

$$M_{\text{TOTAL DE PIELES}} = N^{\circ} \text{ pieles} \cdot M_{\text{media de piel}} = 14 \text{ Kg}$$

La relación del peso del agua y piel es de 4 a 1, entonces ingresarán:

$$M_{\text{Agua}} = 4 * M_{\text{TOTAL DE PIELES}} = 56 \text{ Kg}$$

También ingresará la masa de insumos la cual se tomó para 50 pieles que entre detergente y ostopal suma 1.03 Kg, entonces para cada cuero se necesitará alrededor de 0.02 Kg.

$$M_{\text{Insumos}} = N^{\circ} \text{ pieles} * 0.02 \text{ Kg} = 0.4 \text{ Kg}$$

Tendremos una masa total máxima que ingresará al botal de:

$$M_T = M_{\text{TOTAL DE PIELES}} + M_{\text{Agua}} + M_{\text{Insumos}} = 70.4 \text{ Kg}$$

4.1.2. Cálculo de volúmenes

El volumen de las pieles lo tomaremos con el promedio que se tomó experimentalmente que es 0.0008 m³.

$$V_{\text{pieles}} = N^{\circ} \text{ pieles} * 0.0008 \text{ m}^3 = 0.016 \text{ m}^3$$

El volumen de ingreso del agua será hallado con la masa que ingresa entre la densidad que consideraremos 1000 Kg/m³.

$$V_{\text{Agua}} = \frac{M_{\text{Agua}}}{\rho_{\text{Agua}}} = 0.056 \text{ m}^3$$

Se debe considerar un volumen de seguridad para el dimensionamiento del cilindro, el cual será 3 veces la suma del volumen del agua y la piel.

$$V_S = 3 * (V_{pieles} + V_{Agua}) = 0.216 \text{ m}^3$$

Con estos volúmenes obtenemos el volumen interior que deberá tener el cilindro.

$$V_{int} = V_{pieles} + V_{Agua} + V_S = 0.288 \text{ m}^3$$

4.1.3. Dimensiones del cilindro

Para el radio interior consideraremos 0.3 m, con esto podemos hallar la longitud interior que se tendrá.

El área de la base del cilindro será:

$$A_B = \pi r^2 = 0.2827 \text{ m}^2$$

Entonces la longitud interna del cilindro será de:

$$L_{int} = \frac{V_{int}}{A_B} = 1.02 \text{ m}$$

Consideraremos que el cilindro tendrá un espesor de 3 cm de madera la cual será aguano.

Con eso obtendremos un radio exterior y una longitud exterior del total.

$$r_e = e + r = 0.33 \text{ m}$$

$$L_e = L_{int} + 2e = 1.08 \text{ m}$$

El volumen ocupado por el cilindro con el interior sería de:

$$V_e = \pi r_e^2 \cdot L_e = 0.369 \text{ m}^3$$

Entonces el volumen ocupado por la madera será de:

$$V_F = V_e - V_{int} = 0.081 \text{ m}^3$$

Como el contenedor será de aguano, de acuerdo al siguiente link (<https://www4.congreso.gob.pe/comisiones/1999/ciencia/cd/INIA/inia-p4/inia-p4-30.htm>)

tenemos que la densidad del aguano es de 730 Kg/m^3 .

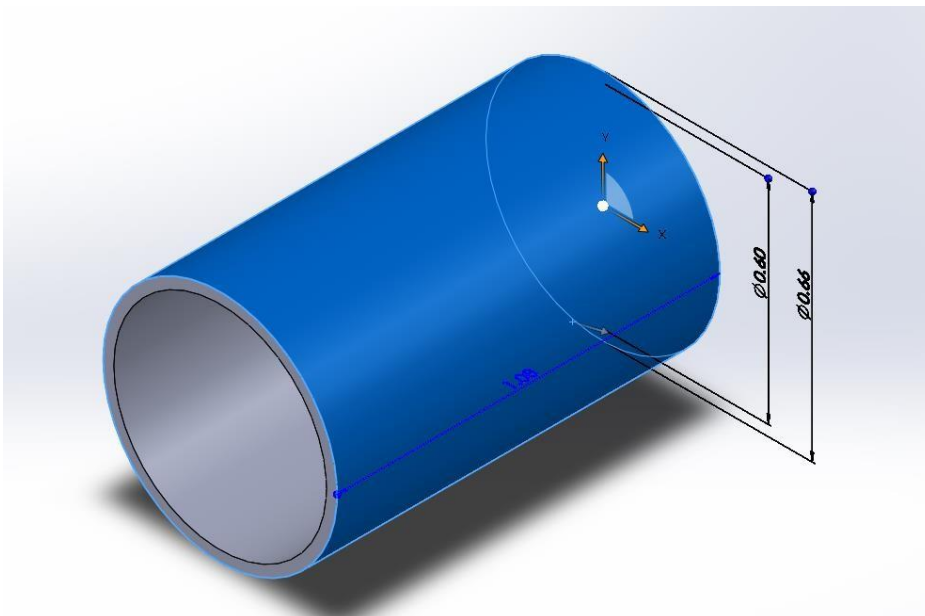
Entonces la masa del cilindro sin contenido será de:

$$M_C = \rho_{aguano} \cdot V_F = 59.13 \text{ Kg}$$

Para lo cual consideraremos un peso de 65 Kg, ya que también constara de uniones y la tapa para el ingreso del material.

Figura 42

Dimensionamiento del botal



4.1.4. Cálculo de velocidad de rotación y potencia del motor

La velocidad de rotación del cilindro deberá estar entre 9-10 RPM

Tabla 18**Velocidades a cumplirse en los procesos de transformación de las pieles.**

Proceso	# De Rev x min	Detalle
Remojo	3-4 rpm	No dañar la flor
Pelambre y encalado	3-4 rpm	No dañar la flor
Desencalado	9-10 rpm	Mayor golpe
Purga	9-10 rpm	Mayor golpe
Piquelado	9-10 rpm	Mayor golpe
Curtido	9-10 rpm	Mayor golpe
Engrase	14-15 rpm	Mayor Agotamiento
Recurtido	14-15 rpm	Mayor Agotamiento
Teñido	14-15 rpm	Mayor Agotamiento
Cambio de sentido de giro	velocidades Anteriores	Desamarrar las pieles

Fuente: (Bacardit, 2004).

Nota. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/10395/1/27T0399.pdf>

Para el cálculo de la potencia necesitaremos hallar el torque que necesitará el cilindro para generar este movimiento.

$$Pot = T \cdot \omega$$

Donde T es el torque en N.m, ω es la velocidad de rotación en rad/s, y obtendremos la potencia en Watts.

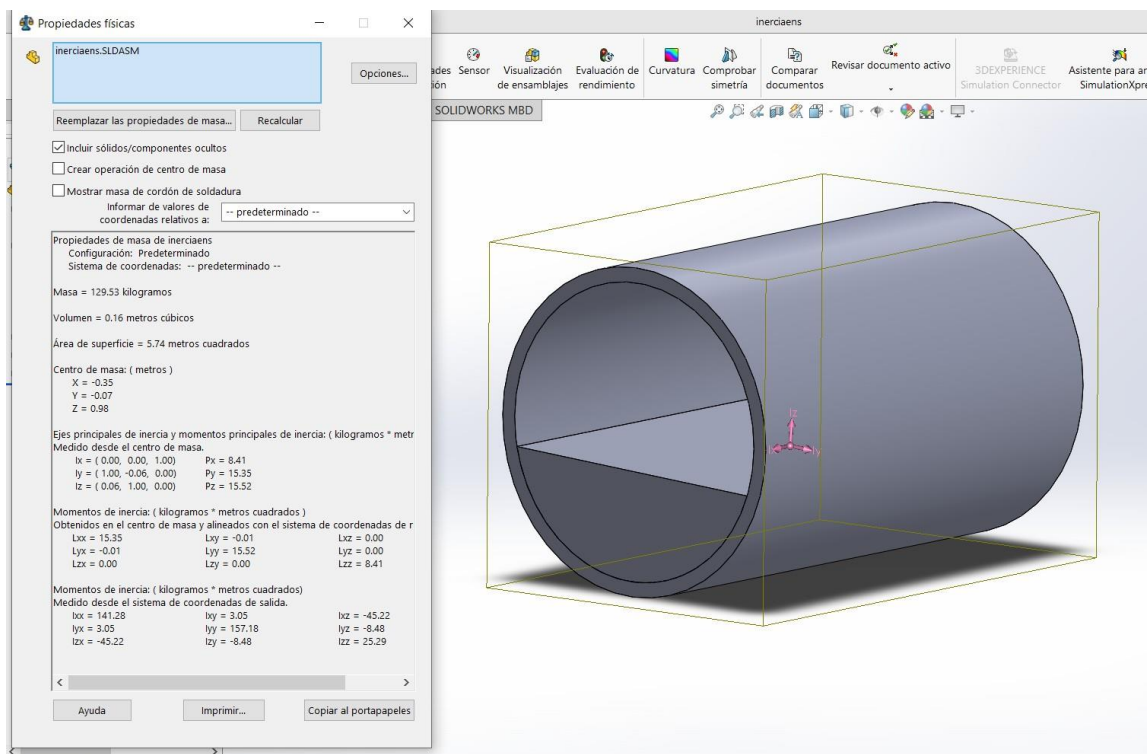
Para hallar el torque necesario para el movimiento necesitaremos conocer la aceleración angular y el momento de inercia del volumen en conjunto con el contenido.

$$T = \alpha \cdot I$$

Primero haremos el cálculo del momento de inercia por métodos computacionales mediante el programa Solidworks. Para lo cual ingresamos las dimensiones halladas y las masas que tendrían el cilindro y el contenido, obteniendo:

Figura 43

Momento de inercia calculado simulando el botal con contenido



El momento de Inercia en el eje que deseamos el giro es de 141.28 Kg.m².

Para hallar la aceleración angular del cilindro consideraremos que llegara a los 10 RPM, teniendo una velocidad angular final de 1.047 rad/s. También la estabilización de motor eléctrico va generalmente de 2 a 3 segundos.

Entonces la aceleración angular será:

$$\alpha = \frac{\omega}{t_m} = \frac{1.047 \text{ rad/s}}{2s} = 0.5235 \text{ rad/s}^2$$

El torque necesario para el giro será entonces:

$$T = 0.5235 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2} \times \left(141.28 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \right) = 73.96 \text{ N.m}$$

La potencia necesaria para girar el cilindro será de:

$$Pot = 73.96 N.m \left(1.047 \frac{rad}{s}\right) = 77.436 W$$

Considerando una eficiencia de transmisión desde el motor hasta el cilindro de 80% tendríamos que la potencia mínima del motor eléctrico a seleccionar sería de:

$$Pd = \frac{Pot}{n\%} = \frac{77.436 W}{80\%} = 96.795 W$$

Esta potencia transformada a HP tendríamos 0.13 HP, para la potencia mínima del motor eléctrico.

Para este caso de manera comercial se puede conseguir un motor eléctrico de 1HP, que por conveniencia de la velocidad se buscó en catálogo.

Tabla 19

Selección de reductor de velocidad comercial

Potencia	Armazón NEMA	Corriente Nominal In (A)		Corriente de Arranque		Par Nominal Tn (N*m)	Par de arranque Ta/Tn	Par máximo Tm/Tn	Eficiencia (% η)			Factor de Potencia (cosφ)			Inercia J (kg*m ²)	Tiempo de rotor bloq. (s)	Peso (kg)	Sonido dB (A)		
		230 V	460 V	Letra	Ia/In				% de Carga											
									50	75	100	50	75	100						
1	0,746	3495	143T	2,9	1,4	L	8,2	2,0	2,8	3,4	74,0	77,0	78,5	0,69	0,79	0,84	0,00140	22	17	68
1	0,746	1760	143T	2,8	1,4	L	8,4	4,0	2,8	3,5	80,0	84,0	85,5	0,60	0,72	0,79	0,00494	18	19	51
1	0,746	1760	145T	2,8	1,4	L	8,4	4,0	2,8	3,5	80,0	84,0	85,5	0,60	0,72	0,79	0,00494	18	19	51
1	0,746	1150	145T	3,5	1,7	K	6,2	6,2	3,0	3,0	77,0	82,0	82,5	0,45	0,57	0,66	0,00672	28	24	49
1	0,746	875	182T	4,6	2,3	M	6,0	8,1	3,0	3,5	74,0	77,0	78,5	0,32	0,42	0,52	0,01682	22	43	50
1.5	1,119	3490	143T	3,8	1,9	L	8,9	3,1	3,5	3,8	81,5	84,0	84,0	0,72	0,82	0,86	0,00198	21	19	68
1.5	1,119	3490	145T	3,8	1,9	L	8,9	3,1	3,5	3,8	81,5	84,0	84,0	0,72	0,82	0,86	0,00198	21	19	68
1.5	1,119	1755	145T	3,9	2,0	K	8,3	6,1	2,5	3,4	82,5	85,5	86,5	0,62	0,74	0,81	0,00603	14	22	51
1.5	1,119	1165	182T	4,8	2,4	M	8,0	9,2	3,2	4,0	84,0	86,5	87,5	0,45	0,56	0,66	0,02056	16	32	52
1.5	1,119	860	184T	5,4	2,7	J	5,5	12,4	2,5	2,6	80,0	82,5	82,5	0,43	0,54	0,62	0,02430	17	50	50
2	1,492	3530	182T	5,2	2,6	M	9,8	4,0	2,9	4,8	78,5	84,0	85,5	0,68	0,79	0,84	0,00724	47	39	69
2	1,492	3480	145T	5,1	2,5	K	8,7	4,1	3,5	3,8	82,5	85,5	85,5	0,73	0,82	0,87	0,00255	17	24	68
2	1,492	1750	145T	5,2	2,6	J	7,5	8,1	2,1	3,0	84,0	86,5	86,5	0,66	0,78	0,84	0,00658	11	23	51
2	1,492	1165	184T	6,5	3,2	L	7,5	12,2	3,0	3,0	86,5	88,5	88,5	0,46	0,58	0,66	0,02617	31	40	52
2	1,492	870	213T	6,8	3,4	M	7,6	16,4	2,4	2,9	82,5	84,0	85,5	0,45	0,55	0,65	0,07527	39	68	52
3	2,238	3510	182T	7,3	3,6	K	8,3	6,1	2,4	3,8	82,5	86,5	86,5	0,75	0,84	0,88	0,00796	41	40	69
3	2,238	3510	184T	7,3	3,6	K	8,3	6,1	2,4	3,8	82,5	86,5	86,5	0,75	0,84	0,88	0,00796	41	40	69
3	2,238	1760	182T	7,8	3,9	K	8,1	12,1	2,3	3,4	86,5	88,5	89,5	0,61	0,73	0,79	0,01433	23	41	56
3	2,238	1760	184T	7,8	3,9	K	8,1	12,1	2,3	3,4	86,5	88,5	89,5	0,61	0,73	0,79	0,01433	23	41	56
3	2,238	1170	213T	8,8	4,4	K	7,0	18,3	2,0	2,8	86,5	88,5	89,5	0,50	0,63	0,70	0,05039	58	55	55
3	2,238	865	215T	9,1	4,6	K	6,8	24,7	2,3	2,8	84,0	85,5	85,5	0,50	0,63	0,71	0,08877	44	80	52
5	3,730	3500	184T	11,8	5,9	K	8,7	10,2	2,7	3,9	86,5	88,5	88,5	0,76	0,85	0,89	0,00941	25	40	69
5	3,730	1755	184T	12,9	6,5	J	7,5	20,3	2,3	3,2	88,5	89,5	89,5	0,62	0,74	0,80	0,01687	15	43	56

Nota. Fuente: <https://www.potenciaelectromecanica.com/motores-electricos-motores-trifasicos/motores-weg-baja-tension-bt/>

Se toma el motor eléctrico de 1HP, todos estos trabajan a 220 Voltios y 60 Hz, que tiene una velocidad de 875 RPM y un par Nominal de 8.1 N.m.

Este motor estará unido a un reductor de velocidad de tipo tornillo sin fin comercial 1:20.

Figura 44

Reductor de velocidad del tipo tornillo sin fin



Este estaría teniendo una salida de 43.75 RPM que luego estará conectada a un sistema de engranajes para conectarlo al cilindro curtidor.

4.1.5. Cálculo de transmisión por engranajes

Para el cálculo de los engranajes, nos basaremos a la bibliografía de Diseño de Elementos de Maquina de Juan J. Hori Asano.

Los engranajes escogidos son cilíndricos de dientes rectos, tendrán un ángulo de presión de 20°, serán de Acero, tendrán que transmitir 1 HP, el eje de entrada y de salida serán de 43.75 RPM y la salida 9.5 ± 0.5 RPM.

Asumiremos que el número de dientes del piñón será de 17 dientes, y un módulo de 5, ya que haciendo el cálculo previo con un módulo de 4 generaba un fallo por fatiga superficial.

Con estos datos calculamos la relación de transmisión:

$$mg = \frac{n_p}{n_g} = \frac{43.75 \text{ RPM}}{10 \text{ RPM}} = 4.375$$

Con eso hallamos la cantidad de dientes del engranaje:

$$Z_g = m_g \cdot Z_p = 74.37 = 75$$

Entonces consideramos 75 dientes para el engranaje, con eso recalculamos la nueva relación de transmisión y la velocidad de salida.

$$m_g = \frac{Z_g}{Z_p} = \frac{75}{17} = 4.411$$

Comprobamos si la velocidad de salida está dentro del rango:

$$n_g = \frac{n_p}{m_g} = \frac{43.75 \text{ RPM}}{4.411} = 9.917 \text{ RPM}$$

Pasaremos al cálculo de los diámetros de paso, distancia entre centros, el ancho y la velocidad tangencial del sistema de engranajes.

$$D_p = m \cdot Z_p = 5(17) = 85 \text{ mm}$$

$$D_g = m \cdot Z_g = 5(75) = 375 \text{ mm}$$

$$C = 0.5(D_p + D_g) = 230 \text{ mm}$$

$$F = 10 \cdot m = 50 \text{ mm}$$

$$V = \frac{\pi \cdot D_p \cdot n_p}{60000} = 0.195 \text{ m/s}$$

Ahora pasaremos al cálculo por Fatiga Superficial.

