

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

"Diseño y Modelado de una Máquina Peladora de Almendras"

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Materia Integradora

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentado por:

Marcelo Josué Pintado Abad

Alain Josué Garcés Moreira

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2017

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darnos la gracia de estar vivos, a quienes dieron mucho interés en que pudiera cumplir mis sueños y me ayudaron, aunque para eso tuvieron que arriesgarse un poco. A nuestros padres por darnos la oportunidad de estudiar. Al Ing. Livingston Castro por su guía y soporte en todo momento.

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de la materia integradora corresponde exclusivamente al equipo conformado por:

Marcelo Josue Pintado Abad

Alain Josue Garcés Vera

Msc. Livingston David Castro Valladares

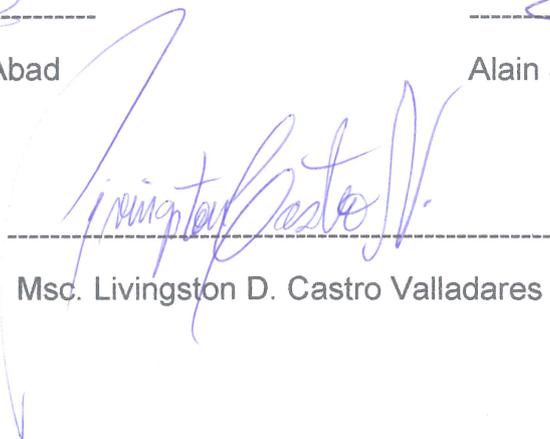
y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP) de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.



Marcelo J. Pintado Abad



Alain J. Garcés Moreira



Msc. Livingston D. Castro Valladares

RESUMEN

Los procesos que actualmente se aplican en el país para extraer la piel de las semillas de almendra son completamente manuales y se complementan con el uso de sustancias químicas durante toda la operación de pelado, como el hidróxido de calcio. La exposición directa de las semillas a estas sustancias disminuye notablemente la calidad del producto en cuanto a higiene se refiere. El presente trabajo de graduación tiene como objetivo principal realizar el diseño detallado de una máquina peladora de semillas de almendras de forma automatizada, evitando el contacto entre el operador y las semillas, mejorando la calidad del producto final.

Se llevaron a cabo investigaciones preliminares para conocer las propiedades físicas de la semilla de almendra y definir especificaciones de desempeño. Se utilizaron matrices de decisión como herramientas para la selección del proceso requerido para extraer la piel de semillas secas, considerando factores de desempeño como la mantenibilidad y la capacidad de producción. El diseño mecánico de los componentes principales del sistema de pelado, como el eje y los rodillos abrasivos, fueron determinados en base a las cargas críticas y consideraciones de fatiga. El diseño de los elementos mecánicos y la capacidad de almacenamiento del sistema de succión del material particulado fueron corroborados mediante el uso de Ansys Static Structural y Ansys Fluent, respectivamente.

En la fase final del proyecto se realizaron los planos de fabricación y ensamble y se analizó la factibilidad económica de implementación del proyecto considerando la inversión y el flujo de dinero durante un determinado periodo de tiempo. Finalmente, el sistema de pelado utilizando rodillos permitió obtener una gran cantidad de almendras peladas por unidad de tiempo de forma continua por medio de un funcionamiento sencillo que puede ser controlado por un solo operador, minimizando costos operacionales y mejorando las consideraciones de seguridad industrial.

Palabras Clave: Almendra, rodillos abrasivos, máquina peladora de almendras.

ABSTRACT

The processes that are currently applied in the country to extract the skin of the almond seed are completely manual and complemented by the use of chemical substances during the entire peeling operation, such as calcium hydroxide. The direct exposure of the seeds to these substances significantly reduces the quality of the product in terms of cleanliness. The main objective of this graduation project is to carry out the detailed design of a machine to peel almond seeds automatically, avoiding contact between the operator and the seeds, improving the quality of the final product.

Investigations were done to know the main physical properties of almond seeds, and to establish the performance requirements. Decision matrices were used as tools during the selection process of how to extract the skin of almond seeds, where performance factors such as the maintainability and the production capacity were considered. The mechanical design of the main components of the peeling system, such as the shaft and the abrasive rollers, were determined based on critical loads and fatigue considerations. The design of mechanical components and the storage capacity of the suction system were corroborated by using Ansys Static Structural and Ansys Fluent, respectively.

In the final stage of the project, manufacturing and assembly drawings were developed. Besides, an economic feasibility analysis of implementing the project by considering the investment and the money flow over a certain period of time were done. Finally the rollers used in the peeling system allowed to obtain a larger quantity of peeled almonds seeds per time; which can also be controlled by a single operator, minimizing costs and improving industrial safety considerations.

Key words: Almond, abrasive rollers, almond peeling machine.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XVI
ÍNDICE DE PLANOS.....	XIX
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción	1
1.1 Descripción del problema	2
1.2 Objetivos	4
1.2.1 Objetivo General.....	4
1.2.2 Objetivos Específicos.....	5
1.3 Marco teórico.....	5
1.3.1 Almendras.....	5
1.3.2 Proceso primario de producción.	6
1.3.3 Proceso secundario de producción.....	7
1.3.4 Comercialización de la almendra	9
1.4 Análisis de alternativas de solución.....	10
1.4.1 Generación de las alternativas de solución para el proceso de pelado.	10
1.4.2 Evaluación de las alternativas de solución para el proceso de pelado.	20
1.4.3 Generación de las alternativas de solución para el pelado abrasivo.	23
1.4.4 Evaluación de las alternativas de solución para el pelado abrasivo.	30
CAPÍTULO 2.....	33
2. Metodología del Diseño	33

2.1	Bases y Consideraciones	37
2.1.1	Producción de almendras peladas.....	37
2.1.2	Operación y mantenibilidad del equipo	39
2.1.3	Características de la semilla de almendra	40
2.1.4	Manufacturabilidad.....	41
2.2	Diseño conceptual.....	42
2.3	Sistema de transmisión de potencia.....	44
2.3.1	Cálculo de la potencia de pelado	45
2.3.2	Selección del motor	46
2.3.3	Selección de bandas.....	47
2.3.4	Selección de la polea motriz	50
2.3.5	Análisis cinemático del sistema de transmisión de potencia.....	51
2.3.6	Selección de la polea conducida.....	52
2.3.7	Potencia en los rodillos abrasivos.....	53
2.3.8	Fuerza de tensión en la polea conducida	54
2.4	Sistema de pelado.....	56
2.4.1	Diseño del eje de los rodillos abrasivos	57
2.4.2	Peso del tambor.....	61
2.4.3	Carga debido a las almendras	62
2.4.4	Dimensionamiento del Eje.	63
2.4.5	Selección de rodamientos.....	77
2.4.6	Simulación del rodillo y su eje.....	80
2.4.7	Diseño de Soldadura del tambor.....	83
2.4.8	Acabado superficial de los rodillos abrasivos.	90
2.5	Sistema de admisión.	91
2.5.1	Cálculo del ángulo de inclinación en la tolva	92
2.5.2	Cálculo del volumen de la Tolva	94