El factor dinámico C_v lo obtendremos de la Apéndice 02 del capítulo de Engranajes del libro antes mencionado. Entramos a la figura con la velocidad tangencial, y como no tenemos precisión de los engranajes usamos la curva 5, como tenemos una velocidad tangencial pequeña se aproxima mucho a 0.98, por lo que tomaremos ese valor (ver Apéndice 02).

$$C_v = 0.98$$

Para el Factor Geométrico, usaremos la figura del Apéndice 03 con adendum estándar y ángulo de presión de 20°.

Para eso interpolaremos los datos de la figura (ver Apéndice 03).

Tabla 20

Interpolación de datos

#dientes	I
16	0.104
24	0.116
17	0.1055

$$I = 0.1055$$

- Para el factor de sobrecarga usaremos la Tabla 21, la maquina accionada será con motor eléctrico y la aplicación es de agitador de líquidos y sólidos que trabaja alrededor de 10 horas diarias entonces tenemos.

Tabla 21

Factores de servicio de máquinas accionados con motor eléctrico

Aplicación	10 hrs	24 hrs
Agitadores de:		
Líquidos puros	1.00	1.25
Líquidos y sólidos	1.25	1.50
Líquidos de densidad variable	1.25	1.50
Alimentadores:		
De mandil o de faja	1.25	1.50
De discos	1.00	1.25
Reciprocantes	1.75	1.75
De tornillos	1.25	1.50

Bombas:		
Centrifugas	1.00	1.25
De doblaje	1.25	1.50
Reciprocantes:		
De efecto simple, 36 más cilindros	1.25	1.50
De doble efecto, 26 más cilindros	1.25	1.50
De efecto simple, 162 cilindros	+	+
De doble efecto, un cilindro	+	+
Compresores:		
Centrífugos	1.00	1.25
De lóbulos	1.25	1.50
Reciprocantes:		
De un cilindro	1.75	1.75
Multicilíndricos	1.25	1.50
Chancadoras de:		
Minerales o piedras	1.75	1.75
Azúcar	-	1.50
Elevadores:		
De cangilones cargados uniformemente	1.00	1.25
De cangilones fuertemente cargado	1.25	1.50
Continuos de cangilones	1.00	1.25
Con descarga centrifugo	1.00	1.25
Escaleras	1.00	1.25
Montacargas	1.25	1.50
Maquinas Herramientas:		
Accionamientos auxiliares	1.00	1.25
Accionamiento principal	1.25	1.50
Prensas	1.75	1.75

Nota. Diseño de Elementos de Maquina de Hori (2012)

$$C_o = 1.25$$

- Para el factor de tamaño, tenemos un módulo menor a 12, entonces:

$$C_s = 1$$

- El factor de distribución de carga, usaremos la Tabla 22. El ancho de engranajes es 50 y consideraremos un montaje menos rígido para lo cual.

Tabla 22

Factores de distribución de carga

Condición del soporte	Ancho del diente							
	50 mm		150 mm		230 mm		400mm	
	REC	HEL	REC	HEL	REC	HEL	REC	HEL
Montaje cuidadoso, juego pequeño de cojinetes, deflexión elástica mínima, engranajes de presión.	1.3	1.2	1.4	1.3	1.5	1.4	1.8	1.7
Montaje menos rígido, engranajes, menos preciso, 100% de contacto.	1.6	1.5	1.7	1.6	1.8	1.7	2.0	2.0
Montaje y precisión tal que no produzca contacto completo del diente	Más de 2.0							

Nota. Diseño de Elementos de Maquina de Hori (2012)

$$C_m = 1.6$$

- Para el factor de condición superficial, consideramos un acabado superficial aceptable.

$$C_f = 1.1$$

- El esfuerzo permisible de contacto, se tomará de la tabla 23 para lo cual decidimos que la dureza del piñón será de 360 BHN que por combinación típica de dureza en engrane será de 300 BHN, entonces:

Tabla 23

Esfuerzos de contacto permisibles, S_{ac}

Material	Dureza superficial mínima	Sac KGS/MM ²
	Endurecido en toda la sección del	
	diente:	
	180 BHN	60 – 67
	240 BHN	74 – 81
Acero	300 BHN	84 – 95
	360 HBN	102 – 113
	440 BHN	120 – 134
	Capa dura carburizada:	
	55 Rc	127 – 141
	60 Rc	141 – 158
	Endurecido por llama o por inducción 50 Rc	120 – 134
Fierro fundido:		
AGMA grado 20	---	35 – 42
AGMA grado 30	175 HBM	46 – 53
AGMA grado 40	200 BHM	53 – 60
Fierro Nodular:		
Recocido	165 BHN	51 – 58
Normalizado	210 BHN	60 – 67
Templado en aceite y revenido	255 BHN	69 – 76
Bronce AGMA 2c (10-12% Sn)	25.2 KGS/MM ²	21
Bronce Aluminio AGMA 3148-52 (Aleación 9C-H.T.)	63 KGS/MM ²	46

Nota. Diseño de Elementos de Maquina de Hori (2012)

$$S_{ac} = 90 \text{ Kg/mm}^2$$

Para una cantidad de ciclos alto consideraremos el factor de vida (ver Apéndice 04):

$$C_L = 1$$

- El factor de dureza para engranajes de dientes rectos es (ver Apéndice 05):

$$C_H = 1$$

- Consideraremos una temperatura ambiente en el uso de la máquina, entonces el factor de temperatura:

$$C_T = 1$$

- Consideraremos un factor de seguridad para una buena confiabilidad de los engranajes de la tabla 24:

Tabla 24

Factor de seguridad

Requerimiento	C_R
Alta confiabilidad	≥ 1.25
De 100 falla uno	1.00
De 3 falla uno	0.80

Nota. Diseño de Elementos de Maquina de Hori (2012)

$$C_R = 1$$

- Para el coeficiente elástico tenemos en la tabla 25 el sistema en material Acero, entonces:

Tabla 25

Coficiente elástico, C_P

Material del piflon	Módulo de elasticidad	Material del engranaje			
		Acero	Fe Fdo.	Bronce aluminio	Bronce
Acero	2.1×10^4	61	53	52	50
Fe Fdo.	1.34×10^4	53	48	48	46
Bronce aluminio	1.23×10^4	52	48	46	45
Bronce	1.14×10^4	50	46	45	44

Nota. Diseño de Elementos de Maquina de Hori (2012)

$$C_P = 61$$

La potencia que podrá transmitir estará dada por la expresión:

$$P = 6.98 \times 10^{-7} \left(\frac{n_p \cdot F \cdot C_V \cdot I}{C_0 \cdot C_s \cdot C_m \cdot C_f} \right) \left(\frac{S_{ac} \cdot D_p \cdot C_L \cdot C_H}{C_T \cdot C_R \cdot C_P} \right)^2$$

$$P = 1.128 \text{ CV}$$

Entonces como nuestra potencia transmitida es de 1HP convertido a CV es 1.014, entonces se usará el Piñón de Acero de 360 BHN de 17 dientes de módulo 5, y el engranaje de 75 dientes de Acero de 300 BHN. El cálculo por fatiga superficial cumplirá para el uso en la máquina.

Ahora se realiza el cálculo por resistencia a la fatiga.

- El factor dinámico K_V lo obtendremos de la fig.1. Entramos a la figura con la velocidad tangencial, y como no tenemos precisión de los engranajes usamos la curva 4, como tenemos una velocidad tangencial pequeña se aproxima mucho a 0.85, por lo que tomaremos ese valor (ver Apéndice 06):

$$K_V = 0.87$$

- Para el Factor Geométrico, usaremos la figura del Apéndice 07, con ángulo de presión de 20° . Y obtendremos el factor para el piñón y el engranaje (ver Apéndice 07):

$$J_P = 0.29$$

$$J_g = 0.42$$

- Para el factor de sobrecarga usaremos la Tabla 26, la maquina accionada será con motor eléctrico y la aplicación es de agitador de líquidos y sólidos que trabaja alrededor de 10 horas diarias entonces tenemos.

Tabla 26

Factores de servicio de máquinas accionados con motor eléctrico

Aplicación	10 hrs	24 hrs
Agitadores de:		
Líquidos puros	1.00	1.25
Líquidos y sólidos	1.25	1.50
Líquidos de densidad variable	1.25	.1.50
Alimentadores:		
De mandil o de faja	1.25	1.50
De discos	1.00	1.25
Reciprocantes	1.75	1.75
De tornillos	1.25	1.50
Bombas:		
Centrifugas	1.00	1.25
De doblaje	1.25	1.50
Reciprocantes:		
De efecto simple, 36 más cilindros	1.25	1.50
De doble efecto, 26 más cilindros	1.25	1.50
De efecto simple, 162 cilindros	+	+
De doble efecto, un cilindro	+	+
Compresores:		
Centrífugos	1.00	1.25
De lóbulos	1.25	1.50
Reciprocantes:		
De un cilindro	1.75	1.75
Multicilíndricos	1.25	1.50
Chancadoras de:		
Minerales o piedras	1.75	1.75
Azúcar	-	1.50
Elevadores:		

De cangilones cargados uniformemente	1.00	1.25
De cangilones fuertemente cargado	1.25	1.50
Continuos de cangilones	1.00	1.25
Con descarga centrifugo	1.00	1.25
Escaleras	1.00	1.25
Montacargas	1.25	1.50
<hr/>		
Maquinas Herramientas:		
Accionamientos auxiliares	1.00	1.25
Accionamiento principal	1.25	1.50
Prensas	1.75	1.75

Nota. Diseño de Elementos de Maquina de Hori (2012)

$$K_o = 1.25$$

- El factor de tamaño consideraremos para acero adecuadamente seleccionado.

$$K_s = 1$$

- El factor de distribución de carga, usaremos la Tabla 27. El ancho de engranajes es 50 y consideraremos un montaje menos rígido para lo cual.

Tabla 27

Factores de distribución de carga

Condición del soporte	Ancho del diente							
	50 mm		150 mm		230 mm		400mm	
	REC	HEL	REC	HEL	REC	HEL	REC	HEL
Montaje cuidadoso, juego pequeño de cojinetes, deflexión elástica mínima, engranajes de presión.	1.3	1.2	1.4	1.3	1.5	1.4	1.8	1.7
Montaje menos rígido, engranajes, menos preciso, 100% de contacto.	1.6	1.5	1.7	1.6	1.8	1.7	2.0	2.0
Montaje y precisión tal que no produzca contacto completo del diente	Más de 2.0							

Nota. Diseño de Elementos de Maquina de Hori (2012)

$$K_m = 1.6$$

- Los esfuerzos permisibles del contacto para el piñón y el engranaje, será de acuerdo a su dureza en la tabla 28. Para el piñón de 360 BHN interpolaremos los datos de la tabla, y para el engranaje tendremos el dato de 300 BHN.

Tabla 28

Esfuerzos permisibles en engranajes

Material	Tratamiento térmico	Dureza mínima o esf. Rotura min	Bat (kg/mm ²)		
			Recto, helicoidal y bi-helicoidal	Cónico	
Acero	Normalizado	140 bhn	13.4 – 17.6	7.7	
	Templado y Revenido	180 bhn	17.6 – 23.2	9.9	
	Templado y Revenido	300 bhn	25.4 – 33.1	13.4	
	Templado y Revenido	450 bhn	31.0 – 41.5	17.6	
	Capa dura carburizada	55 rc	38.7 – 45.8	19.4	
		60 rc	42.3 – 49.3	21.1	
	Endurecido por inducción o templado en llama:				
	En todo el diente		54 rc	31.7 – 38.7	
	Superficialmente		54 rc	15.5	9.5
	AISI 4140, nitrurado		Capa dura 53 Rc núcleo 300 BHN	26.1 – 29.6	14.1
Fierro fundido:					
AGMA grado 20			3.5	1.9	
AGMA grado 30			6.0	3.2	
AGMA grado 40			9.2	4.9	
Fierro Nodular:					
ASTM grado 60 – 40 – 18	Reconocido		10.6	5.6	
ASTM grado 80 – 55 – 06	Reconocido		14.1	7.7	
ASTM grado 100 – 70 – 03	Normalizado		18.3	9.0	
ASTM grado 120 – 90 – 02	Templado y revenido		21.1	13.0	
Bronce, AGMA 2c (10% - 12%)		28.2 kg/mm ¹	4.0	2.1	

Nota. Diseño de Elementos de Maquina de Hori (2012)

Tabla 29**Interpolación de datos para el piñón de 360 BHN**

BHN	Sat
300	25.4
450	31
360	27.64

Entonces:

$$S_{atp} = 27.64 \frac{Kg}{mm^2} \quad S_{atg} = 25.4 \frac{Kg}{mm^2}$$

Para una cantidad de ciclos alto consideraremos el factor de vida (Tabla 30):

Tabla 30**Factor de distribución de carga**

Número de ciclos	Engranajes recto, helicoidal y bi-helicoidal			Engranaje cónico	
	160 BHN	250 BHN	450 BHN	Capa dura carburiz	Capa dura carburiz
10^3	1.6	2.4	3.4	2.7	4.6
10^4	1.4	1.9	2.4	2.0	3.1
10^5	1.2	1.4	1.7	1.5	2.1
10^6	1.1	1.1	1.2	1.1	1.4
10^7	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10^8	1.0-0.8	1.0-0.8	1.0-0.8	1.0-0.8	1.0

Nota. Diseño de Elementos de Maquina de Hori (2012)

$$K_L = 1$$

- Consideraremos una temperatura ambiente en el uso de la máquina, entonces el factor de temperatura:

$$K_T = 1$$

- Consideraremos un factor de seguridad para una buena confiabilidad de los engranajes de la tabla 31:

Tabla 31

Factor de seguridad respecto a la resistencia a la fatiga

Requerimiento	K_r
Alta confiabilidad	≥ 1.50
De 100 falla uno	1.00
De 3 falla uno	0.70

Nota. Diseño de Elementos de Maquina de Hori (2012)

$$K_R = 1$$

Entonces la potencia que puede transmitir el piñón será de:

$$P_P = 6.98 \times 10^{-7} \left(\frac{D_P \cdot n_P \cdot S_{atp} \cdot m \cdot F \cdot J_P \cdot K_L}{K_S \cdot K_m \cdot K_T \cdot K_R \cdot K_O} \right)$$

$$P_P = 2.262 \text{ CV}$$

Ahora calculamos la potencia que puede transmitir el engranaje será de:

$$P_g = P_P \left(\frac{S_{atg}}{S_{atp}} \right) \left(\frac{J_g}{J_P} \right)$$

$$P_g = 3.011 \text{ CV}$$

Las potencias que pueden transmitir satisfacen las condiciones de esfuerzos de fatiga superficial y de resistencia a la fatiga.

4.1.6. Cálculo de ejes de transmisión

Se contará con el cálculo de dos ejes, el de ingreso del movimiento y el otro en el cual estará el botal. Se utilizará el criterio AGMA y de Soderberg.

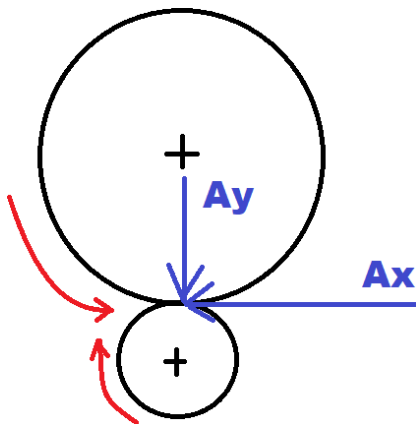
Cálculo del eje I.

Ingresamos con los datos de la velocidad del eje que es 43.75 RPM y una potencia de 1 HP.

Analizamos las fuerzas que se encuentran en los engranajes.

Figura 45

Fuerzas horizontal y vertical en engranaje I



Los diámetros hallados de los engranajes son 3.346 plg y 14.764 plg. Ahora hallamos las fuerzas encontradas.

Hallamos el torque y las fuerzas:

$$T = 63000 \frac{HP}{n} = \frac{63000(1HP)}{43.75 RPM} = 1440 \text{ lb} - \text{plg}$$

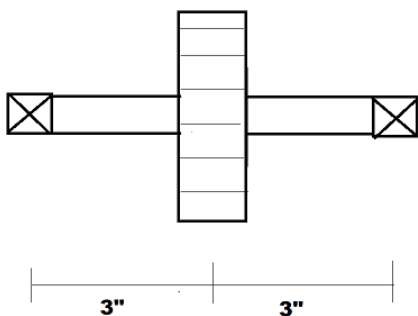
Fuerzas:

$$A_x = \frac{T}{(D_p/2)} = 860.729 \text{ lb}$$

$$A_Y = \frac{A_x \cdot \tan \phi_n}{\cos \phi} = 313.280 \text{ lb}$$

Figura 46

Posicionamiento de engranaje



Con las fuerzas halladas procedemos a realizar un diagrama de las fuerzas y los momentos flectores que estos generan.

Horizontal:

Figura 47

Diagrama de posicionamiento de fuerzas horizontal

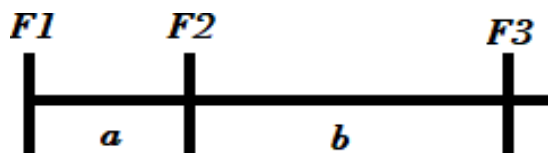


Tabla 32

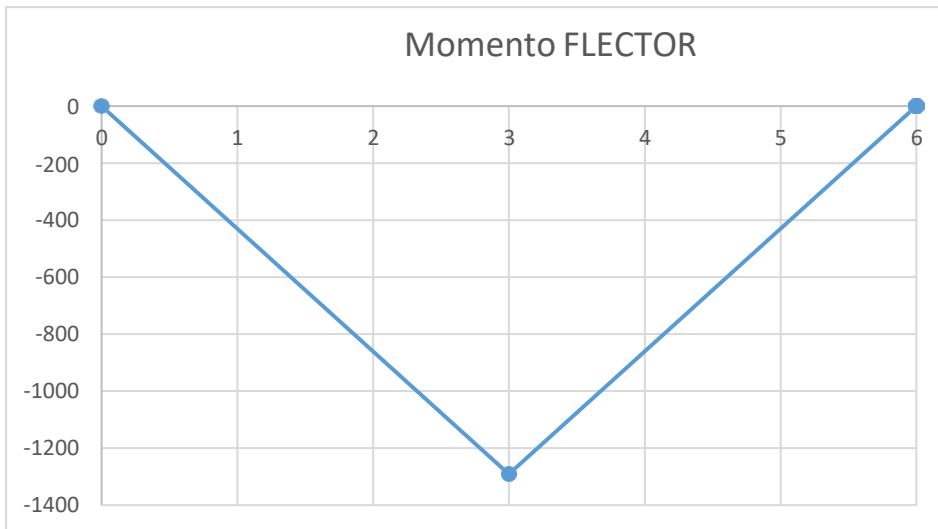
Resumen de determinación de distancias y fuerzas

Distancias		Fuerzas	
A	3	F1	-430.365
B	3	F2	860.729
		F3	-430.365

Obtenemos los momentos flectores:

Figura 48

Diagrama de momento flector en el eje horizontal



Obtenemos un momento flector máximo horizontal de:

$$M_{P1} = -1209.094 \text{ lb} - \text{plg}$$

Vertical:

Figura 49

Diagrama de posicionamiento de fuerzas vertical

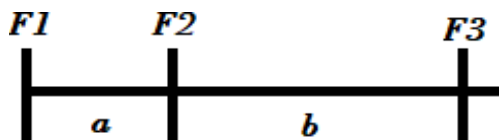


Tabla 33

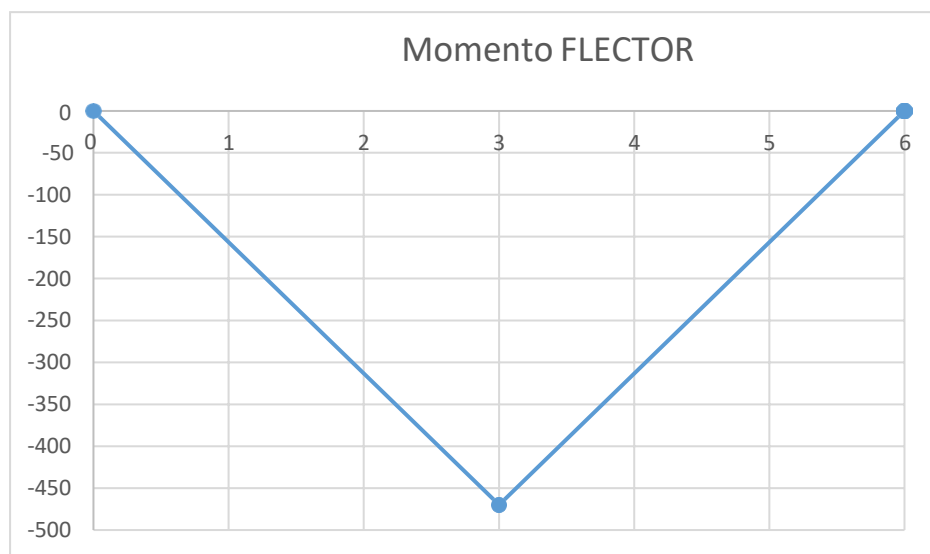
Resumen de determinación de distancias y fuerzas

Distancias		Fuerzas	
a	3	F1	-156.64
b	3	F2	313.28
		F3	-156.64

Obtenemos los momentos flectores:

Figura 50

Diagrama de momento flector en el eje vertical



Obtenemos un momento flector máximo vertical de:

$$M_{P2} = -469.92 \text{ lb} - plg$$

El momento total en el punto será:

$$M_P = \sqrt{M_{P1}^2 + M_{P2}^2} = 1297.202 \text{ lb} - plg$$

Para el análisis consideramos el momento torsor también hallado:

$$T = 1440 \text{ lb} - plg$$

Para el criterio AGMA:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16}{\pi \cdot \bar{a}} \sqrt{(K_m \cdot M)^2 + (K_t \cdot T)^2}}$$

Donde el esfuerzo de diseño:

$$r_d = \begin{cases} 0.3S_y \\ 0.18S_r \end{cases}$$

Sy es el esfuerzo de fluencia y Sr es resistencia a rotura en tracción.

Tabla 34

Limite elástico y resistencia a la tracción en laminado al frío

	Laminado en caliente	Laminado en frío
Resistencia a la tracción	67.000 psi	85.000 psi
Límite elástico	45.000 psi	70.000 psi
Reducción volumétrica	58	55
Estiramiento en 2"	36	28
Dureza Brinell	137	167

$$r_d = \begin{cases} 0.3S_y = 0.3(70 \text{ KPSI}) = 21 \text{ KPSI} \\ 0.18S_r = 0.18(85 \text{ KPSI}) = 15.3 \text{ KPSI} \end{cases}$$

Se escoge el menor valor del esfuerzo de diseño:

$$r_d = 15.3 \text{ KPSI}$$

Tabla 35**Factores K_m y K_t**

EJE FIJO	K_m	K_t
Carga aplicada gradualmente	1.0	1.0
Carga aplicada repentinamente	1.5-2.0	1.5-2.0
EJE ROTARIO		
Carga aplicada gradualmente	1.5	1.0
Carga Estable	1.5	1.0
Carga aplicada repentinamente		
Choques ligeros	1.5-2.0	1.0-1.5
Choques fuertes	2.0-3.0	1.5-3.0

Nota. Diseño de Elementos de Maquina de Hori (2012)

Los factores escogidos serán:

$$K_m = 2$$

$$K_t = 1.5$$

Reemplazando tenemos que el diámetro para el eje I es:

$$d_I = 1.039 \text{ plg}$$

Por criterio de SODERBERG:

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot n}{\pi \cdot S_y} \sqrt{T^2 + \left(\frac{M}{0.36}\right)^2}}$$

Consideramos un factor de seguridad $n=2$.

$$d_I = 1.041 \text{ plg}$$

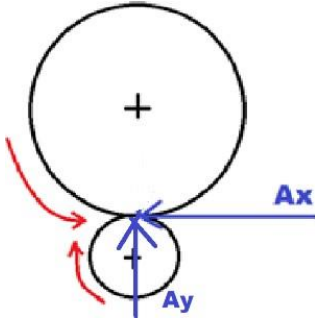
Entonces tenemos que escoger un diámetro comercial de:

$$d_I = 1 \frac{1}{8} \text{ plg} = 1.125 \text{ plg}$$

Cálculo del eje II.

Figura 51

Fuerzas horizontal y vertical en engranajes eje II



Hallamos el torque y las fuerzas:

$$T = 63000 \frac{HP}{n} = \frac{63000(1HP)}{9.917 RPM} = 6352.728 \text{ lb} - \text{plg}$$

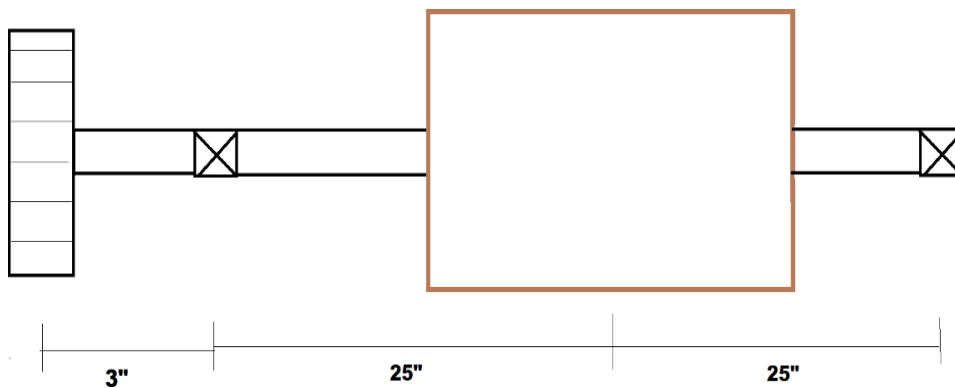
Fuerzas:

$$A_x = \frac{T}{(D_g/2)} = 860.570 \text{ lb}$$

$$A_y = \frac{A_x \cdot \tan \phi_n}{\cos \phi} = 313.222 \text{ lb}$$

Figura 52

Posicionamiento de engranaje eje II



Con las fuerzas halladas y la masa del botal con contenido procedemos a realizar un diagrama de las fuerzas y lo momentos flectores que estos generan.

Horizontal:

Figura 53

Diagrama de posicionamiento de fuerzas horizontal

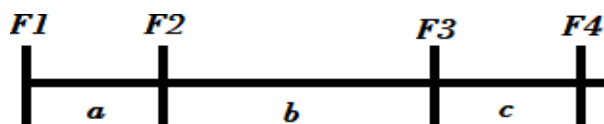


Tabla 36

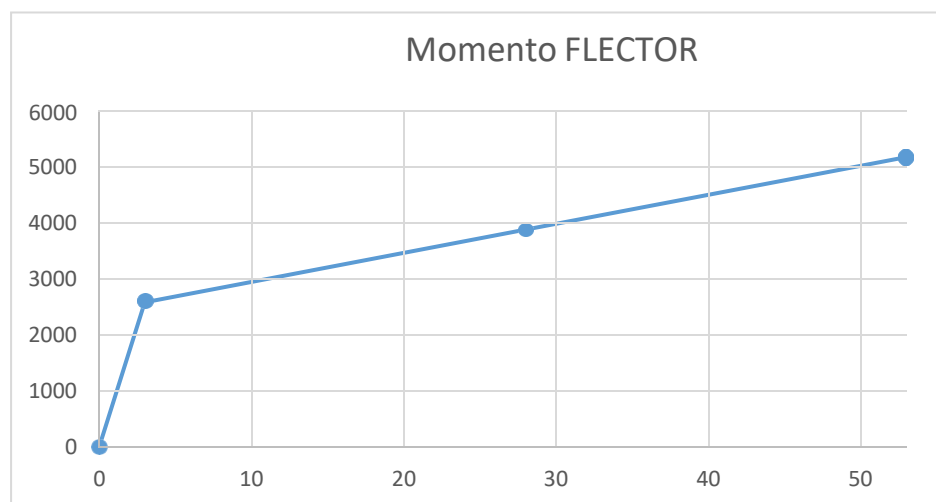
Resumen de determinación de distancias y fuerzas

Distancias		Fuerzas	
a	3	F1	860.87
b	25	F2	-808.9358
c	25	F3	0
		F4	-51.6342

Obtenemos los momentos flectores:

Figura 54

Diagrama de momento flector en el eje horizontal



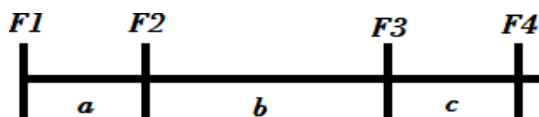
Obtenemos un momento flector máximo horizontal de:

$$M_{P1} = 5179.32 \text{ lb} - \text{plg}$$

Vertical:

Figura 55

Diagrama de posicionamiento de fuerzas vertical



La masa del cilindro con contenido máximo es de 129.53 Kg equivalente a 285.565 lb.

Tabla 37

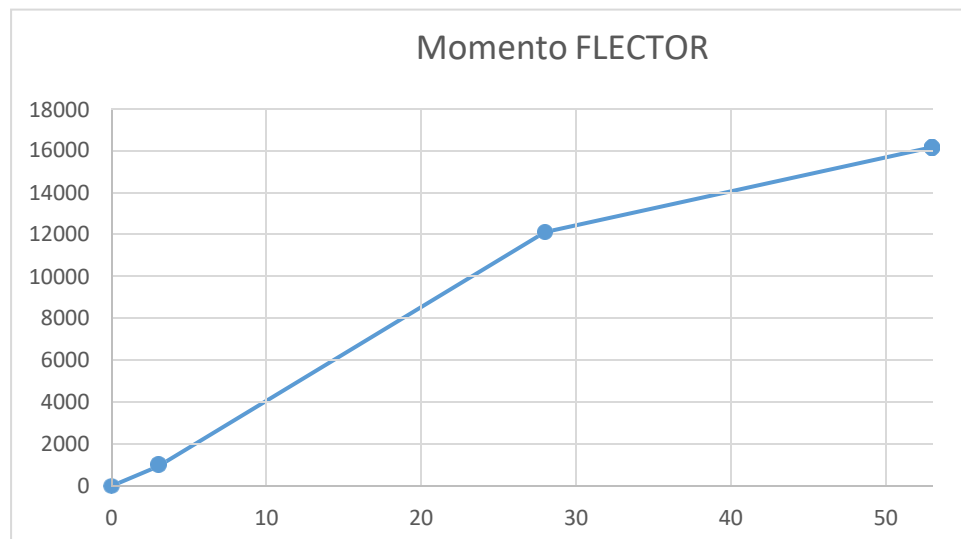
Resumen de determinación de distancias y fuerzas

Distancias		Fuerzas	
a	3	F1	313.222
b	25	F2	133.919
c	25	F3	-285.565
		F4	-161.576

Obtenemos los momentos flectores:

Figura 56

Diagrama de momento flector en el eje vertical



Obtenemos un momento flector máximo vertical de:

$$M_{P2} = 16157.591 \text{ lb} - plg$$

El momento total en el punto será:

$$M_P = \sqrt{M_{P1}^2 + M_{P2}^2} = 17310.580 \text{ lb} - plg$$

Para el análisis consideramos el momento torsor también hallado:

$$T = 1440 \text{ lb} - plg$$

Para el criterio AGMA:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16}{\pi \cdot \tau_a} \sqrt{(K_m \cdot M)^2 + (K_t \cdot T)^2}}$$

Donde el esfuerzo de diseño:

$$r_d = \begin{cases} 0.3S_y \\ 0.18S_r \end{cases}$$

Sy es el esfuerzo de fluencia y Sr es resistencia a rotura en tracción.

Tabla 38

Limite elástico y resistencia a la tracción en laminado al frío

	Laminado en caliente	Laminado en frío
Resistencia a la tracción	67.000 psi	85.000 psi
Límite elástico	45.000 psi	70.000 psi
Reducción volumétrica	58	55
Estiramiento en 2"	36	28
Dureza Brinell	137	167

$$r_d = \begin{cases} 0.3S_y = 0.3(70 \text{ KPSI}) = 21 \text{ KPSI} \\ 0.18S_r = 0.18(85 \text{ KPSI}) = 15.3 \text{ KPSI} \end{cases}$$

Se escoge el menor valor del esfuerzo de diseño:

$$r_d = 15.3KPSI$$

Factores K_m y K_t

Tabla 39

Factores K_m y K_t

EJE FIJO	K_m	K_t
Carga aplicada gradualmente	1.0	1.0
Carga aplicada repentinamente	1.5-2.0	1.5-2.0
EJE ROTARIO		
Carga aplicada gradualmente	1.5	1.0
Carga Estable	1.5	1.0
Carga aplicada repentinamente		
Choques ligeros	1.5-2.0	1.0-1.5
Choques fuertes	2.0-3.0	1.5-3.0

Nota. Diseño de Elementos de Maquina de Hori (2012)

Los factores escogidos serán:

$$K_m = 2$$

$$K_t = 1.5$$

Reemplazando tenemos que el diámetro para el eje II es:

$$d_{II} = 2.260 \text{ plg}$$

Por criterio de SODERBERG:

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot n}{\pi \cdot S_y} \sqrt{T^2 + \left(\frac{M}{0.36}\right)^2}}$$

Consideramos un factor de seguridad $n=2$.

$$d_{II} = 2.410 \text{ plg}$$

Entonces tenemos que escoger un diámetro comercial de:

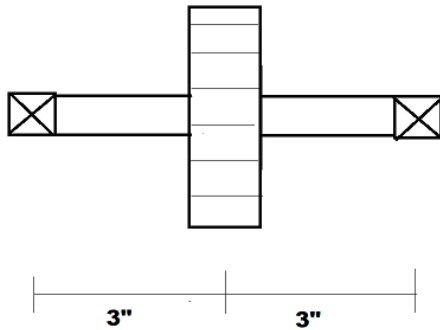
$$d_{II} = 2 \frac{1}{2} \text{ plg} = 2.5 \text{ plg}$$

4.2. SELECCIÓN DE RODAMIENTOS

Para el eje 1

Figura 57

Posicionamiento de rodamientos eje I



$$d_I = 1.125 \text{ plg} = 28.575 \text{ mm}$$

En este eje no se tienen fuerzas axiales, la radial resultante se obtendrá del análisis de fuerzas.