2.5.3	Diseño de los pernos para la sujeción de la tolva.....	97
2.6	Sistema de selección.....	104
2.6.1	Cálculo de los orificios en el tamiz vibratorio.	105
2.6.2	Análisis del mecanismo de vibración del tamiz.....	108
2.6.3	Cálculo de las fuerzas dinámicas en el tamiz	112
2.7	Sistema de almacenamiento de cascarilla	114
2.7.1	Dimensionamiento del ducto y reservorio de piel de almendra.....	114
2.7.2	Selección del motor extractor.....	115
2.8	Sistema de descarga.....	119
2.8.1	Diseño del ducto de salida	120
2.9	Estructura	122
CAPÍTULO 3.....		126
3.	Resultados.....	126
3.1	Resultados del proyecto	126
3.2	Análisis de costos.....	137
CAPÍTULO 4.....		144
4.	Discusión y Conclusiones	144
4.1	Conclusiones.....	144
4.2	Recomendaciones.....	148
BIBLIOGRAFÍA.....		150
APÉNDICES.....		154
5.	APENDICE A: mETODOLOGÍA DE DISEÑO	155
6.	APENDICE B: TABLAS PARA DISEÑO Y SELECCIÓN DE MATERIALES en sistemas	157
7.	APENDICE C: CÓDIGO MATLAB PARA SIMULACIÓN	169

ABREVIATURAS

AAC	Alianza de Almendras de California
ABB	Asea Brown Boveri
ANSYS	Análisis de Sistemas
ASME	Asociación Americana de Ingenieros Mecánicos
ASTM	Asociación Americana de Ensayo de Materiales
AWS	Sociedad Americana de Soldadura
B	Bueno
CAD	Asistente Computacional para Diseño
CAE	Asistente Computacional para Ingeniería
CIG	Cámara de Industrias de Guayaquil
CIIU	Clasificación Industrial Internacional Uniforme
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FIMCP	Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción
INEN	Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización
INSHT	Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo
ISO	Organización Internacional para la Estandarización
M	Malo
MB	Muy Bueno
MG	Motores y Generadores
N	Número
NEMA	Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
NTN	Nueva Red de Tecnología
PIB	Producto Interno Bruto
R	Regular
UC	Universidad de California
USDA	Departamento de Agricultura de Estados Unidos

SIMBOLOGÍA

A_a	Ancho de almedra
A_{tolva}	Ancho de tolva
A_w	Factor geométrico en cortante para soldadura
$^{\circ}\text{C}$	Grados centígrados
C	Carbono
C_{carga}	Factor de corrección por carga
C_{conf}	Factor de corrección por confiabilidad
CO ₂	Dióxido de carbono
C_r	Capacidad básica de carga dinámica
C_{or}	Capacidad básica de carga estática
C_{sup}	Factor de corrección por superficie
C_{tam}	Factor de corrección por tamaño
C_{temp}	Factor de corrección por temperatura
D_{tambor}	Diámetro externo del tambor
d_{tambor}	Diámetro interno del tambor
D	Diámetro mayor del eje
d	Diámetro menor del eje
Db	Decibeles
Dist	Excentricidad entre el centro geométrico de la tolva y los pernos
D_{perno}	Diametro del perno
d_{polea}	Diámetro primitivo de la polea conducida
E	Espesor de la plancha
E_a	Espesor de almendra
Ec.	Ecuación
e_{tambor}	Espesor del tambor
F	Fuerza sobre el eje debido a la tensión de la polea
F'	Fuerza aplicada en el perno
F''	Fuerza creada por el momento
f_b	Fuerza flectora por unidad de longitud de garganta
F_c	Fuerza dinámica en la corredera.

$F. C_{agarre}$	Factor de corrección por agarre
$F. C_{frecuencia}$	Factor de corrección por frecuencia de manipulación
$F. C_{giro}$	Factor de corrección por giro
$F. C_{vertical}$	Factor de corrección por desplazamiento vertical
F_f	Fuerza de arranque o fricción
f_R	Fuerza resultante por unidad de longitud de garganta en la soldadura
F_S	Factor de servicio
F_{total}	Fuerza total a la cual está sometido el perno crítico
f_v	Fuerza cortante por unidad de longitud de garganta
g	Aceleración de la gravedad
gr	Gramo
HP	Caballos de Fuerza
hr	Hora
Hz	Hercios
in	Pulgadas
Kg	Kilogramo
K_f	Concentrador de esfuerzo por fatiga.
KN	Kilonewton
K_t	Concentrador de esfuerzo geométrico
K_t	Concentrador de esfuerzo por fatiga
K_K	Constante de kicks
kW	Kilovatios
L_1	Longitud nominal inicial
L_2	Longitud nominal final
L_a	Longitud de almendra
L_{10h}	Vida nominal del rodamiento con 90% de confiabilidad
L_{tolva}	Longitud de tolva
lts	Litros
$L_{rodillo}$	Longitud del rodillo
M	Momento que existe en la polea debido a las tensiones de la banda.
m	Metro
m_c	Masa de la corredera
M_{alm}	Masa equivalente de almendras cuando la tolva está totalmente llena

M_{max}	Momento flector máximo
mm	Milímetros
M_l	Almendras por lote
M_{perno}	Momento aplicado a los pernos
M_t	Producción neta
M_{tolva}	Masa equivalente obtenida para la tolva
M_s	Momento flector de la junta soldada
Mpa	Megapascales
N	Newton
N_{alm}	Número de almendras posibles dentro de la tolva
Na-OH	Soda cáustica
n	Tasa de producción de lotes
η_{banda}	Eficiencia de la banda
η_e	Factor de seguridad estático
η_f	Factor de seguridad en fatiga
η_{lado}	Numero de lados que soportan la fuerza
η_{motor}	Eficiencia del motor
η_{perno}	Numero de pernos que soportan la fuerza por lado
η_{poleas}	Eficiencia del sistema de bandas y poleas.
$n_{rodillos}$	Numero de rodillos
η_{total}	Eficiencia total del sistema de transmisión de potencia
η_w	Factor de seguridad de la junta soldada
P	Potencia requerida para el proceso de pelado
p	Constante del tipo de rodamiento a escoger; rodamiento de bolas
$P_{diseño}$	Potencia real del motor
P_{lote}	Produccion por lote
P_{motor}	Potencia ideal del motor
P_r	La fuerza de reacción en el apoyo
P_{or}	Carga estática a los apoyos
$P_{rodillos}$	Potencia recibida por los rodillos
P_t	Fuerza aplicada en la tolva
P_{tolva}	Profundidad de tolva
q	Factor de sensibilidad a la muesca