$$F_R = \sqrt{F_h^2 + F_v^2} = \sqrt{(156.64 \text{ lb})^2 + (430.365 \text{ lb})^2} = 457.985 \text{ lb} = 207.739 \text{ kgs}$$

Seleccionaremos Rodamientos Rígido de Bolas

La relación de la fuerza radial y axial es de:

$$\frac{F_A}{F_R} = \frac{0}{207.739} = 0 \rightarrow \frac{F_A}{F_R} \leq e$$

Así asumimos X=1; Y=0. Obtenemos la carga equivalente:

$$P = XF_R + YF_A = 207.739 \text{ kgs}$$

Hallamos la duración expresada en millones de revoluciones:

$$L = 60 \cdot 10^{-6} \cdot n \cdot L_h$$

Donde n son los RPM y L_h la duración nominal en horas de funcionamiento

Tabla 40

Horas de funcionamiento

Clase de máquina	Lh: horas de funcionamiento
Máquinas para servicio corto o intermitente cuando eventuales fallos no sean de graves consecuencias: Máquinas-herramienta manuales, máquinas domésticas, máquinas agrícolas, polipastos elevadores en talleres y grúas de fundiciones.	4000 a 8 000
Máquinas para servicio intermitente, cuando eventuales fallos sean de graves consecuencias: Motores eléctricos para equipo agrícola y para aparatos electrodomésticos de calefacción y refrigeración, maquinaria auxiliar en centrales eléctricas, correas transportadoras, ascensores, grúas de talleres y máquinas-herramienta de poco uso.	8000 a 12000
Máquinas previstas para 8 horas de servicio diario no totalmente utilizadas: Reductores de velocidad para uso general. Motores eléctricos estacionarios.	12 000 a 20000 16000 a 24 000
Máquinas previstas para 8 horas de servicio diario, totalmente utilizadas: Máquinas-herramienta, máquinas para trabajar la madera, máquinas para la industria mecánica en general, grúas para materiales a granel y ventiladores.	20000 a 30 000
Máquinas para servicio continuo funcionando 24 horas al día: Compresores, bombas, motores eléctricos estacionarios y máquinas de extracción para minas	50000 a 60 000
Rodamientos axiales en los ejes de las hélices en los buques, máquinas eléctricas estacionarias marinas, rodamientos para los ejes de transmisión en los buques.	60000 a 100000
Máquinas para 24 horas de servicio con gran seguridad de funcionamiento: Máquinas para la fabricación de papel y pasta de papel, máquinas para centrales eléctricas, máquinas para abastecimiento de aguas, bombas para minas.	> 100000

Nota. Diseño de Elementos de Maquina de Hori (2012)

Para lo cual, en un servicio de alrededor de 8 horas de servicio diario, tendremos:

$$L_h = 20000$$

Entonces la duración nominal será:

$$L = 60 \cdot 10^{-6} \cdot (43.7RPM) \cdot (20000hrs) = 52.5$$

La seguridad de carga está dada por:

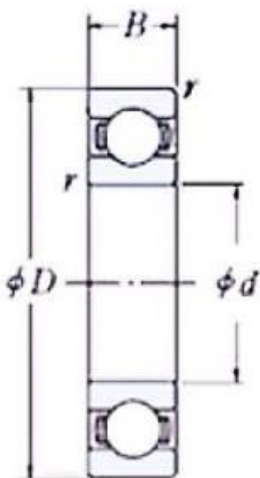
$$\frac{C}{P} = L^{1/p}$$

Donde p tiene un valor de 3 para rodamientos de bolas.

$$C = P \cdot L^{1/p} = 207.739(52.5)^{1/3} = 777.865 \text{ Kgs}$$

Figura 58

Rodamiento tipo bolas



Entonces podremos seleccionar:

Tabla 41

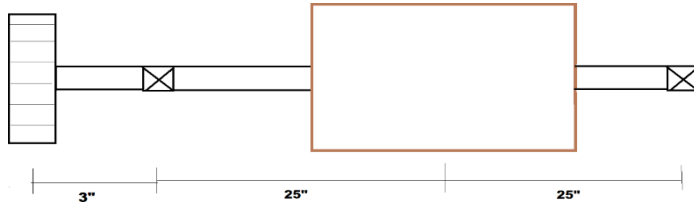
Selección de rodamientos I

Serie	Rodamiento N°	d	D	B	r	C(kgs)	RPM
160	16006	30	55	9	0.5	880	13000
60	6006	30	55	13	1.5	1040	13000
62	6206	30	62	16	1.5	1530	13000
63	6306	30	72	19	2	2200	10000
64	6406	30	90	23	2.5	3350	8000

Para el eje 2

Figura 59

Posicionamiento de rodamientos eje II



$$d_{II} = 2.5 \text{ plg} = 63.5 \text{ mm}$$

En este eje no se tienen fuerzas axiales, la radial resultante se obtendrá del análisis de fuerzas en 2 puntos distintos.

$$F_{R1} = \sqrt{F_{h1}^2 + F_{v1}^2} = \sqrt{(808.9358 \text{ lb})^2 + (133.919 \text{ lb})^2} = 819.946 \text{ lb}$$

$$F_{R2} = \sqrt{F_{h2}^2 + F_{v2}^2} = \sqrt{(51.6342 \text{ lb})^2 + (161.576 \text{ lb})^2} = 169.628 \text{ lb}$$

Tomaremos:

$$F_R = 819.946 \text{ lb} = 371.921 \text{ kgs}$$

Seleccionaremos Rodamientos Rígido de Bolas

La relación de la fuerza radial y axial es de:

$$\frac{F_A}{F_R} = \frac{0}{371.921} = 0 \rightarrow \frac{F_A}{F_R} \leq e$$

Así asumimos X=1; Y=0. Obtenemos la carga equivalente:

$$P = XF_R + YF_A = 371.921 \text{ kgs}$$

Hallamos la duración expresada en millones de revoluciones:

$$L = 60.10^{-6} \cdot n \cdot L_h$$

Para lo cual, en un servicio de alrededor de 8 horas de servicio diario, tendremos:

$$L_h = 20000$$

Entonces la duración nominal será:

$$L = 60 \cdot 10^{-6} \cdot (9.917RPM) \cdot (20000hrs) = 11.9004$$

La seguridad de carga está dada por:

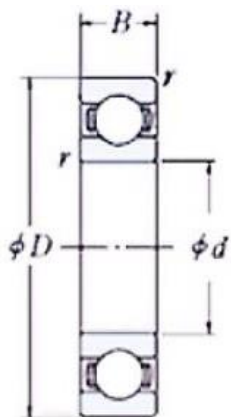
$$\frac{C}{P} = L^{1/p}$$

Donde p tiene un valor de 3 para rodamientos de bolas.

$$C = P \cdot L^{1/p} = 371.921(11.9004)^{1/3} = 849.124 \text{ Kgs}$$

Figura 60

Rodamiento tipo bolas



Entonces podremos seleccionar:

Tabla 42

Selección de rodamientos II

Serie	Rodamiento N°	d	D	B	r	C(kgs)	RPM
160	16013	65	100	11	1	1560	8000
60	6013	65	100	18	2	2400	8000
62	6213	65	120	23	2.5	4400	6000
63	6313	65	140	33	3.5	7200	5000
64	6413	65	160	37	3.5	9300	4000

Cálculo de pernos en cruceta de soporte.

Para el diseño de la cruceta tomamos este ejemplo.

Figura 61

Cruceta sostén de curtidura



Dimensionamos la cruceta.

Figura 62

Dimensiones de cruceta

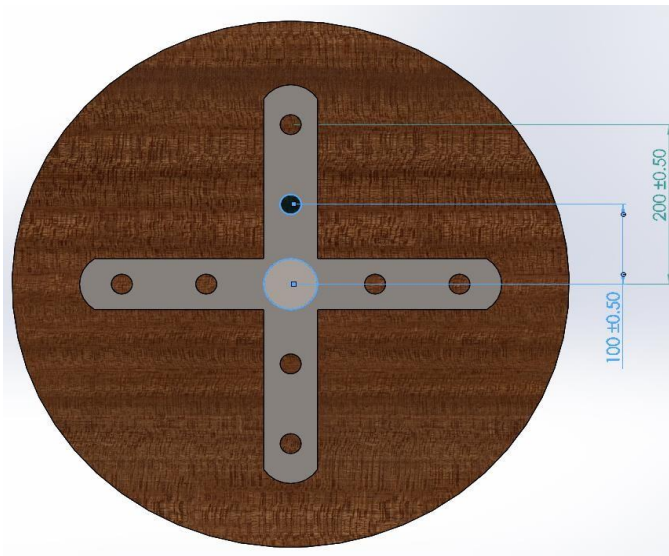
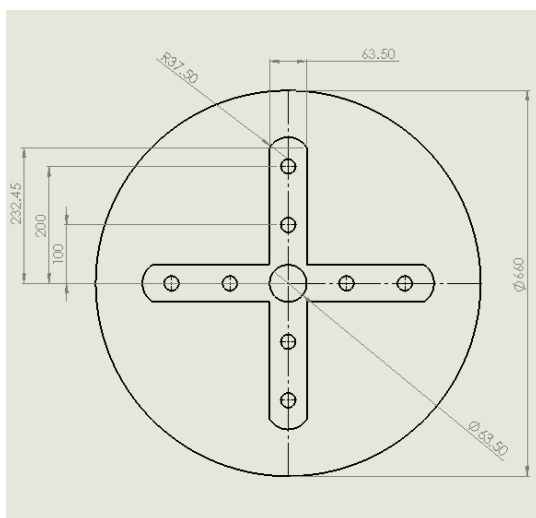
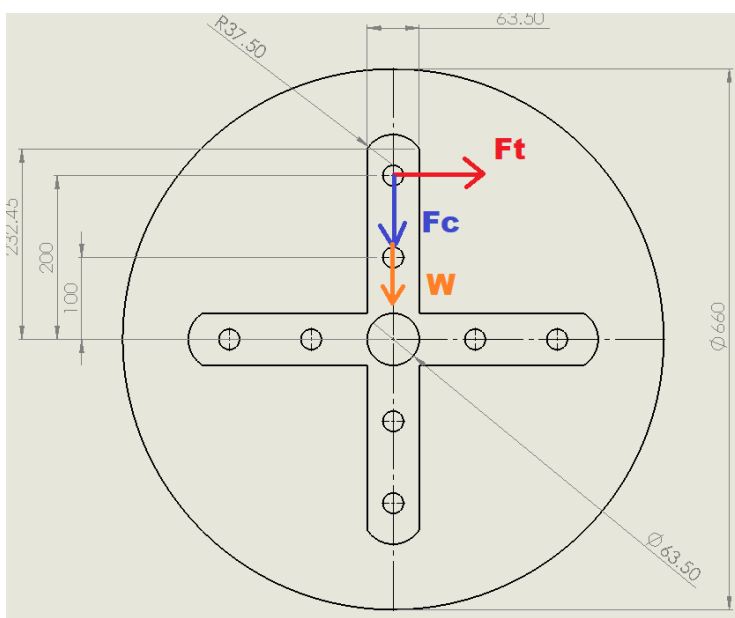


Figura 63**Posicionamiento de tuercas para colación en cruceta**

Consideramos que dentro del total encontraremos una masa desbalanceada cuando está trabajando. Considerando una carga máxima calculada de 70.4 Kg.

Las fuerzas encontradas en el funcionamiento son:

Figura 64**Punto crítico de fuerzas actuantes durante operación**

Donde hallaremos las fuerzas debidas a la masa desbalanceada.

La fuerza centrípeta está dada por:

$$F_c = m \cdot a_c$$

Donde la aceleración centrípeta, considerando el radio del perno más alejado:

$$a_c = \omega^2 \cdot r = \left(1.047 \frac{\text{rad}}{\text{s}}\right)^2 \cdot (0.2\text{m}) = 0.22 \text{ m/s}^2$$

Entonces:

$$F_c = 70.4 \text{ Kg} \left(0.22 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) = 15.49\text{N}$$

Durante el encendido se presentará una fuerza tangencial.

$$F_T = m \cdot a_T$$

Donde la aceleración tangencial, considerando el radio del perno más alejado:

$$a_T = \alpha \cdot r = (0.5235 \text{ rad/s}^2) \cdot (0.2\text{m}) = 0.1047\text{m/s}^2$$

Entonces:

$$F_T = 70.4 \text{ Kg} \left(0.1047 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) = 7.37\text{N}$$

El peso estará distribuido en 16 pernos, entonces:

$$W = \frac{P}{16}$$

Donde P es la carga debido al peso del botal y el contenido.

$$P = (M_T + M_C)g = 1269.4 \text{ N}$$

$$W = 79.34 \text{ N}$$

La fuerza tangencial es muy pequeña y la cual solo se presenta en el encendido de la máquina por lo cual será obviada en el cálculo.

Entonces obtendremos una fuerza Resultante en el eje Y.

$$F_y = 94.83 N$$

Esta fuerza será analizada para determinar los pernos a utilizar en la cruceta, para lo cual consideraremos un material de la cruceta Acero 1006 Laminado al frío.

Tabla 43

Resistencias mínimas determinísticas a la tensión t a la fluencia ASTM

Resistencias mínimas determinísticas a la tensión y a la fluencia ASTM de algunos aceros laminados en caliente (HR) y estirados en frío (CD) [Las resistencias listadas son valores ASTM mínimos estimados en el intervalo de tamaños de 18 a 32 mm ($\frac{3}{4}$ a $1\frac{1}{2}$ pulg). Estas resistencias resultan adecuadas para usarse con el factor de diseño definido en la sección 1-10, a condición que los materiales se ajusten a los requisitos ASTM A6 o A568 o que se requieran en las especificaciones de compra. Recuerde que un sistema de numeración no es una especificación] Fuente: 1986 SAE Handbook, p. 2.15.

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS núm.	SAE y/o AISI núm.	Procesamiento	Resistencia a la tensión, MPa (kpsi)	Resistencia a la fluencia, MPa (kpsi)	Elongación en 2 pulg, %	Reducción en área, %	Dureza Brinell
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95

Donde para la cruceta: $S_y = 41 Kpsi$

Consideraremos que los pernos serán SAE grado 5.

Tabla 44

Resistencias a la fatiga completamente corregidas de pernos y tornillos con roscas laminadas

laminadas

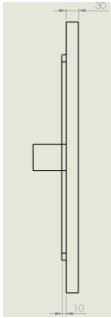
Grado o clase	Intervalo de tamaños	Resistencia a la fatiga
SAE 5	$\frac{1}{4}$ -1 pulg	18.6 kpsi
	$1\frac{1}{8}$ - $1\frac{1}{2}$ pulg	16.3 kpsi
SAE 7	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$ pulg	20.6 kpsi
SAE 8	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$ pulg	23.2 kpsi
ISO 8.8	M16-M36	129 MPa
ISO 9.8	M1.6-M16	140 MPa
ISO 10.9	M5-M36	162 MPa
ISO 12.9	M1.6-M36	190 MPa

Nota. Carga axial, repetidamente aplicada, completamente corregida

Donde para el perno: $S_y = 18.6 \text{ Kpsi}$ y $S_{sy} = 0.577S_y = 10.73 \text{ Kpsi}$

Figura 65

Vista lateral de posicionamiento de cruceta, espesores de plancha y botal



Analizando por corte en los pernos:

$$n = \frac{S_{sy}}{\sigma_s} = \frac{A_s \cdot S_{sy}}{F_s}$$

El área estará dada por:

$$A_s = \#pernos \left(\frac{\pi D^2}{4} \right)$$

Donde despejando obtendremos el diámetro del perno:

$$D = \sqrt{\frac{4F_s n}{\#pernos \cdot \pi \cdot S_{sy}}}$$

Considerando un FS=n=2, el análisis de una barra de la cruceta 2 pernos por barra, la fuerza será el equivalente a 0.021 Kips.

$$D = 0.05 \text{ pulg}$$

Tomaremos Pernos SAE grado 5 de ¼ pulgada para la cruceta.

Recalculando el F.S.

$$n = \frac{D^2 \cdot \#pernos \cdot \pi \cdot S_{sy}}{4 \cdot F_s} = 50$$

Analizando el soporte de pernos tenemos:

$$n = \frac{S_y}{\sigma_b} = \frac{A_b \cdot S_y}{F_s}$$

El área estará dada por:

$$A_b = \#pernos \cdot D \cdot t$$

Donde t es el espesor de la placa, considerando un FS=n=4. Tenemos:

$$t = \frac{F \cdot n}{S_y \cdot \#pernos \cdot D} = 0.009 \text{ pulg}$$

Este espesor es muy pequeño para lo cual recomendaremos un espesor mínimo de 0.3 pulgadas de la cruceta.

4.2.1. Cálculo de chavetas

Para el dimensionamiento de las chavetas.

Tabla 45

Dimensiones de las chavetas cuadradas y planas

Diámetro del eje pulg.	Ancho pulg.	Altura pulg.	
		Cuadrada	Plana
1/2 – 9/16	1/8	1/8	3/32
5/8 – 7/8	3/16	3/16	1/8
11/16 – 11/4	1/4	1/4	3/16
1 5/16 – 1 3/4	5/15	5/16	1/4
1 7/16 – 1 3/4	3/8	3/8	1/4
1 13/16 – 2 1/4	1/2	1/2	3/8
2 5/16 - 2 3/4	5/8	5/8	7/16
2 7/8 – 3 3/4	3/4	3/4	1/2
3 3/8 - 3 3/4	7/8	7/8	5/8
3 7/8 – 4 1/2	1	1	3/4
4 5/8 – 5 1/2	1 1/4	1 1/4	7/8
5 5/8 – 6 1/2	1 1/2	1 1/2	1
6 5/8 – 7 1/2	1 3/4		1 1/4
7 5/8 – 9	2		1 1/2
9 1/8 – 11	2 1/2		1 3/4

Nota. Diseño de Elementos de Maquina de Hori (2012)

Para el piñón:

$$b = \frac{1}{4} \text{ plg}; t = \frac{1}{4} \text{ plg}; L = \frac{1}{2} \text{ plg}$$

Para un diámetro de 1 1/8 plg. Se tiene una torsión de 1440 lb-plg.