R	Factor de reducción de velocidad
r	Radio de curvatura del cambio de sección
R_1	Factor de reducción en el primer juego de poleas.
R_2	Factor de reducción en el segundo juego de poleas.
Rt_1	Reacción total en el apoyo 1
Rt_2	Reacción total en el apoyo 2
R_{1y}	Reacción en el apoyo 1 en el eje y
R_{2y}	Reacción en el apoyo 2 en el eje y
R_{1z}	Reacción en el apoyo 1 en el eje z
R_{2z}	Reacción en el apoyo 2 en el eje z
r_1	Vector posición corredera.
r_2	Vector posición punto A (manivela).
r_3	Vector posición punto B (biela).
r_4	Excentricidad.
r_{perno1}	Distancia entre el centro geométrico y el perno 1
r_{perno2}	Distancia entre el centro geométrico y el perno 2
\dot{r}_1	Velocidad de la corredera
\ddot{r}_1	Aceleración de la corredera
RPM	Revoluciones por minuto
S_e	Límite de resistencia a la fatiga teórica.
S_e	Límite de resistencia a la fatiga
seg	Segundos
S_{ers} :	Intervalo de esfuerzo de la resistencia en el límite de fatiga
S_{sy}	Resistencia a la fluencia por cortante
S_{ut}	Esfuerzo último del material
S_y	Esfuerzo de fluencia del material del eje
S_{yperno}	Resistencia a la fluencia del perno por tensión
T	Tensión de la banda.
t	Garganta del cordón de soldadura
T_1	Tensión de la banda en la zona superior de la polea.
T_2	Tensión de la banda en la zona inferior de la polea.
Tt_{in}	Tiempo de llenado de tolva
Tt_{out}	Tiempo de vaciado de tolva

T_s	Tiempo de selección
T_{cin}	Tiempo de llenado de cámara
T_{cout} :	Tiempo de vaciado de cámara
T_p :	Tiempo de pelado
T_t :	Tiempo total de producción por lote
T_{max}	Torque máximo
T_n	Torque nominal
V	Voltios
V_a	Volumen de la almendra
V_{tolva}	Volumen total de la tolva
W	Peso total al eje del tambor
w	Pierna de la soldadura
W_a	Peso unitario de almendra
$W_{almendras}$	Peso de las almendras por nivel
W_{tambor}	Peso del tambor
XIX	Diecinueve
θ_2	Angulo de la manivela
θ_3	Angulo de la biela
α	Inclinación principal de la tolva
α_2	Aceleración angular de la manivela
α_3	Aceleración angular de la biela
β :	Inclinación secundaria de la tolva
σ_{max_n}	Esfuerzo máximo nominal
σ_{max}	Esfuerzo normal maximo
ρ	Densidad del material del tambor
ω_2	Velocidad angular de la manivela
ω_3	Velocidad angular de la biela
σ_{AP}	Esfuerzo de aplastamiento
ω_{motor}	Velocidad de rotación del motor
$\omega_{rodillos}$	Velocidad de rotación de los rodillos abrasivos
ΔW	Variación del peso del sistema
$W_{aceptable}$:	Peso recomendado por INSHT
$W_{teórico}$:	Peso teórico

W_{tolva} :	Peso de tolva
%	Porcentaje
$\Delta\tau$	Intervalo de esfuerzo cortante en la junta soldada

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Árbol de problema	4
Figura 1.2. Partes de una almendra	6
Figura 1.3. Flujo de los pasos para obtener la almendra procesada.	8
Figura 1.4. Diagrama de proceso del pelado manual	11
Figura 1.5. Extracción de la piel de almendra manualmente.	12
Figura 1.6. Almendras remojadas en solución de agua y soda cáustica.	12
Figura 1.7. Diagrama de pelado automático por ajuste de forma.	14
Figura 1.8. Representación gráfica de un proceso de pelado por forma.	15
Figura 1.9. Diagrama del pelado automático por ajuste de fuerza.	16
Figura 1.10. Esquema del proceso de pelado por ajuste de fuerza.....	17
Figura 1.11. Diagrama del proceso del pelado abrasivo.	19
Figura 1.12. Esquema del proceso de pelado abrasivo.....	19
Figura 1.13. Diagrama de pelado con cámara de paredes abrasivas.	24
Figura 1.14. Esquema de una cámara con paredes abrasivas.....	25
Figura 1.15. Diagrama del proceso de pelado en máquina con escobillas abrasivas. ..	26
Figura 1.16. Representación gráfica de la máquina con escobillas abrasivas.....	27
Figura 1.17. Diagrama de la máquina con rodillos de superficie abrasiva.....	29
Figura 1.18. Esquema del proceso de pelado por rodillos abrasivos.	30
Figura 2.1. Metodología del diseño general	33
Figura 2.2. Metodología de diseño.	34
Figura 2.3. Esquema del flujo de la almendra en la máquina.	43
Figura 2.4. Metodología de diseño del sistema de transmisión de potencia.	44
Figura 2.5. Selección de la banda acorde a la velocidad del motor y de la potencia.....	49
Figura 2.6. Reducciones necesarias para obtener la velocidad requerida.	51
Figura 2.7. Esquema del sistema de transmisión de potencia.....	54
Figura 2.8. Diagrama de cuerpo libre de patea conducida.	55
Figura 2.9. Representación general del sistema de pelado.....	56
Figura 2.10. Metodología de diseño del sistema de pelado.	57
Figura 2.11. Diagrama de cuerpo del conjunto eje-rodillo.	58
Figura 2.12. Esquema del experimento realizado para observar el volumen que ocupa en un tubo de 4 [in].	59
Figura 2.13. Modelo matemático simplificado del eje del tambor	64

Figura 2.14. Grafico de fuerza cortante y momento flector a lo largo del eje en el plano Y-X.	66
Figura 2.15. Grafico de fuerza cortante y momento flector a lo largo del eje en el plano Z-X.....	67
Figura 2.16. Gráfico de concentrador de esfuerzo geométrico para cargas de flexión....	69
Figura 2.17. Gráfico de sensibilidad a la muesca para diferentes materiales.....	71
Figura 2.18. Factores de superficie para varios acabados en acero	73
Figura 2.19. Representación esquemática del eje soporte de rodillos abrasivos.	76
Figura 2.20. Mallado del diseño para su posterior análisis en ANSYS.....	81
Figura 2.21. Deformación total del sistema de pelado.....	81
Figura 2.22. Factor de seguridad dado por fatiga.....	82
Figura 2.23. Junta soldada de tambor-disco.....	83
Figura 2.24. Modelo de línea de la soldadura del tambor.....	84
Figura 2.25. Factores geométricos para analizar la soldadura como una línea.....	85
Figura 2.26. Grafica del intervalo de esfuerzo de resistencia a la fatiga.	88
Figura 2.27. Tipos de moleteado a utilizar.....	91
Figura 2.28. Metodología de diseño para el sistema de admisión.....	92
Figura 2.29. Ángulos críticos para el dimensionamiento de la tolva.....	93
Figura 2.30. Esquema representativo de experimento para obtener ángulo mínimo en tolva.....	93
Figura 2.31. Peso teórico recomendado en función de la zona de manipulación.....	95
Figura 2.32. Forma de calcular el peso recomendado de manipulación manual.....	96
Figura 2.33. Pernos sometidos a esfuerzos cortantes.....	98
Figura 2.34. Diagrama esquemático de la fuerza en la tolva aplicada para el diseño de pernos	98
Figura 2.35. Diagrama esquemático de las fuerzas aplicadas en los pernos.....	99
Figura 2.36. Metodología de diseño para el sistema de selección.	104
Figura 2.37. Medidas referenciales de la almendra; longitud (L_a), ancho (A_a) y espesor (E_a).....	105
Figura 2.38. Comportamiento estadístico de la almendra en sus dimensiones (longitud).	106
Figura 2.39. Comportamiento estadístico de la almendra en sus dimensiones (Ancho).	107

Figura 2.40. Comportamiento estadístico de la almendra en sus dimensiones (Espesor).	107
Figura 2.41. Esquema cinemático de mecanismo vibratorio de 4 barras.	109
Figura 2.42. Representación vectorial del mecanismo de cuatro barras	109
Figura 2.43. Esquema del sistema de almacenamiento de cascarilla.	114
Figura 2.44. Ángulo de ducto de piel de almendra.	115
Figura 2.45. Esquema del extractor NEOLINEO.	115
Figura 2.46. Especificación del extractor.	116
Figura 2.47. Simulación de velocidad de la piel en el ducto y reservorio.	116
Figura 2.48. Simulación del tipo de llenado en el reservorio.	117
Figura 2.49. Ligero contraflujo entre niveles.	117
Figura 2.50. Capas de presión a lo largo del ducto y reservorio debido al extractor. ...	118
Figura 2.51. Tipo de llenado en líneas.	118
Figura 2.52. Curva de trabajo para extractor NEOLINEO-100-Q	119
Figura 2.53. Sistema de descarga de almendra pelada.	120
Figura 2.54. Compuerta de sistema de descarga.	121
Figura 2.55. Esquema gráfico del ducto de succión.	121
Figura 2.56. Factor de seguridad en toda la estructura.	123
Figura 2.57. Sección crítica de la estructura.	124
Figura 2.58. Deformación total de la estructura dada por las cargas a la que se encuentra sometido.	124
Figura 2.59. Factor de seguridad de la estructura dada por esfuerzos fluctuantes (Fatiga).	125
Figura 3.1. Curva de posición de la corredera del mecanismo de 4 barras.	133
Figura 3.2. Curva de velocidad de la corredera del mecanismo de 4 barras.	133
Figura 3.3. Curva de aceleración de la corredera del mecanismo de 4 barras.	134
Figura 5.1. Metodología de Diseño Completa (Parte 1)	155
Figura 5.2. Metodología de Diseño Completa (Parte 2)	156
Figura 6.1. Ficha técnica para obtener la carga máxima de manipulación manual de carga.	163
Figura 6.2. Malla electrosoldada ecuatoriana.	164
Figura 7.1. Prototipo, sección de pelado	170
Figura 7.2. Prototipo, vista isométrica.	170
Figura 7.3. Fabricación de prototipo.	170

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Tamaño de almendra.....	10
Tabla 1.2. Tamaño de almendra.....	10
Tabla 1.3. Parámetros de calificación para cada alternativa y su respectivo valor.....	21
Tabla 1.4. Descripción de criterios para la obtención de la solución.	22
Tabla 1.5. Matriz de decisión del proceso de pelado.....	23
Tabla 1.6. Descripción de criterios para la obtención de la solución.	31
Tabla 1.7. Matriz de decisión del tipo de máquina.....	32
Tabla 2.1. Consideraciones de producción.	38
Tabla 2.2. Consideraciones de operación del equipo.....	39
Tabla 2.3. Características de la semilla.....	41
Tabla 2.4. Propiedades de los materiales para la fabricación.	42
Tabla 2.5. Almendra y semilla. Porcentaje de semilla. Fuerza de pelado.	45
Tabla 2.6. Especificaciones motores trifásicos.....	47
Tabla 2.7. Características mecánicas principales del sistema de transmisión de potencia.	47
Tabla 2.8. Diámetro de la polea mínimo según la potencia del motor.....	50
Tabla 2.9. Especificaciones y dimensiones del tambor.	62
Tabla 2.10. Factores de confiabilidad para diseño por fatiga.....	74
Tabla 2.11. Factores de corrección para la resistencia a fatiga del eje de los tambores abrasivos.	75
Tabla 2.12. Intervalos de esfuerzo de resistencia en el límite de fatiga.	88
Tabla 2.13. Tamaños mínimos de soldaduras en filetes.	90
Tabla 2.14. Especificaciones de la tolva a fabricar.....	94
Tabla 2.15. Pesos recomendados para una carga en condiciones ideales de levantamiento.	95
Tabla 2.16. Factores de corrección por manipulación de cargas.	97
Tabla 2.17. Especificaciones métricas y resistencias para pernos de acero.....	102
Tabla 2.18. Medidas a las cuales el 50% de las almendras estarán por debajo.	108
Tabla 2.19. Dimensiones principales de mecanismo de vibración.	110
Tabla 2.20. Aceleraciones obtenidas del desarrollo del mecanismo biela-manivela- corredera.	113

Tabla 2.21. Fuerzas obtenidas del desarrollo del mecanismo biela-manivela-corredera.	113
Tabla 2.22. Cargas en la estructura.	122
Tabla 3.1. Componentes principales del sistema de transmisión (Motor).	126
Tabla 3.2. Componentes principales del sistema de transmisión (Bandas).	126
Tabla 3.3. Componentes principales del sistema de transmisión (Poleas).	127
Tabla 3.4. Resultados obtenidos del sistema de admisión.	128
Tabla 3.5. Resultados obtenidos del sistema de pelado (rodillos abrasivos).	129
Tabla 3.6. Resultados obtenidos del sistema de pelado (eje).	129
Tabla 3.7. Resultados obtenidos del sistema de pelado (rodamientos).	130
Tabla 3.8. Resultados obtenidos del sistema de pelado (tambor).	130
Tabla 3.9. Resultados obtenidos del sistema de descarga.	132
Tabla 3.10. Dimensiones del orificio en la malla electrosoldada.	132
Tabla 3.11 Sistema de almacenamiento de piel. (Ducto).	135
Tabla 3.12. Sistema de almacenamiento de piel. (Reservorio).	136
Tabla 3.13. Sistema de almacenamiento de piel. (Extractor de aire).	136
Tabla 3.14. Resultados de la estructura.	137
Tabla 3.15. Lista de materiales.	138
Tabla 3.16. Vida útil y depreciación de cada material.	139
Tabla 3.17. Costo de instalación.	140
Tabla 3.18. Costo de electricidad.	140
Tabla 3.19. Costo de materia prima.	140
Tabla 3.20. Costo de mano de obra.	140
Tabla 3.21. Costo de mantenimiento.	141
Tabla 3.22. Detalle del ahorro en la empresa.	141
Tabla 3.23. Flujo de efectivo del mes cero al tercer mes.	141
Tabla 3.24. Flujo de efectivo del cuarto mes al sexto mes.	142
Tabla 3.25. Flujo de efectivo del séptimo mes al noveno mes.	142
Tabla 3.26. Flujo de efectivo del décimo mes al décimo segundo mes.	142
Tabla 3.27. Tabla de índices de rentabilidad.	143
Tabla 6.1. Factores de Servicios Típicos.	157
Tabla 6.2. Selección de transmisión en existencia para banda convencional A.	158
Tabla 6.3. Datos técnicos para motores trifásicos del tipo de jaula de ardilla.	159
Tabla 6.4. Eficiencias típicas de bandas comerciales.	160