La falla debido al corte estará dada por:

$$r_d = \frac{2T}{d \cdot b \cdot L} = 6826.67 \text{ lb/plg}^2$$

La falla por aplastamiento estará dada por:

$$\sigma_d = \frac{4T}{d \cdot L \cdot t} = 13.653.34 \text{ lb/plg}^2$$

Para el engrane:

$$b = \frac{5}{8} \text{ plg}; t = \frac{5}{8} \text{ plg}; L = \frac{1}{2} \text{ plg}$$

Para un diámetro de 2 1/2 plg. Se tiene una torsión de 6352.728 lb-plg.

La falla debido al corte estará dada por:

$$r_d = \frac{2T}{d \cdot b \cdot L} = 5421 \text{ lb/plg}^2$$

La falla por aplastamiento estará dada por:

$$\sigma_d = \frac{4T}{d \cdot L \cdot t} = 10842 \text{ lb/plg}^2$$

Estructura

Figura 66

Dimensionamiento de estructura sostén de curtidora

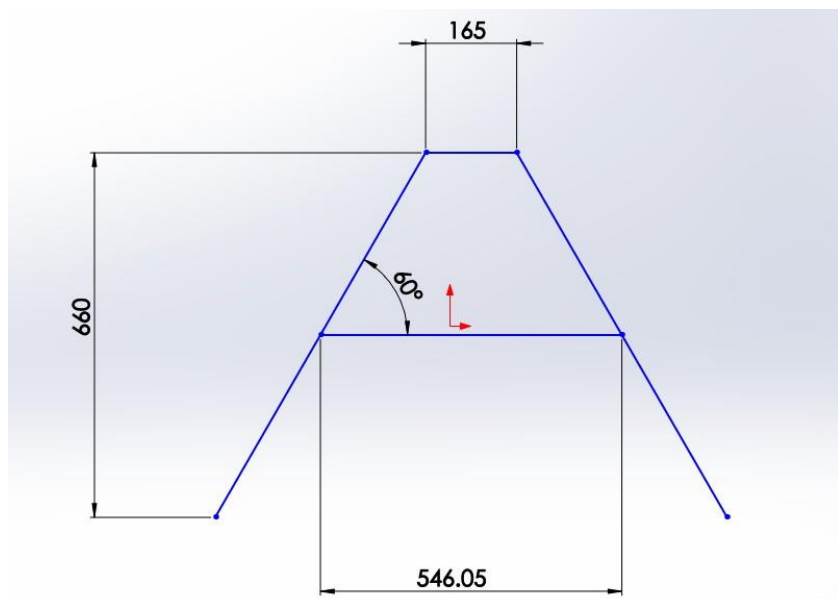


Figura 67

Análisis de fuerzas en la estructura mediante uso de software Ansys

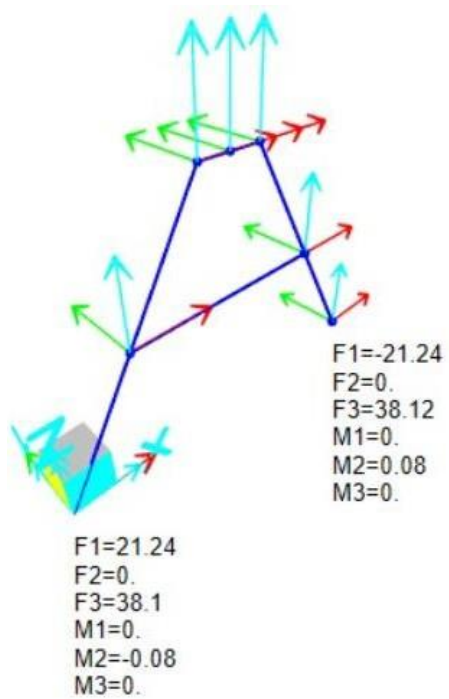
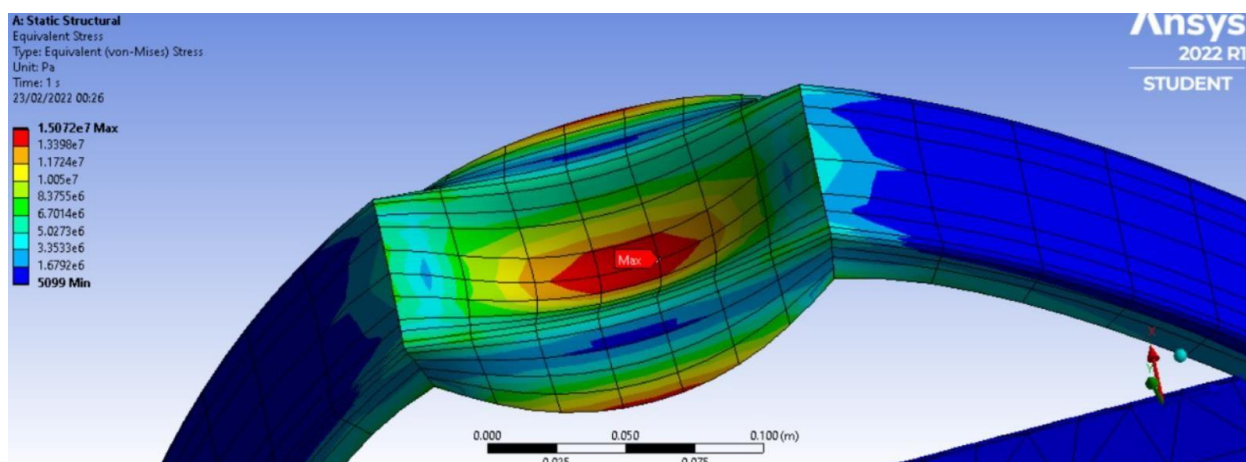
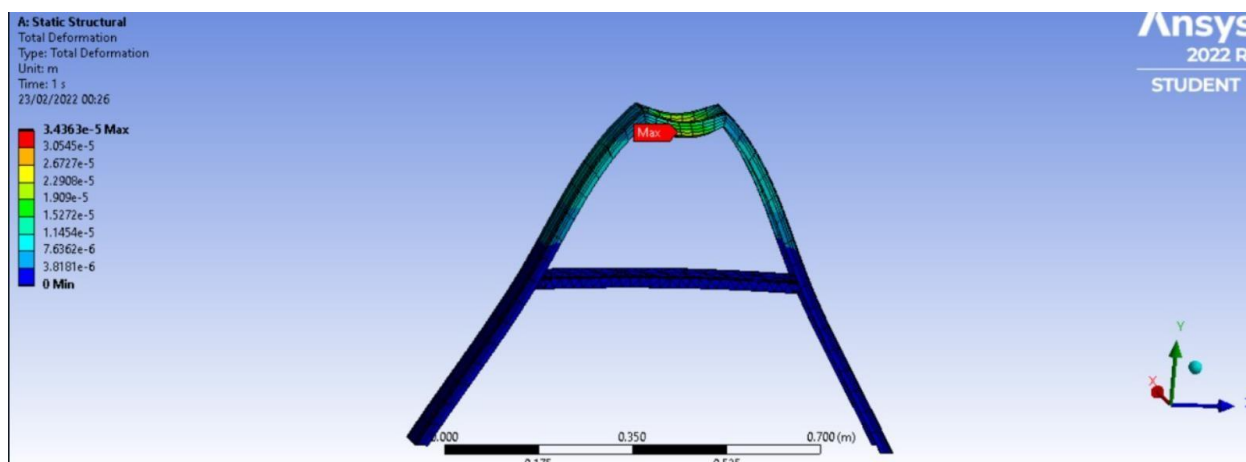


Figura 68

Análisis de deformaciones mediante software Ansys



CAPÍTULO V

5. EVALUACIÓN ECONÓMICA

5.1. COSTOS PARA LA FABRICACION DEL MODULO

Tabla 45

Costos para la fabricación del modulo

HOJA DE PRESUPUESTO					
DISEÑO PARA LA CONSTRUCCION DE UN BOTAL PARA CURTIEMBRE DE PIEL DE ALPACA BABY					
INSUMOS PARA EL CURTIDO DE PIEL DE ALPACA BABY					
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNIT.	PRECIO TOTAL
1	Piel de alpaca Baby	20	Kg	22.5	450
2	Detergente	1	Kg	10	10
3	Ostapal	1	Kg	20	20
4	Cromo	1	Kg	80	80
MATERIALES PARA EL TAMBOR O BOMBO					
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Madera aguano de 3 cm de espesor	1	UND	720	720
ENGRANAJES					
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Reductor de velocidad tipo tornillo sin fin comercial 1:20	1	Und	920.00	920.00
2	Piñon de acero de 360 BHN de 17 dientes	1	Und	220	220.00
3	Engranaje de acero de 300 BHN de 75 dientes	1	Und	420	420.00
4	Motor electrico de 1 HP/ 220V / 60 HZ	1	Und	980	980.00
5	Eje con diametro comercial 1.125 Plg.	1	Und	117	117.00
6	Eje con diametro comercial 2.5 Plg.	1	Und	292.5	292.50
7	Pernos para colocacion en la cruceta	16	Und	2.5	40.00

8	Cruceta acero 1006 laminado al frio 1/4 - 1 Plg.	2	Und	125	250.00
9	Chaveta cuadrada y plana de diametro 1 1/8 plg	1	Und	50	50.00
10	Chaveta cuadrada y plana de diametro 2 1/2 plg	1	Und	60	60.00

CHUMACERA Y RODAMIENTOS

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Rodamiento de bolas tipo N° 16006	1	Und	149	149
2	Rodamiento de bolas tipo N° 16013.	1	Und	113.8	113.8
3	Chumacera de pared N° 16006.	1	Und	380	380
4	Chumacera de pared N° 16013.	1	Und	620	620

SERVICIOS

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Servicio de Soldadura	1	Serv.	350	350
2	Servicio de torneado, cepillado y otros	1	Serv.	600	600
3	Servicio de ploteo de planos	1	Serv.	50	50

ESTRUCTURA DE SOPORTE

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	PERFIL EN C	1	Serv.	72.59	72.59
2	PLANCHA BASE DE ANCLAJE	1	Serv.	12.09	12.09

Costo total insumos para el curtido de piel de alpaca baby	560.00
Costo de materiales para el tambor o bombo	720.00
Costo de engranajes	3349.50
Costo de chumaceras y rodamientos	1262.80
Costo de servicios	1000.00
Costo de estructura de soporte	84.68
Costo total de construcción de botal (incluye mano de obra) S/.	8770.07

5.2. FLUJO DE CAJA PARA EVALUACIÓN DE PROYECTOS

El flujo de caja muestra las entradas menos las salidas efectivas de dinero. En la evaluación de proyectos se utilizan estas previsiones de Entradas y salidas de dinero realizadas para construir el flujo de caja y para conocer la rentabilidad que se podría obtener de la inversión.

5.2.1. Estructura De Un Flujo De Caja

La estructura de un flujo de caja varia por el nombre o la forma de agrupación de los distintos componentes, por lo cual deben considerarse de manera general:

- Los egresos iniciales de fondos: corresponden al total de la inversión inicial requerida por el proyecto. Esta incluye las inversiones en activos fijos, intangibles y en capital de trabajo.
- Los ingresos y egresos operativos: constituyen todos los flujos de entradas y salidas reales de caja. Hay que diferenciar estos ingresos y egresos reales de los contables, ya que estos últimos se registran de acuerdo al criterio de lo devengado; es decir, es independientemente de cuándo se genera la entrada o salida de efectivo.

5.3. INDICADORES DE RENTABILIDAD

Cuando se evalúa inversiones, es necesario contar con algún indicador que permita comparar y jerarquizar las diversas alternativas de inversión que se tiene en un momento determinado.

Principales indicadores de rentabilidad:

Tabla 46***Indicadores de Rentabilidad***

NOMBRE DEL INDICADOR	ABREVIATURA
Valor actual neto	VAN
Tasa interna de retorno	TIR
Plazo de recuperación de la inversión	PR

Nota. Fuente: (Velayos M, 2020)

5.3.1. Valor Actual Neto (VAN)

Su cálculo consiste en encontrar la diferencia entre el valor actualizado de las inversiones y otros de egresos en efectivo.

$$VAN = \text{Valor actual de ingresos} - \text{Valor actual de egresos}$$

La tasa de descuento a utilizar es el costo de oportunidad del inversionista (*COK*), es decir, lo que estaría ganando en su mejor alternativa de inversión de similar riesgo. Esta tasa se puede considerar como un costo adicional del proyecto que castiga los beneficios futuros (ya que los disminuye) debido a que estos son efectivos.

De manera general el *VAN* se calcula de la siguiente forma:

$$VAN = -I_0 + FCN1/(1+i)^1 + FCN2/(1+i)^2 + FCN3/(1+i)^3 + \dots + FCNn/(1+i)^n$$

En donde:

*I*₀: Inversión inicial.

i: Tasa de descuento

n: Periodos.

Criterios de decisión:

Tabla 47**Recomendaciones Para Elección del VAN**

$VAN > 0$	Es recomendable realizar la inversión. Indica que se obtendrá una ganancia respecto a la mejor alternativa de inversión.
$VAN = 0$	Es indiferente que se elija la inversión propuesta o se invierta en la mejor alternativa. Es decir, la rentabilidad que proporciona es la misma.
$VAN < 0$	No es conveniente realizar el proyecto. El valor indica lo que el inversionista está dejando de ganar respecto a su mejor alternativa

Nota. Fuente: (Velayos M, 2020)

5.3.2. Tasa Interna De Retorno (TIR)

Generalmente se utiliza como un complemento a la información que se obtiene aplicando el *VAN*.

Desde el punto de vista matemático, la *TIR* es aquella tasa de interés que hace el *VAN* igual a cero. En el gráfico de perfiles de *VAN*, la *TIR* será aquella tasa para la cual la curva interseca al eje horizontal ($VAN=0$).

$$0 = -I_0 + FCN1/(1+TIR)^1 + FCN2/(1+TIR)^2 + FCN3/(1+TIR)^3 + \dots + FCNn/(1+TIR)^n$$

En donde:

*I*₀: Inversión inicial.

n: Periodos.

Criterios de decisión:

Tabla 48**Recomendaciones Para Elección del TIR**

$TIR > COK$	Es recomendable realizar la inversión. La rentabilidad que proporciona el proyecto es superior a la rentabilidad que proporciona la mejor alternativa de inversión.
-------------	---

$TIR = COK$	Es indiferente que se elija el proyecto o se invierta en la mejor alternativa. Es decir, la rentabilidad que proporciona es la misma.
$TIR < COK$	No es conveniente realizar el proyecto. La rentabilidad del proyecto es menor que la mejor alternativa de inversión.

Nota. Fuente: (Sevilla A, 2024)

Los trabajos que realizara la Botal para Curtiembre de piel de alpaca baby serán en un plazo de recuperación de doce meses, dentro del periodo de enero a diciembre, la actividad de curtir la piel de alpaca baby ira en aumento hasta llegar a su mayor producción en los meses de marzo a setiembre. El costo por cutir una piel de alpaca realizado por la maquina será de S./ 30.00 por cada piel y la cantidad de pieles curtidas en cada mes será de acuerdo a lo descrito en la Tabla 49.

Tabla 49

Periodo de Proyección para Botal para Curtiembre de piel de alpaca baby para artesanos.

MES	N° de pieles/mes	COSTO por piel curtida (S/.)	INGRESOS S/.
ENERO	80	30	2400
FEBRERO	80	30	2400
MARZO	88	30	2640
ABRIL	84	30	2520
MAYO	88	30	2640
JUNIO	84	30	2520
JULIO	88	30	2640
AGOSTO	88	30	2640
SETIEMBRE	84	30	2520
OCTUBRE	88	30	2640
NOVIEMBRE	80	30	2400
DICIEMBRE	80	30	2400

5.3.3. Flujo de Caja

Tabla 52

Costos de Inversión y Operativos del Modulo

PERIODO	COSTOS DE INVERSION Y OPERATIVOS												
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
INGRESOS	0	2400	2400	2640	2520	2640	2520	2640	2640	2520	2640	2400	2400
COSTO DE INVERSION	-8770.074												
COSTO DE OPERACIÓN		-700	-700	-700	-700	-700	-700	-700	-700	-700	-700	-700	-700
GASTOS ADMINISTRATIVOS		-300	-300	-300	-300	-300	-300	-300	-300	-300	-300	-300	-300
FCN FLUJO DE CAJA	-8770.074	1400	1400	1640	1520	1640	1520	1640	1640	1520	1640	1400	1400

El valor actual neto VAN es:

$$VAN = -8770.07 + \frac{2400.00}{(1 + 0.1)^1} + \frac{2400.00}{(1 + 0.1)^2} + \dots + \frac{240.00}{(1 + 0.1)^{11}} + \frac{2400.00}{(1 + 0.1)^{12}}$$

$$VAN = -8770.07 + 2181.82 + 1982.47 + \dots + 841.19 + 764.71$$

$$VAN = S/ 1,626.67$$

$VAN > 0$ Es recomendable realizar la inversión. Indica que se obtendrá una ganancia respecto a la mejor alternativa de inversión.