Tabla 6.5. Aplicaciones en maquinarias y vida requerida para rodamientos	161
Tabla 6.6. Rodamiento rígido de Bolas	162
Tabla 6.7. Muestra para toma de datos de las dimensiones de las almendras (Parte 1).	164
Tabla 6.8. Muestra para toma de datos de las dimensiones de las almendras (Parte 2).	165
Tabla 6.9. Parámetros estadísticos de la toma de medidas de las almendras.	166
Tabla 6.10. Características técnicas de extractores NEOLINEO.....	167
Tabla 6.11. Dimensiones de los extractores acorde a SODECA.....	168

ÍNDICE DE PLANOS

- PLANO 1. Ensamble general – Plano general
- PLANO 2. Ensamble general – Vista explosionada
- PLANO 3. Sistema de admisión – Plano general
- PLANO 4. Sistema de admisión – Plano de armado
- PLANO 5. Sistema de admisión. Vista Explosionada
- PLANO 6. Cuerpo de tolva – Plano de armado
- PLANO 7. Cuerpo de tolva – Plano de corte
- PLANO 8. Tapa tolva
- PLANO 9. Puerta tolva
- PLANO 10. Placa de ajuste
- PLANO 11. Sistema de selección – Plano general
- PLANO 12. Sistema de selección – Vista explosionada
- PLANO 13. Sistema de selección – Vista de detalle
- PLANO 14. Tamiz (1)
- PLANO 15. Tamiz (2)
- PLANO 16. Biela
- PLANO 17. Rampa de admisión
- PLANO 18. Riel
- PLANO 19. Sistema de transmisión - Plano general
- PLANO 20. Sistema de transmisión - Plano de armado
- PLANO 21. Sistema de pelado – Plano general
- PLANO 22. Sistema de pelado – Vista explosionada
- PLANO 23. Rodillo – Plano general
- PLANO 24. Rodillo – Vista explosionada
- PLANO 25. Rodillo – Plano de armado
- PLANO 26. Eje
- PLANO 27. BUJE
- PLANO 28. Disco
- PLANO 29. Brida
- PLANO 30. Guia
- PLANO 31. Guarda de poleas
- PLANO 32. Sistema de almacenamiento de piel – Plano general

PLANO 33. Sistema de almacenamiento de piel – Vista explosionada
PLANO 34. Tolva de succión
PLANO 35. Ducto de succión
PLANO 36. Reservorio de piel (1)
PLANO 37. Reservorio de piel (2)
PLANO 38. Puerta de reservorio
PLANO 39. Sistema de descarga – Plano general (1)
PLANO 40. Sistema de descarga – Plano general (2)
PLANO 41. Sistema de descarga – Plano de armado
PLANO 42. Estructura – Plano general
PLANO 43. Estructura – Vista explosionada
PLANO 44. Estructura de soporte (1)
PLANO 45. Estructura de soporte (2)
PLANO 46. Bandeja
PLANO 47. Pared
PLANO 48. Cubierta perforada

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo contiene el proceso para llevar a cabo el diseño de una máquina peladora de semillas de almendras que comprende la descripción del problema, objetivos, argumentación teórica, análisis y evaluación de alternativas de solución, la metodología de diseño y el diseño conceptual. Se describe de forma sintetizada y objetiva cada una de las etapas del proceso de diseño antes mencionadas, incluyendo los resultados obtenidos de las actividades realizadas.

En el Capítulo 1, se logra observar todos los antecedentes recopilados después de una exhaustiva investigación, obteniendo la descripción del problema explicado en breve en la figura 1.1, detallando lo que se va a resolver con todos los requerimientos, limitaciones y restricciones que tiene el proyecto. Igualmente se observa los objetivos generales y específicos que se pretende alcanzar al término del proyecto y el marco teórico que es una pequeña recopilación de la investigación previa.

En el Capítulo 2, se inicia con la descripción de la metodología del diseño, siguiendo un modelo de proceso estructurado según (Norton, 2011); inicia con el diseño conceptual, las alternativas y descripción de diseño, terminando con la selección de la mejor opción. Una vez seleccionado cada sistema, se especifica el diseño detallado del producto final destacando los procesos de fabricación, selección de materiales y normas necesarias para estandarizar y validar dicho diseño. El diseño de los componentes mecánicos se basa en la determinación de factores de seguridad considerando las condiciones en las que trabaja el elemento, relacionando dos parámetros, la resistencia del material y el esfuerzo al que está sometido.

El factor de seguridad permite establecer si un material sometido a esfuerzos mecánicos sufrirá alguna falla o fractura. Por otro lado, toda máquina requiere de una fuente de energía. Los motores eléctricos son muy utilizados para proveer de energía mecánica a una gran cantidad de sistemas, y su potencia se puede determinar relacionando la velocidad de rotación del eje de salida con el respectivo torque que este recibe.

Las fuerzas dinámicas originadas por el movimiento de las piezas que conforman la máquina se determinan comparando la masa de las mismas con su respectiva aceleración.

En el Capítulo 3, se describe los resultados, se incluye un análisis exhaustivo del diseño final junto con un análisis de costos y factibilidad del proyecto. En este capítulo se analiza las limitaciones del diseño obtenido de la metodología, en el análisis de costo se estima el retorno de la inversión y se analizan los índices de rentabilidad.

En el Capítulo 4, se discuten los puntos más importantes en los resultados que se generaron y se presenta la conclusión con un análisis global del proyecto, al final se presentan las recomendaciones para potenciar el sector agrícola con la implementación de maquinaria hecha en Ecuador.

1.1 Descripción del problema

El sector industrial ecuatoriano actualmente se encuentra atravesando una etapa de transición como consecuencia de las nuevas políticas productivas que se intentan establecer de forma sostenible. Según la Cámara de Industrias de Guayaquil (CIG), el sector industrial en el país se ha consolidado como uno de los que más aporta al crecimiento económico, después de las actividades comerciales, con una contribución aproximada de 14 puntos porcentuales al producto interno bruto de la nación. No obstante, durante mucho tiempo las ramas manufactureras no han logrado un desarrollo realmente notable, siendo muy pocas las industrias que presentan avances significativos en sus procesos productivos, este trabajo se alinea al plan del buen vivir acorde a la zona 5 y 8 a través del uso de tecnologías prácticas e innovadoras. Las importaciones del sector industrial representan el 48% de las importaciones totales que se realizan en el país (Cámara de Industrias de Guayaquil, 2009).

La producción de alimentos contribuye con la mayor parte del PIB industrial, sin embargo, muchos de los productos que presentan altos índices de consumo local no son elaborados en el país, entre los que destacan las

semillas y frutos secos (Horna, Guachamín, & Osorio, 2009). Los principales importadores de frutos secos como las almendras y las nueces que se ofrecen normalmente en los supermercados son provenientes de Chile y Argentina, y se venden a precios relativamente altos como resultado de los costos de importación (Ministerio de Comercio Exterior, 2015).

Las empresas que se especializan en el procesamiento de frutos secos generalmente clasifican y ordenan las almendras empleando métodos artesanales que implican la interacción directa entre el trabajador y las semillas (Hatwar, 2015). En ocasiones, el volumen de fruto producido suele ser el suficiente para abastecer el segmento de mercado hacia el cual dirigen su producto, sin embargo, existen factores de igual relevancia que pueden perjudicar su participación en el mismo, como la calidad de la semilla que comercializan y el tiempo que se requiere para entregar un determinado pedido de almendras.