La tasa interna de retorno (TIR) determinado es:

$$0 = -I_0 + \frac{FCN1}{(1 + TIR)^1} + \frac{FCN2}{(1 + TIR)^2} + \frac{FCN3}{(1 + TIR)^3} + \dots + \frac{FCNn}{(1 + TIR)^n}$$

$$0 = -8770.07 + \frac{2400.00}{(1 + TIR)^1} + \frac{2400.00}{(1 + TIR)^2} + \dots + \frac{2400.00}{(1 + TIR)^{11}} + \frac{2400.00}{(1 + TIR)^{12}}$$

$$TIR = 13.61\%$$

TIR > COK

Es recomendable realizar la inversión. La rentabilidad que proporciona el proyecto es superior a la rentabilidad que proporciona la mejor alternativa de inversión.

CONCLUSIONES

PRIMERA: El diseño para la construcción de un botal de curtiembre especializado para el tratamiento de piel de alpaca baby permitió tener las especificaciones necesarias para satisfacer las necesidades de los pequeños artesanos, optimizando la capacidad de producción del proceso de curtido. Esto resultó en una mejora significativa en la eficiencia operativa de un proceso manual.

SEGUNDA: La aplicación de la metodología sistemática del diseño, basada en la norma alemana VDI 2221, permitió desarrollar un concepto sólido y analizar de manera estructurada el diseño del botal, asegurando que cumpla con los requerimientos técnicos y funcionales para el proceso de curtiembre de pieles de alpaca baby. La aplicación meticulosa de la norma permitió discernir, entre diversas alternativas, la solución más conveniente para el botal. Esta solución obtuvo 31 puntos en una escala de efectividad hasta 40, asegurando un equilibrio óptimo entre la capacidad de producción de curtido y la manufacturabilidad. La decisión se fundamentó en una evaluación multicriterio que incluyó desde la calidad del curtido hasta el coste de los materiales, validando así la solución seleccionada como una que responde con eficacia a las expectativas del mercado y las limitaciones técnicas.

TERCERA: El diseño del botal con capacidad para procesar 20 cueros por ciclo de trabajo demostró ser eficiente para satisfacer las necesidades de los pequeños artesanos. Se realizó el diseño y dimensionamiento del equipo para esta cantidad de pieles, haciendo uso de elementos de máquinas.

CUARTA: Para la fabricación de la Botal para Curtiembre de piel de alpaca baby para artesanos, se hizo una inversión inicial de S./ 8770.07, se proyecta recuperar el monto invertido en un periodo de 12 meses a una tasa de interés del 10%, generando una ganancia de S./ 1,626.67, este análisis económico fue realizado haciendo uso

de los indicadores de rentabilidad (VAN y TIR)

QUINTA: La simulación cinemática del funcionamiento del botal validó su desempeño bajo condiciones reales de operación, demostrando su viabilidad técnica y su capacidad para mejorar la calidad y eficiencia del proceso de curtiembre de pieles de alpaca baby.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: Se recomienda fabricar el botal para el proceso de curtido de piel de alpaca y de esta manera se puede realizar diferentes estudios de calidad y el nuevo proceso de curtido.

SEGUNDA: Se debe implementar talleres y capacitaciones para los pequeños artesanos sobre el uso adecuado, mantenimiento, la seguridad y concientización ambiental del botal para garantizar su operación y prolongar la vida útil.

TERCERA: Se puede continuar investigando para evaluar nuevos materiales y tecnologías que puedan mejorar aun más la eficiencia del botal, así como también se puede tomar este trabajo para poder diseñar equipos con mayor capacidad según la necesidad del artesano o empresas.

CUARTA: Para los fabricantes del botal: Se recomendaría explorar la posibilidad de diseñar sistemas de adaptabilidad aún más flexibles, que permitan ajustes rápidos y personalizados para diferentes tamaños de operaciones artesanales, manteniendo al mismo tiempo la calidad y la integridad en el tratamiento de la piel. Este enfoque ayudaría a satisfacer una gama más amplia de demandas de producción.

QUINTA: Promover alianzas con instituciones académicas y de investigación para innovar el proceso de curtido y en general de la peletería .

BIBLIOGRAFÍA

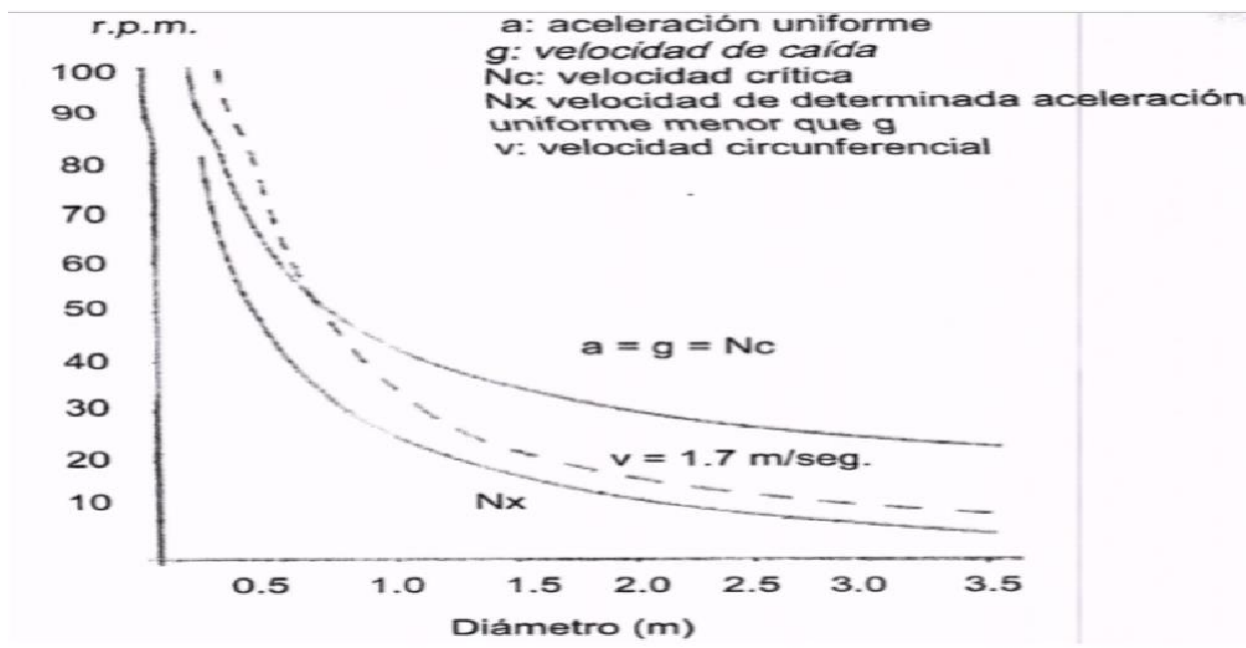
- Alvarez Ascue, P. E. (2018). Características tecnológicas del cuero para capellada de alpaca huacaya (lamas pacos) adulta, curtido mediante los métodos wet-white y wet-blue. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima: Tesis.
- Aragón Merma, O. (2016). Practicas ilustrativas en la producción de alpacas. Lima: <https://www.avsf.org/public/posts/645/buenas-practic-as-en-la-produccion-de-alpacas.pdf>.
- Aragón, M. (2010). Mejoramiento de la capacidad productiva de Alpacas de la Asociación de alpaqueros. Lima: <https://www.agroideas.gob.pe/wp-content/uploads/2020/05/MODELO-PNT-ALPACAS.pdf>.
- Carazas, Y. (2007). Línea de base: estrategias de mitigación en comunidades campesinas criadoras de alpaca. Soluciones prácticas-ITGDG, 23-49.
- Chavarrea, M. (2011). Diseño y construcción de un reactor-Molineta para el curtido de cueros con pelo en la curtiembre de El AL - CE. Editoria Politécnica del Chimborazo.
- Chávez Miranda, A. (2015). Evaluación de las Características Físicas del Cuero de Llama (Lama glama) Raza Q'ara de dos dientes de edad curtido en cuatro niveles de tara (Caesalpinia spinosa). Universidad Nacional de Huancavelica. Huancavelica: Tesis.
- Doria, G. (2005). Características tecnológicas de la napa de piel de Alpaca (Lama pacos). 60-92: [Tesis de Ing. Zootecnista- Universidad Nacional Agraria La Molina].
- FAO. (2005). Animal genetic resources conservation by management, banks and training. Animals prod. paper., 44-186.
- Glasel, C. J. (18/05/1909). Estados Unidos Patente nº 922415.

- Gómez Ochante, S. (2016). Características tecnológicas del cuero napa de ovino adulto, mediante los métodos de curtido Wet-blue y Wet-white. Universidad Agraria La Molina. Lima: Tesis. Obtenido de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2666>
- Hidalgo Almeida, L. (2016). Comparación de la curtición con harina de Caesalpinia Spinosa, con una curtición mineral con sulfato de Cromo para pieles caprinas. *Industria Data.*, 100 - 108.
- Hori Asano, J. J. (2012). *Diseño de Elementos de Maquinas*. Fondo Editorial Uni
- INEI. (2012). *IV Censo Nacional Agropecuario 2012 (IV CENAGRO)*. Instituto Nacional de estadística e informática., 23 - 40.
- Kelley, R. (1992). *El poder de los seguidores (criadores de alpacas)*. NY: Doubleday.
- Mataix, C. (2011). *Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas*. 6ta edición: Editorial Harla.
- Melgar, D. (2000). *Procesos de curtición*. En D. Melgar, *Tecnología del cuero.*, 15-25.
- Moya, E., & Torres, J. (2008). *Familias alpaqueras enfrentando al cambio climático*. Lima: Soluciones Prácticas-ITDG.
- Nuñez, M. (2016). *Implementación de un bombo de acabados del cuero para el estudio del proceso de recurtido y tinte de cueros de especies menores para el laboratorio de ingeniería agroindustrial*. Editorial Laboratorio de ingeniería agroindustrial.
- Ortiz Alvarado, B. G., & Naula Aucanshala, B. G. (2018). *Diseño e implementación de un bombo metálico para la curtición de pieles menores*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador: Tesis.
- Pérez Julca, D. E., & Rojas Barreto, A. L. (2016). *Automatización del ingreso de insumos de los botalas para mejorar el proceso de remojo y pelambre en la empresa "curtiembre cuenca S.A.C"*. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo: Tesis. Obtenido de <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/3523>

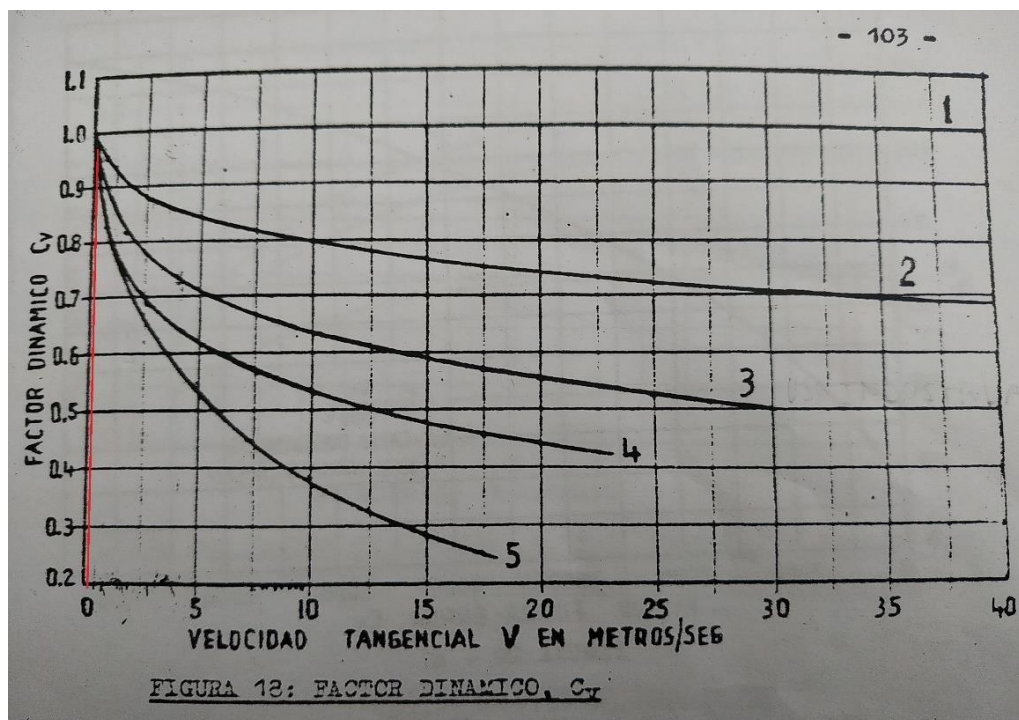
- PRONAMACHCS. (2007). Salvando alpacas en los Andes del Perú. Huancayo: Ministerio de Agricultura-PRONAMACHCS.
- Quispe Peña, E., Poma Gutiérrez, A., & Purroy Unanua, A. (2013). A review of Huacaya alpacas fiber traits. Programa de Mejora de Camélidos Sudamericanos. PROCASUD., 1 - 29.
- Quispe, E., Alfonso, L., Flores, A., Guillén, H., & Ramos Y. (2009). Bases to an improvement program of the alpacas in highland region at Huancavelica-Perú. Archivos de Zootecnia., 705-716.
- Ramírez Vicencio, A., F. Huari Pérez, W., & Arteaga Muñoz, R. (2014). Estudio sistematización y difusión recuperando conocimientos tradicionales y tecnologías modernas de buenas prácticas y asistencia. CICCA, 50 - 62.
- Renieri, C., Valbonesi, V., La Manna, M., Antonini, & Asparrin, M. (2009). Inheritance of Suri and Huacaya type of fleece in Alpaca. Italia.: J. Anim. Sci.
- Salguero, A. (2018). Técnicas básicas de guarnicionería. TCPF1 10. <https://books.google.com.ec/books?id=qKxJDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>.
- Ttacca Hualla, I. (2017). Evaluación de parámetros (tiempo, temperatura y concentración de óxido de calcio) durante el apelmbrado para curtido de piel de alpaca (Vicugna pacos). Universidad Nacional del Altiplano. Puno: Tesis.

APÉNDICES

Apéndice 01: Diagrama del número crítico de revoluciones

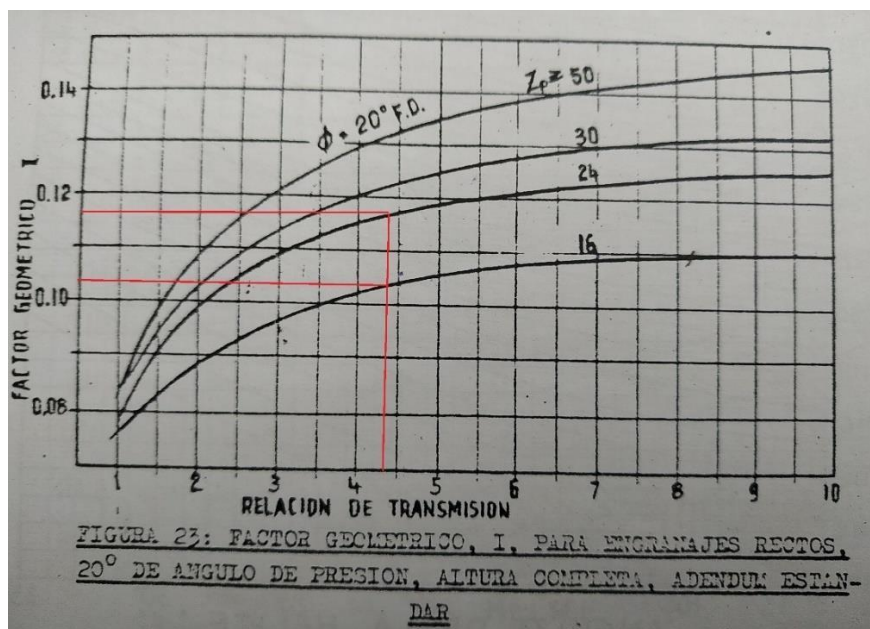


Apéndice 02: Factor dinámico, C_v



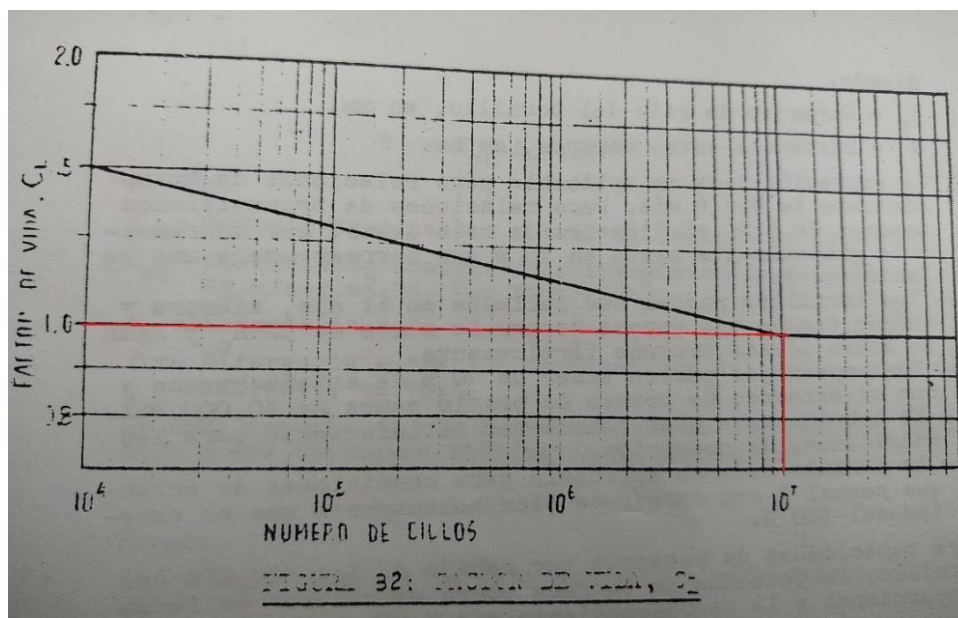
Nota. Diseño de Elementos de Maquina de Hori (2012)