Por otro lado, entre los procesos artesanales más utilizados para extraer la piel de las almendras está aquel que implica la utilización de soda cáustica (Na-OH). Este proceso puede llegar a ser peligroso por la toxicidad del material usado y el poco cuidado que se tiene al implementar este tipo de aditivo (UNILEVER, 2013). Esta es una de las causas principales por lo que se intenta evitar químicos que puedan alterar al producto final y afectar la salud del consumidor. Es por eso que se propone automatizar el proceso de pelado de almendra que resulta menos invasivo y perjudicial al producto final.

Así como la salud, el medio ambiente es otro factor determinante al momento de valorar un proyecto; la producción de productos agrícolas tiene efectos ambientales, en este caso en particular, el árbol de la almendra, acorde a un estudio realizado en la Universidad de California (UC), se argumenta que son amigables con el medio ambiente, recopilando cantidades significativas de dióxido de carbono (CO₂) y combatiendo los gases de invernadero en su tiempo de vida (25 años), por esta razón, la industria de la almendra ha venido creciendo en los últimos años en todos los países agrícolas, siendo Ecuador uno de ellos (Kendall, Marvinney, Brodt, & Zhu, 2015). Es por ello

que resulta viable incentivar el crecimiento de la industria alimenticia, con el objetivo de mejorar tanto el sector primario como el secundario, reduciendo paralelamente el impacto ambiental. De igual forma, se presentarían oportunidades de aprovechar los subproductos obtenidos del procesamiento de la almendra (corteza y piel) para la elaboración de diferentes sustancias orgánicas (abono, etc.) (Dominguez, Dominguez, & Renedo, 2016).

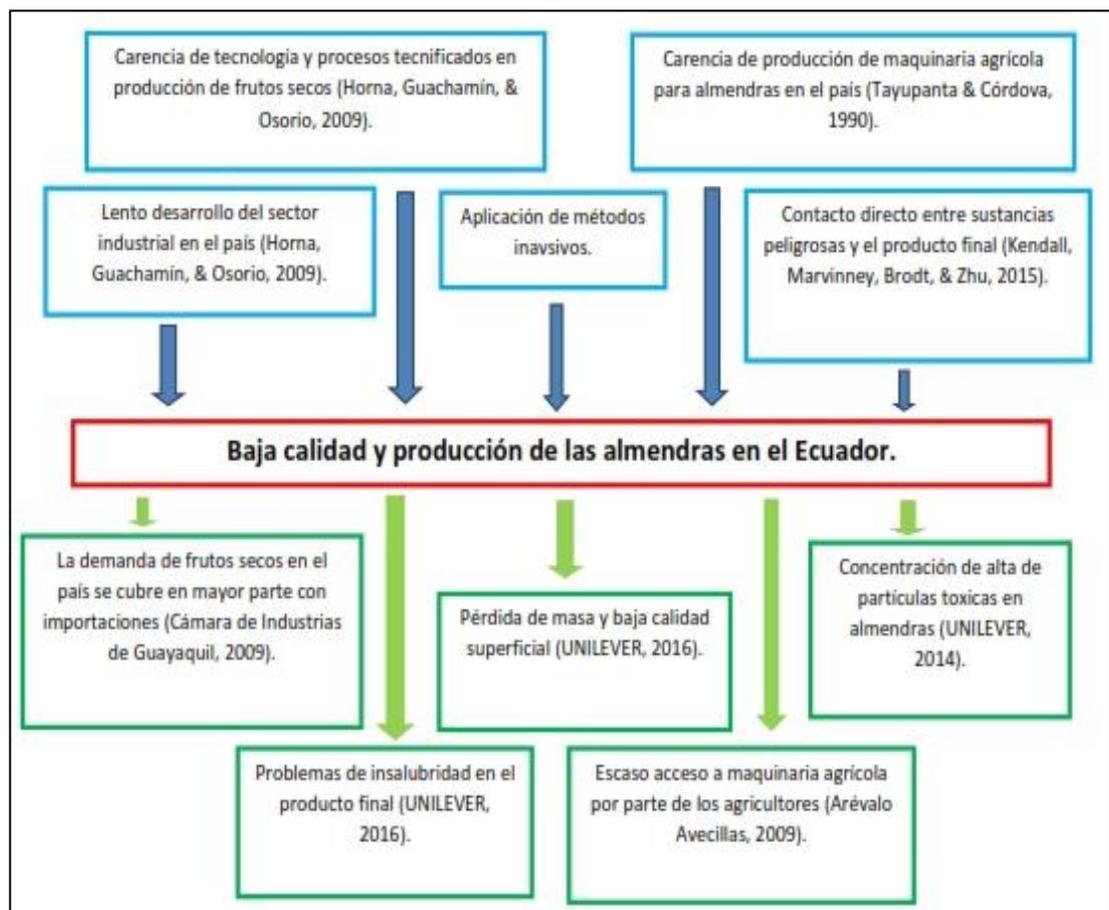


Figura 1.1. Árbol de problema

Fuente: Pintado, Garcés, 2016.

Elaboración propia.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Diseñar una máquina para extraer la piel de la semilla de la almendra de forma automatizada, incrementando de esta forma la producción e incentivando el crecimiento del sector industrial.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Diseñar un sistema mecánico mediante el uso de ingeniería de precisión, factores de seguridad y herramientas digitales (CAD y CAE), para dimensionar y seleccionar los componentes del sistema.
- Desarrollar una ficha técnica con las especificaciones que tendrá el producto final.
- Generar planos de fabricación y ensamblaje con las normas técnicas de dibujo mecánico.
- Analizar los costos para la construcción y comercialización de la máquina.

1.3 Marco teórico

1.3.1 Almendras

Las almendras son de origen asiático, específicamente del sudeste de Rusia, Irán y Afganistán. Se comenzaron a propagar por toda Europa, llegando posteriormente a América e introduciéndose a California, la región que hoy es el más grande productor de almendras del mundo (80% de la producción). Después del paso por América del Norte, bajó por América Central, llegando al Ecuador rodeando el siglo XIX (Universidad de Chile, 2007).

El almendro es el árbol donde crecen las almendras, demandan de un clima mediterráneo junto con un suelo de calidad moderada; la principal peculiaridad de este árbol frutal es que la semilla (almendra) es la parte comestible, logramos observar sus partes en la figura 1.2. Se pueden clasificar de distintas maneras, por su cáscara. Se encuentran cáscara blanda y cáscara dura dependiendo de la fecha de floración del árbol (United Nations, 2007).