Apéndice 03: Factor geométrico, I , para engranajes rectos 20° de ángulo de presión, altura completa, adendum estándar



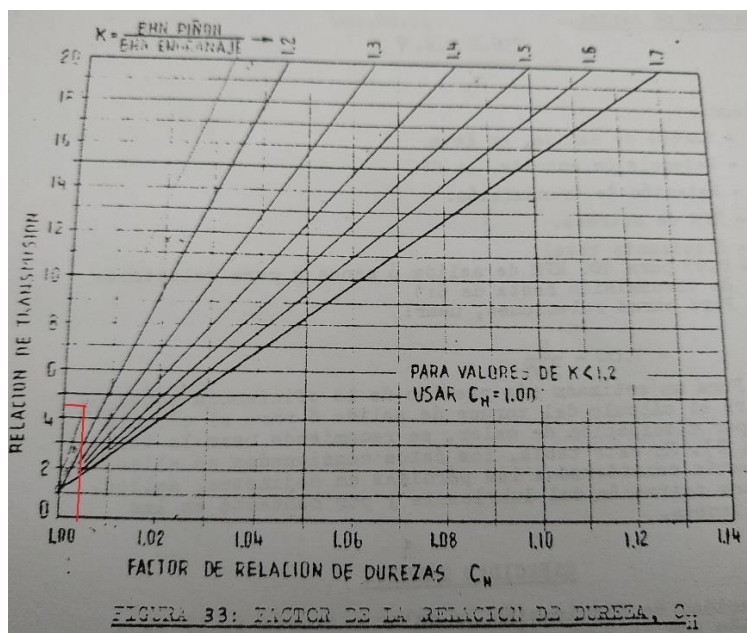
Nota. Diseño de Elementos de Maquina de Hori (2012)

Apéndice 04: Factor de vida



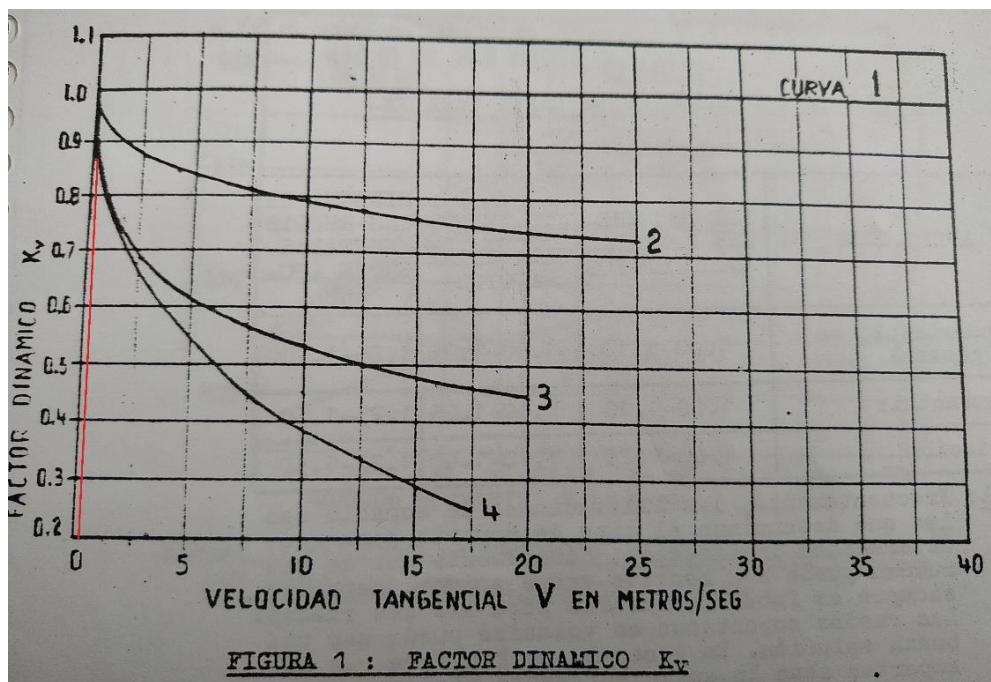
Nota. Diseño de Elementos de Maquina de Hori (2012)

Apéndice 05: Factores de relación de durezas



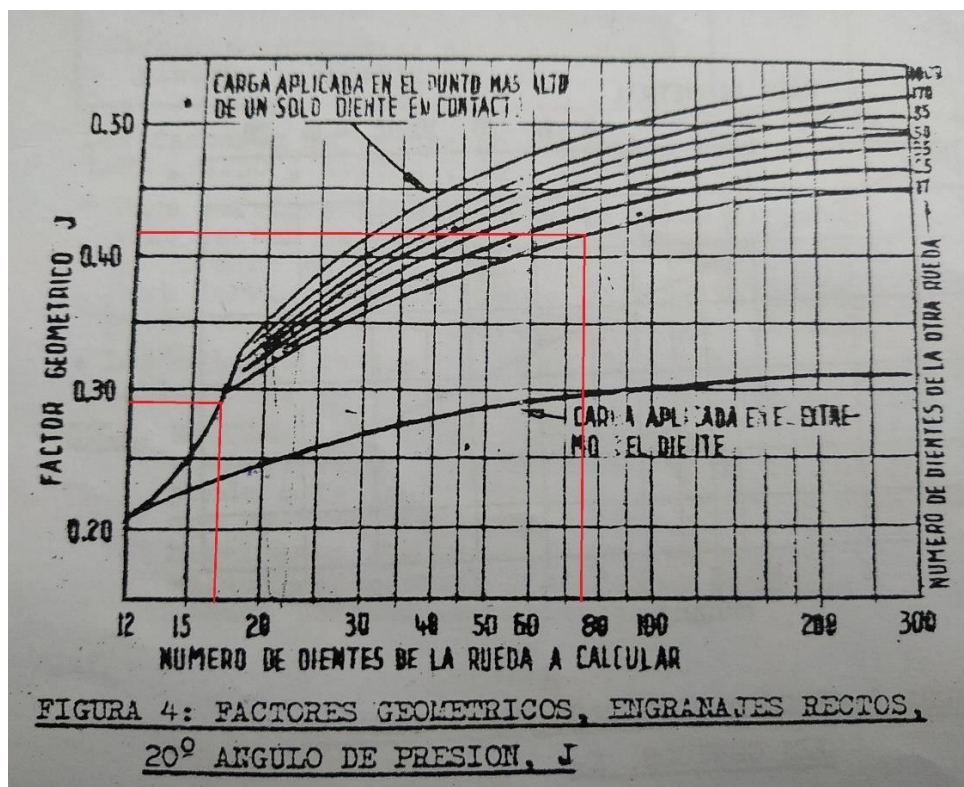
Nota. Diseño de Elementos de Maquina de Hori (2012)

Apéndice 06: Factor dinámico K_v .



Nota. Diseño de Elementos de Maquina de Hori (2012)

Apéndice 07: Factores geométricos para engranajes rectos, 20° de ángulo de presión



Nota. Diseño de Elementos de Maquina de Hori (2012)

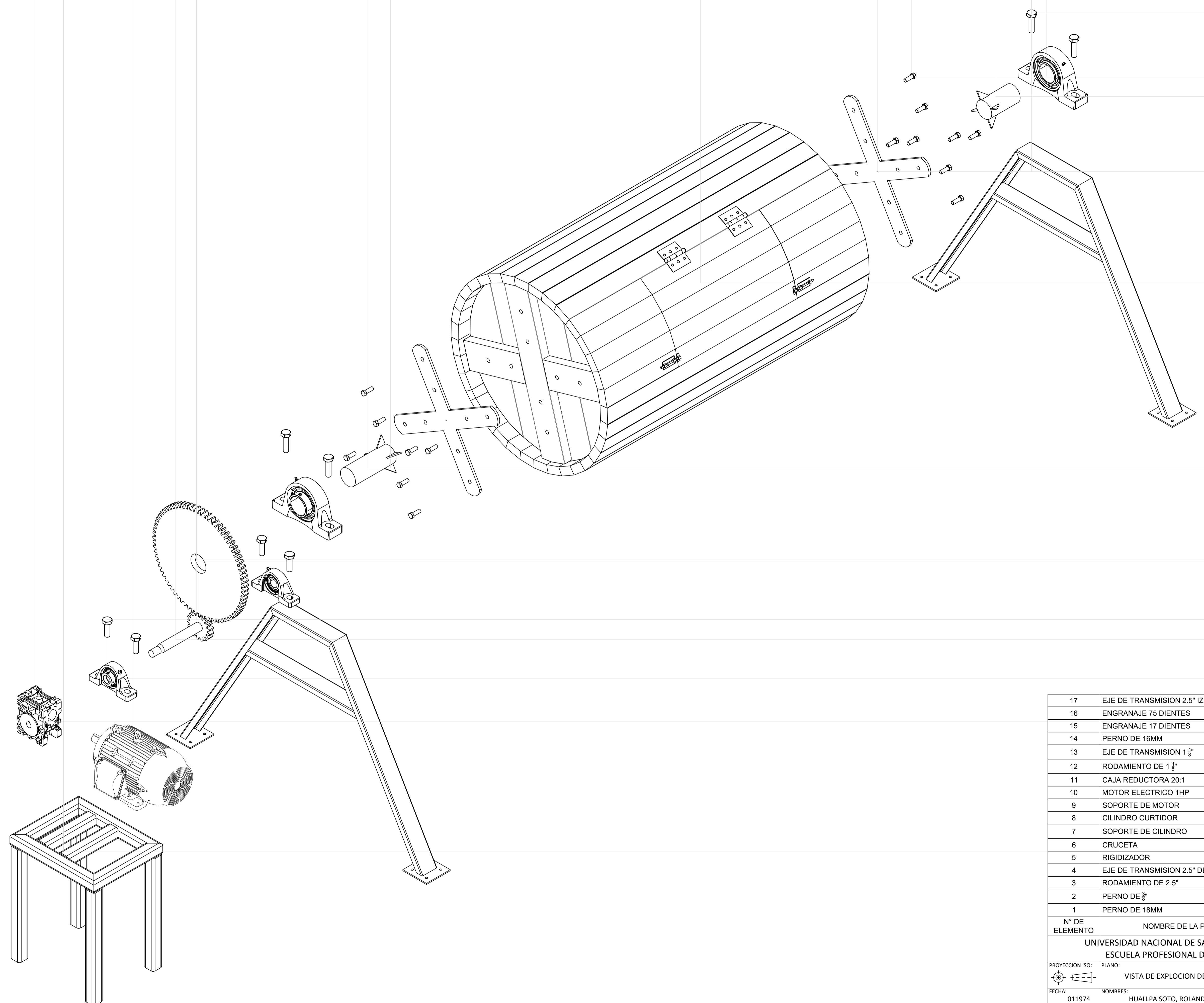
ANEXOS

Anexo 01: Datos del clima ciudad del Cusco

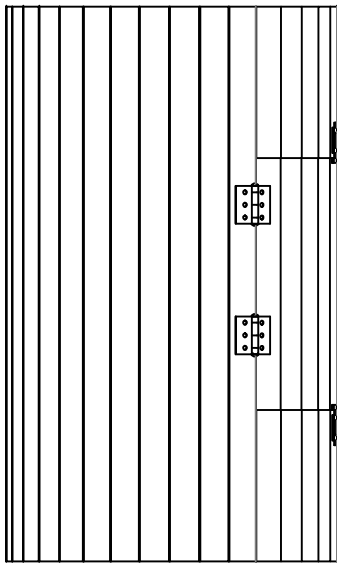
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	7	6.9	6.9	6.5	5.9	5.3	4.9	5.8	6.7	7.3	7.7	7.3
Temperatura min. (°C)	3.1	3	2.9	1.6	0.2	-0.6	-1.3	-0.9	0.3	1.9	2.8	3.2
Temperatura máx. (°C)	12.1	12	12.2	12	11.7	11.6	11.5	12.9	13.5	13.5	13.5	12.6
Precipitación (mm)	257	240	225	114	33	15	14	25	54	116	159	217
Humedad(%)	79%	81%	80%	75%	63%	55%	52%	50%	57%	66%	68%	76%
Días lluviosos (días)	21	19	21	17	8	3	3	6	12	17	18	20
Horas de sol (horas)	5.8	5.3	5.6	6.4	7.9	8.7	8.7	9.0	8.4	7.5	7.5	6.5

Nota. Fuente: Climate data org.

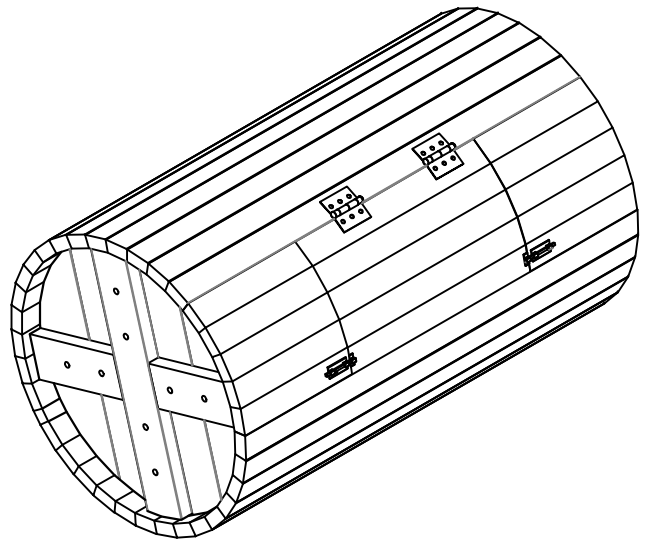
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14



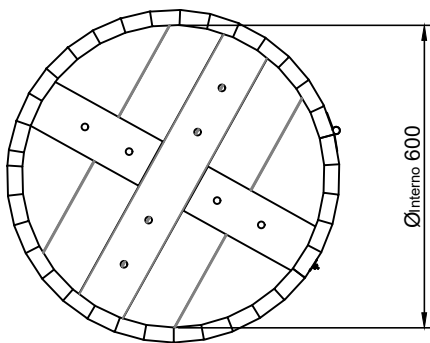
17	EJE DE TRANSMISION 2.5" IZQ.	1	F7
16	ENGRANAJE 75 DIENTES	1	G6
15	ENGRANAJE 17 DIENTES	1	H6
14	PERNO DE 16MM	4	H3
13	EJE DE TRANSMISION 1 1/8"	1	I5
12	RODAMIENTO DE 1 1/8"	1	J3
11	CAJA REDUCTORA 20:1	1	K1
10	MOTOR ELECTRICO 1HP	1	L4
9	SOPORTE DE MOTOR	2	M2
8	CILINDRO CURTIDOR	1	E9
7	SOPORTE DE CILINDRO	2	D13
6	CRUCETA	2	D10
5	RIGIDIZADOR	8	F8
4	EJE DE TRANSMISION 2.5" DER.	1	C13
3	RODAMIENTO DE 2.5"	2	B14
2	PERNO DE 3/8"	16	B11
1	PERNO DE 18MM	4	A13
N° DE ELEMENTO	NOMBRE DE LA PIEZA	CANTIDAD	CODIGO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA			
PROYECCION ISO: 	PLANO: VISTA DE EXPLOSION DE LA CURTIDORA	ASESOR: ING. MARIO G. CASTRO IRRARAZABAL	
FECHA: 011974 002856	NOMBRES: HUALLPA SOTO, ROLANDO AIMACHOQUE MAMANI, EDGAR		
UNIDADES: MILIMETRO	FECHA: 12/10/2024	ESCALA: S/E	LAMINA: IM-01