Así mismo, se pueden clasificar por su sabor, dulces o amargas, donde las almendras dulces son las comestibles (fruto seco) con gran aporte

energético, mientras que las amargas son tóxicas y pueden llegar a ocasionar grandes daños al organismo del ser humano. Indiferentemente de la clasificación, las almendras tienen una gran variedad que difieren por su apariencia y tamaño, como ejemplo se puede mencionar al Non pareil, esta variedad de almendras es una de las principales y muy reconocida en muchos países por su gran atractivo, (Iannamico, 2012). Se puede observar dicha variedad en la figura 1.2

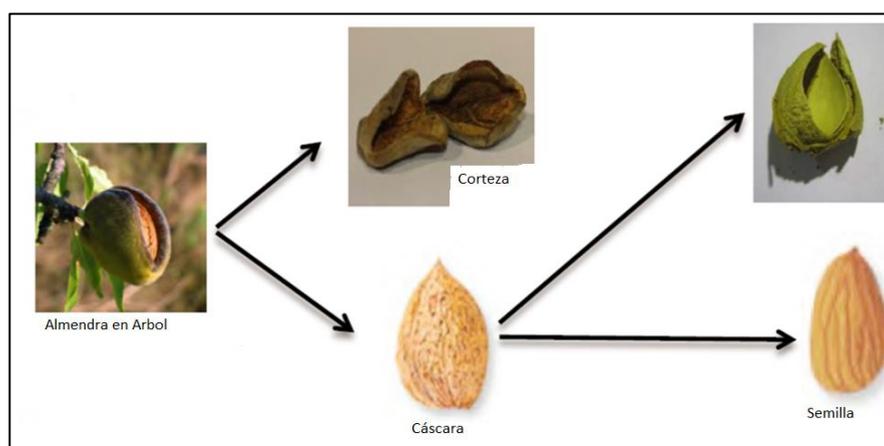


Figura 1.2. Partes de una almendra

Fuente: (Fielke, 2012).

Las almendras necesitan pasar por un proceso para lograr ser totalmente comestibles y sin impurezas. En la siguiente sección se detallará una descripción general del proceso y los tipos de producto final (pelado, tostado, etc.) que se obtienen en el mercado.

1.3.2 Proceso primario de producción.

El proceso de producción de la almendra se puede observar en la figura 1.3. El proceso de producción primario comprende desde la plantación hasta la cosecha de la almendra, y como resultado se obtienen las variedades de la semilla cambiando desde cáscara blanda a dura, amarga o dulce, dependiendo del tipo de proceso (Food and Agricultural Industry, 1995).

Primero se comienza con la plantación, muy importante. Se necesita realizar con las condiciones requeridas para el potencial adecuado,

cuidando de las enfermedades y plagas comunes del almendro. Después existe un paso opcional, la poda, que sirve usualmente para un rejuvenecimiento de la planta. Se lo realiza en los años de formación para recobrar nuevas y mejores ramas. El riego posee un efecto positivo en la producción, pero puede llegar a consumir grandes cantidades de agua, por lo que este proceso se encuentra actualmente en tecnificación (Kendall, Marvinney, Brodt, & Zhu, 2015).

El proceso continúa con la fertilización, con sus respectivos análisis foliares para observar el aumento de los nutrientes de la almendra y de esta manera, mejorar las aplicaciones permanentes de dicha fertilización. Y la Cosecha, que trata sobre la recolección de todas las variedades obtenidas en sus respectivos huertos. La recolección varía si es de manera industrial (con tractores) o de manera artesanal (caña y colocando lienzo extendido por debajo de los almendros) (Universidad de Chile, 2007).

Aparte, se debe tomar en cuenta las plagas que afectan los almendros, especialmente en América del Sur se encuentran la arañita parda y roja, y la escama de San José (Dominguez, Dominguez, & Renedo, 2016).

1.3.3 Proceso secundario de producción.

La producción de las almendras comprende dos etapas luego de que son cosechadas directamente del campo. El procesamiento de la semilla en sí, y un proceso final en donde el producto se sofisticada de varias maneras. Para llevar a cabo ambas fases, por lo general, se requieren equipos e instalaciones con diferencias marcadas. Existen básicamente dos tipos de instalaciones industriales para el procesamiento post-cosecha de la almendras: aquellas que únicamente se dedican a extraer la corteza primaria del fruto (membrana verde) y las que producen la semilla pelada y sin la cascara (The Almond Board of California, 2015).

La industria de la almendra es estacional, y su vigencia depende de las condiciones climáticas. En el hemisferio norte, la producción de las semillas se intensifica en la segunda mitad del año, empezando por los meses de

agosto y septiembre y manteniendo su intensidad productiva durante los cinco meses siguientes aproximadamente. El proceso de recolección del fruto se puede realizar manualmente o utilizando elementos mecánicos para sacudir el árbol. Las almendras suelen permanecer en el suelo durante un periodo no mayor a 10 días para favorecer el secado de las mismas. Luego de esos son almacenadas en recipientes, que también incluyen ciertos escombros como hierba, ramas y algunas hojas (Food and Agricultural Industry, 1995).

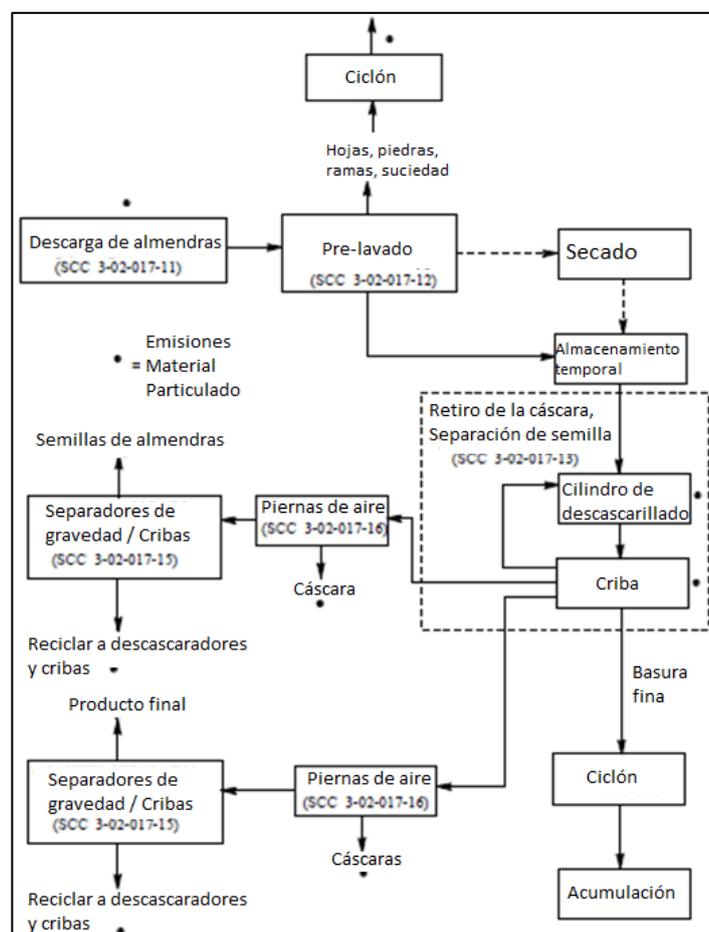


Figura 1.3. Flujo de los pasos para obtener la almendra procesada.

Fuente: (Food and Agricultural Industry, 1995).

El pelado consiste en la separación del último recubrimiento de la semilla de almendra. Este pelado puede ser realizado de manera manual, o por máquinas como la máquina de cilindros fijos, o la máquina de cilindros cónicos. El secado es posterior al pelado, porque generalmente presentan humedades de aproximadamente el 20% y un fruto seco se conserva de

mejor manera con baja humedad (<7%). En países cálidos y secos es normal dejarlos al aire libre, pero en Ecuador, que no cumple esas características, se utilizan secadores industriales constituidos por túneles de aire caliente.