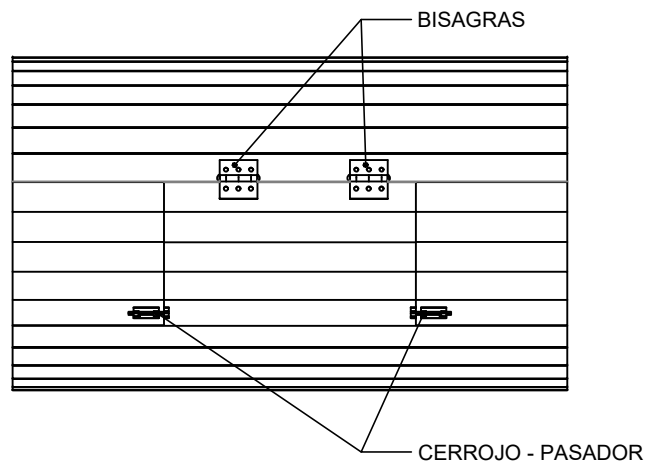
VISTA SUPERIOR



VISTA ISOMETRICA

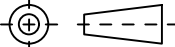


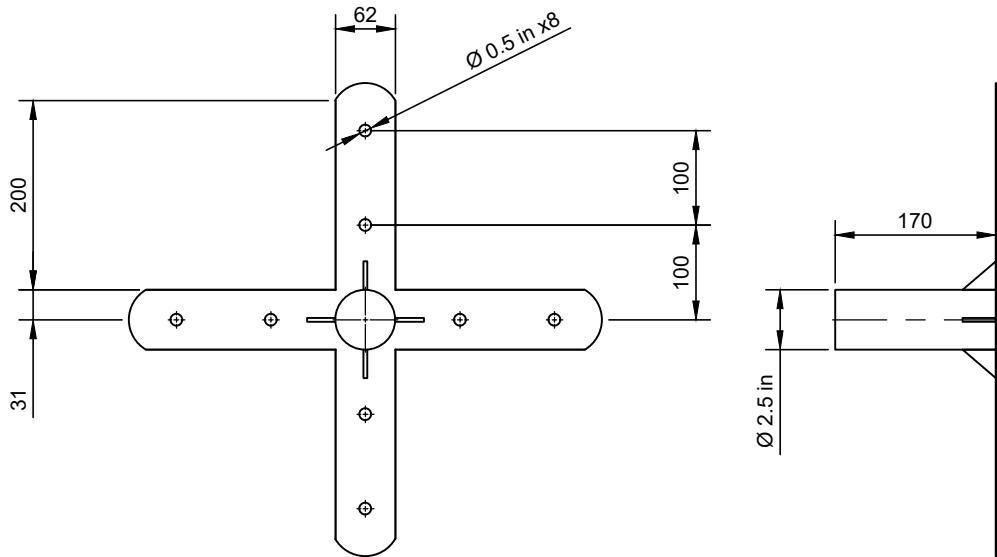
VISTA PERFIL



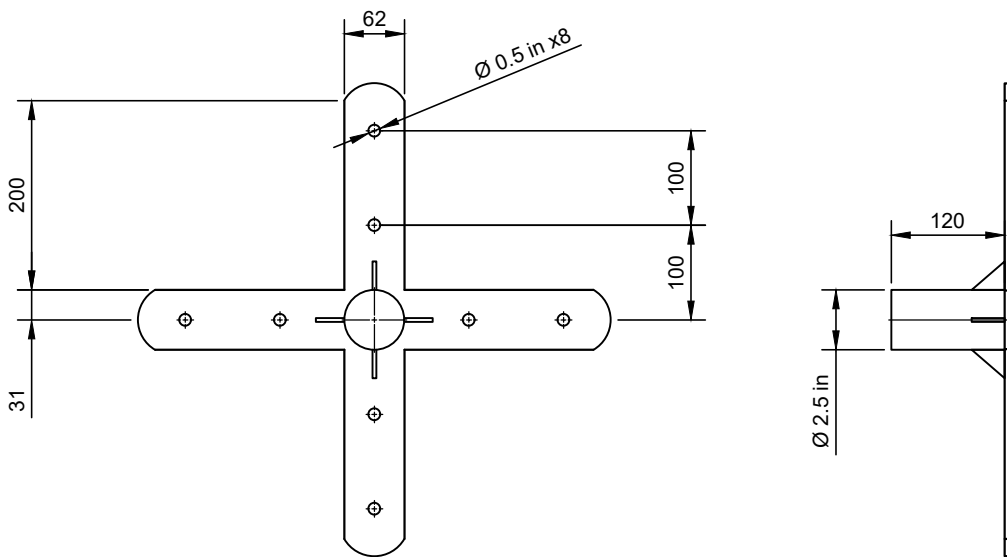
VISTA FRONTAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA

PROYECCION ISO: 	PLANO: <p style="text-align: center;">CILINDRO</p>	ASESOR: ING. MARIO G. CASTRO IRRARAZABAL	
FECHA: 011974 002856	NOMBRES: HUALLPA SOTO, ROLANDO AIMACHOQUE MAMANI, EDGAR		
UNIDADES: MILIMETRO	FECHA: 12/10/2024	ESCALA: 1/15	LAMINA: IM-02



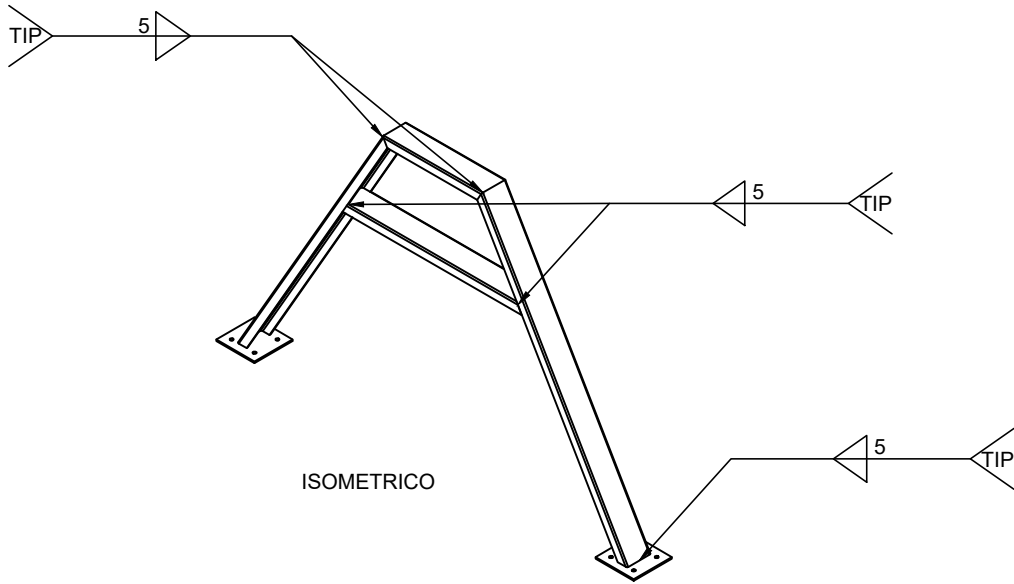
CRUCETA EJE DE TRANSMISION DE 2 ½" IZQ.



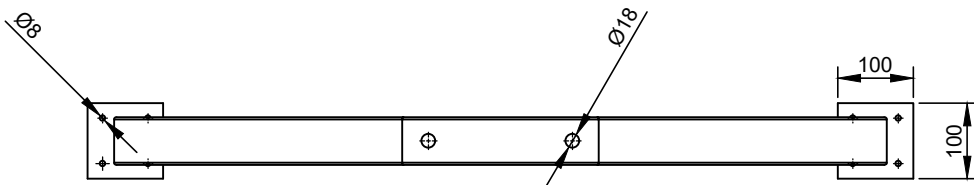
CRUCETA EJE DE TRANSMISION DE 2 ½" DER.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA

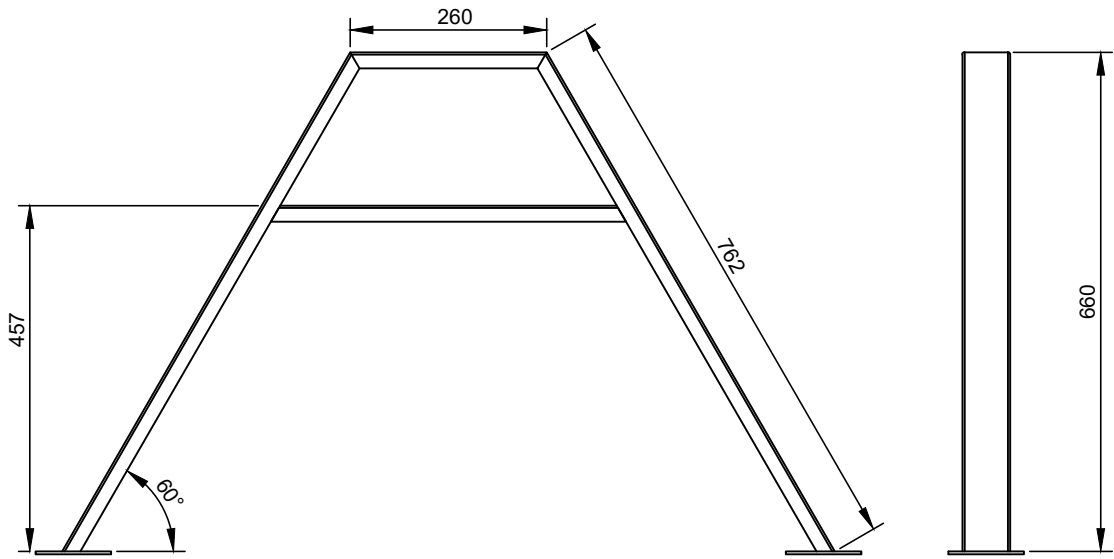
PROYECCION ISO: 	PLANO: <p style="text-align: center;">CRUCETAS LATERALES</p>	ASESOR: ING. MARIO G. CASTRO IRRARAZABAL	
FECHA: 011974 002856	NOMBRES: HUALLPA SOTO, ROLANDO AIMACHOQUE MAMANI, EDGAR		
UNIDADES: MILIMETRO	FECHA: 12/10/2024	ESCALA: 1/8	LAMINA: IM-03



ISOMETRICO



VISTA SUPERIOR

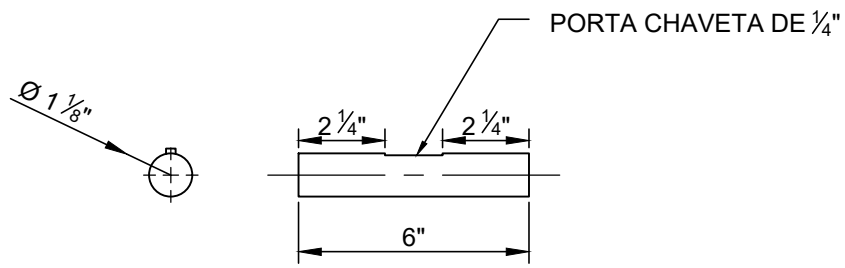


VISTA FRONTAL

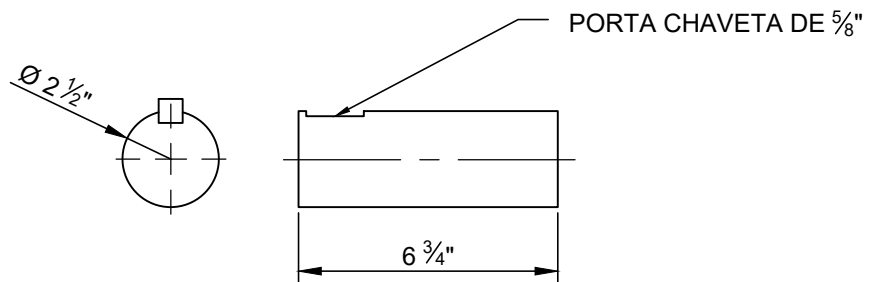
VISTA PERFIL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA

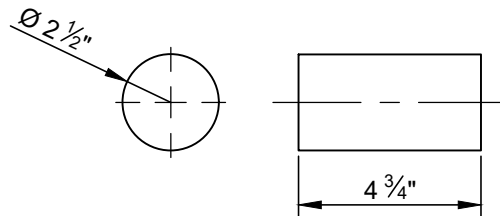
PROYECCION ISO: 	PLANO: <p style="text-align: center;">SOPORTE DE CILINDRO</p>	ASESOR: ING. MARIO G. CASTRO IRRARAZABAL	
FECHA: 011974 002856	NOMBRES: HUALLPA SOTO, ROLANDO AIMACHOQUE MAMANI, EDGAR		
UNIDADES: MILIMETRO	FECHA: 12/10/2024	ESCALA: 1/10	LAMINA: IM-04



EJE DE TRANSMISION DE $1 \frac{1}{8}$ "



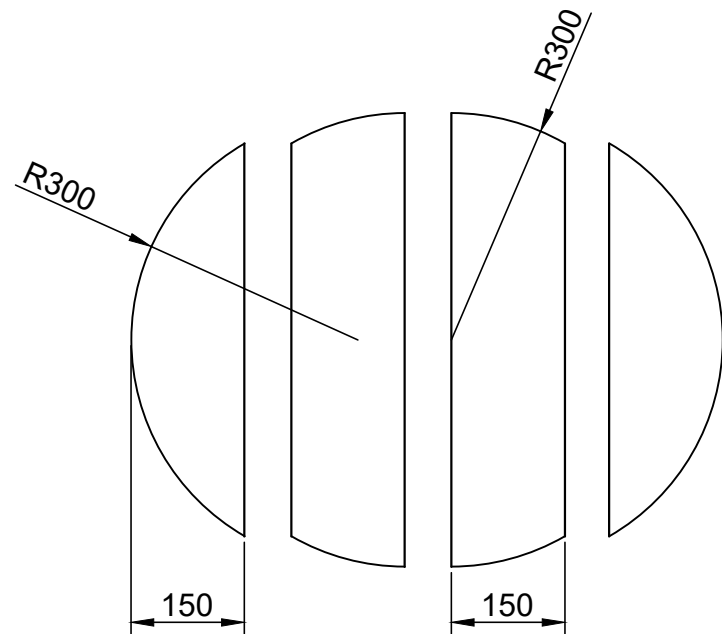
EJE DE TRANSMISION DE $2 \frac{1}{2}$ " IZQ.



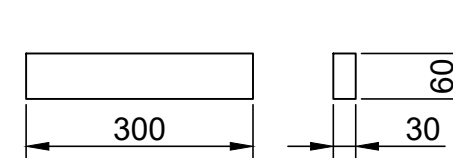
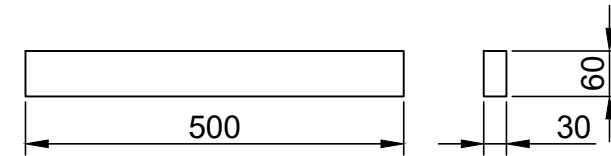
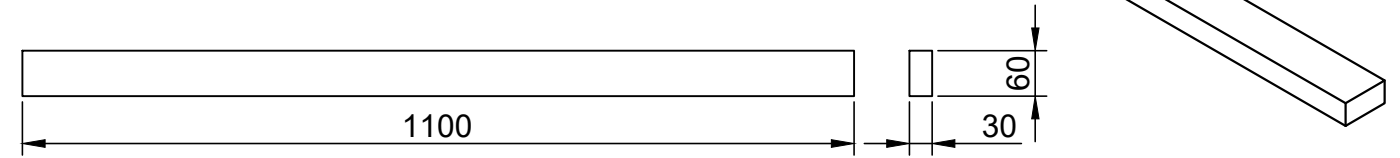
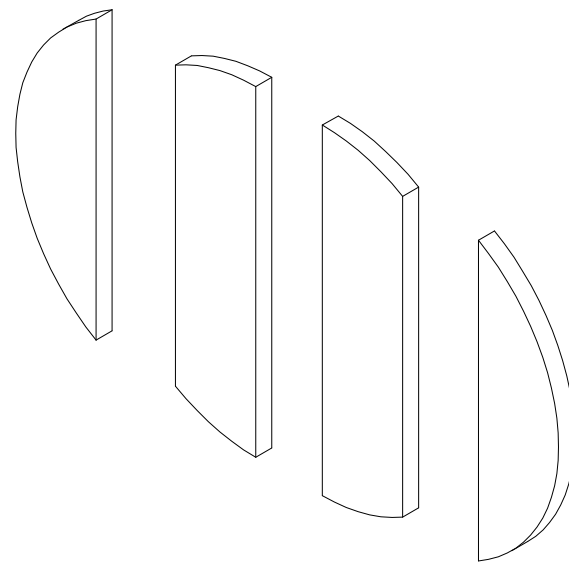
EJE DE TRANSMISION DE $2 \frac{1}{2}$ " DER.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA

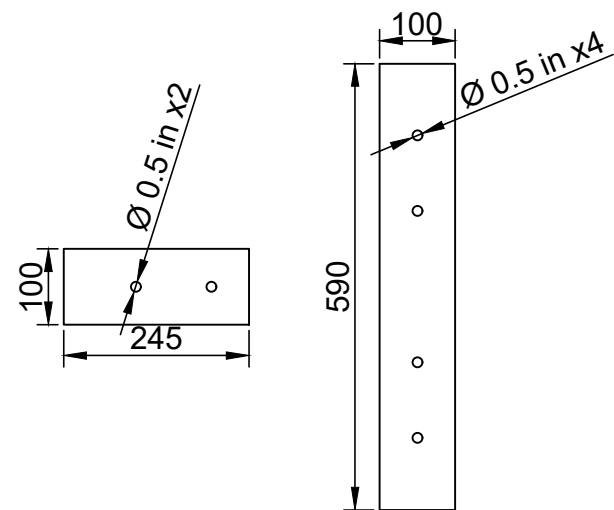
PROYECCION ISO: 	PLANO: EJES DE TRANSMISION	ASESOR: ING. MARIO G. CASTRO IRRARAZABAL
FECHA: 011974 002856	NOMBRES: HUALLPA SOTO, ROLANDO AIMACHOQUE MAMANI, EDGAR	
UNIDADES: PULGADAS	FECHA: 12/10/2024	ESCALA: 1/5
		LAMINA: IM-05



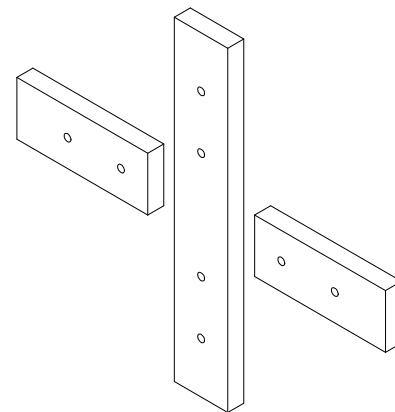
TABLONES PARA LAS TAPAS LATERALES



TABLONES PARA EL CILINDRO



TABLONES PARA LAS CRUCETAS LATERALES



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA			
PROYECCION ISO: 	PLANO: TABLONES PARA EL CILINDRO CURTIDOR	ASESOR: ING. MARIO G. CASTRO IRRARAZABAL	
FECHA: 011974 002856	NOMBRES: HUALLPA SOTO, ROLANDO AIMACHOQUE MAMANI, EDGAR		
UNIDADES: MILIMETRO	FECHA: 12/10/2024	ESCALA: 1/10	LAMINA: IM-06