1.3.4 Comercialización de la almendra

La almendra se comercializa de diferentes maneras y en varias presentaciones con la finalidad de satisfacer los requerimientos de un mercado que se muestra exigente. Las principales formas se detallan a continuación:

Entera Natural

Con especificaciones proporcionadas por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), o según las exigencias del cliente. Generalmente se las utiliza para:

- Postres recubiertos con chocolate.
- Insumos para procesamiento de productos alimenticios.

Entera Blanqueada

Regida también por las especificaciones y estándares de calidad establecidos por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA). Se suele utilizar para:

- Productos de confitería, barras personales de cereales y pastelería.
- Productos saborizantes y tostados.

Cortadas en diminutos tamaños sin tener que sacar la piel de la semilla de la almendra, el tamaño se detalla en la tabla 1.1 con todas sus especificaciones.

Se utilizan para preparar:

- Cereales integrales.
- Gastronomía decorativa.
- Aderezo para salsas y ensaladas.

- Repostería decorativa.

Tabla 1.1. Tamaño de almendra.

CLASIFICACION	TAMAÑO
Gruesa	1.5 – 1.8 mm
Normal	1.1 – 1.4 mm
Delgada	0.7 – 1.0 mm
Extra delgada	0.5 – 0.7 mm

Fuente: (Universidad de Chile, 2007)

En tiras, naturales o blanqueadas

Siendo el tamaño una de las principales características detalladas en la tabla 1.2:

Tabla 1.2. Tamaño de almendra.

CLASIFICACION	TAMAÑO
Gruesa	4.0 – 6.0 mm
Mediana	3.0 – 5.0 mm
Mitades	1.5 – 3.0 mm

Fuente: (Universidad de Chile, 2007)

Se utilizan para preparar:

- Cereales integrales.
- Productos de confitería.
- Aderezo para salsas y ensaladas.
- Repostería decorativa.
- Aderezos

1.4 Análisis de alternativas de solución

Las alternativas de solución fueron elegidas analizando el problema desde diferentes puntos de vista, incluyendo procesos que actualmente se utilizan, los mismos que se detallan a continuación:

1.4.1 Generación de las alternativas de solución para el proceso de pelado.

Alternativa a.

Pelado manual utilizando soda cáustica (pelado cáustico)

La industria artesanal de producción de almendras se caracteriza por la aplicación de métodos manuales para la extracción de la piel de la semilla (figura 1.4), utilizando diferentes sustancias para facilitar la operación de pelado.

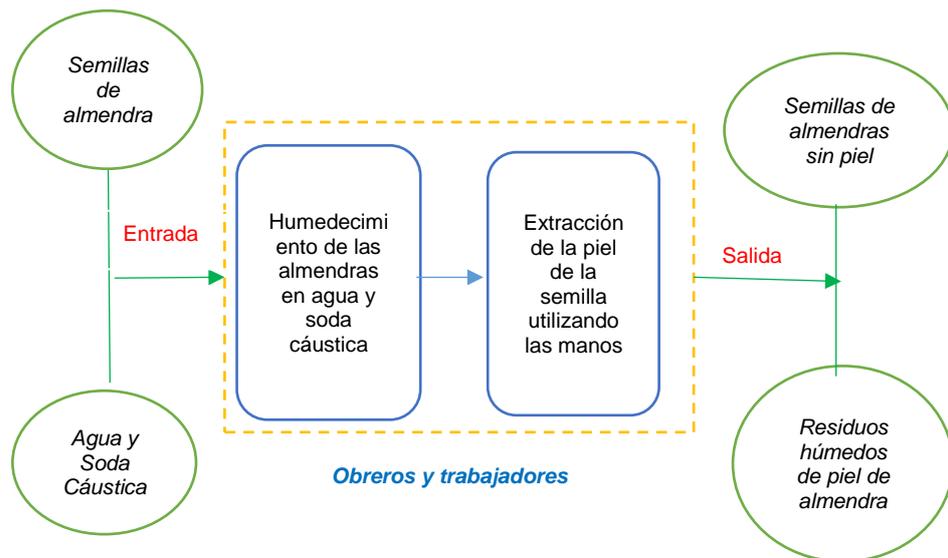


Figura 1.4. Diagrama de proceso del pelado manual

Fuente: Pintado. Garcés. 2016

Elaboración propia

Utilizar las manos para extraer la piel de las almendras (figura 1.5) es el procedimiento más utilizado por agricultores desde hace mucho tiempo atrás. El árbol de almendro produce un fruto bastante seco con una cascara de considerable dureza que lo recubre. En su interior presenta una corteza o piel de textura rugosa que se adhiere fuertemente a la semilla.

Extraer esta piel utilizando únicamente las manos sin dañar la semilla resulta una tarea complicada, razón por la cual se hace necesario utilizar algún método para ablandar la corteza exterior (figura 1.6). Generalmente se remoja la semilla en agua o en una solución con otras sustancias durante varias horas. Para acelerar el proceso se mezcla el agua con sustancias como la soda cáustica (hidróxido de calcio) para finalmente retirar la piel de forma sencilla utilizando únicamente la yema de los dedos.



Figura 1.5. Extracción de la piel de almendra manualmente.

Fuente: (González, 2011)



Figura 1.6. Almendras remojadas en solución de agua y soda cáustica.

Fuente: (González, 2011)

Ventajas del proceso

- Se obtiene una almendra completamente pelada y entera, sin picaduras ni daños en la superficie de la misma.
- No hay consumo de energía eléctrica o mecánica durante el proceso debido a que se realiza manualmente.

Desventajas del proceso

- Baja producción de almendras peladas por unidad de tiempo, debido a que se extrae la piel de una sola almendra a la vez.
- Se requiere la utilización de más de una persona para poder producir una cantidad aceptable de almendras peladas, lo cual implica un incremento en los costos de capital de trabajo.
- Se utilizan recursos ambientales ya que incurren en el consumo de una determinada cantidad de agua en función del tamaño de la producción, así como también de sustancias complementarias del proceso.
- Existe contacto directo entre la persona y el producto alimenticio, lo cual puede derivar en algún tipo de contaminación cruzada o falta de higiene en caso de que no se tomen medidas adecuadas de salubridad.

Alternativa b.

Pelado automático por ajuste de forma

La inclusión de procesos tecnificados en el procesamiento de frutos secos ha surgido como respuesta a la necesidad de incrementar la producción de alimentos nutritivos y que aporten para mejorar la dieta de los seres humanos.

Para extraer la piel de la almendra es posible utilizar diferentes elementos mecánicos unidos de tal forma que puedan llevar a cabo un proceso de pelado continuo (figura 1.7).

En el continente asiático ya se han desarrollado e implementado algunos procesos mecánicos para extraer la piel de la almendra (figura 1.8). El sistema descrito en la figura 1.7 se compone básicamente de un conjunto de ejes móviles que soportan discos dentados de polímeros con diferentes perfiles. Los discos interactúan mediante un movimiento rotacional con un cilindro hueco central con ranuras superficiales que acogen mediante un ajuste preciso a cada uno de los discos situados a lo largo de los ejes. Inicialmente las almendras ingresan por una tolva a la máquina y se desplazan por una superficie inclinada mientras son humedecidas con agua por medio de chorros, hasta que llegan al cilindro hueco central.

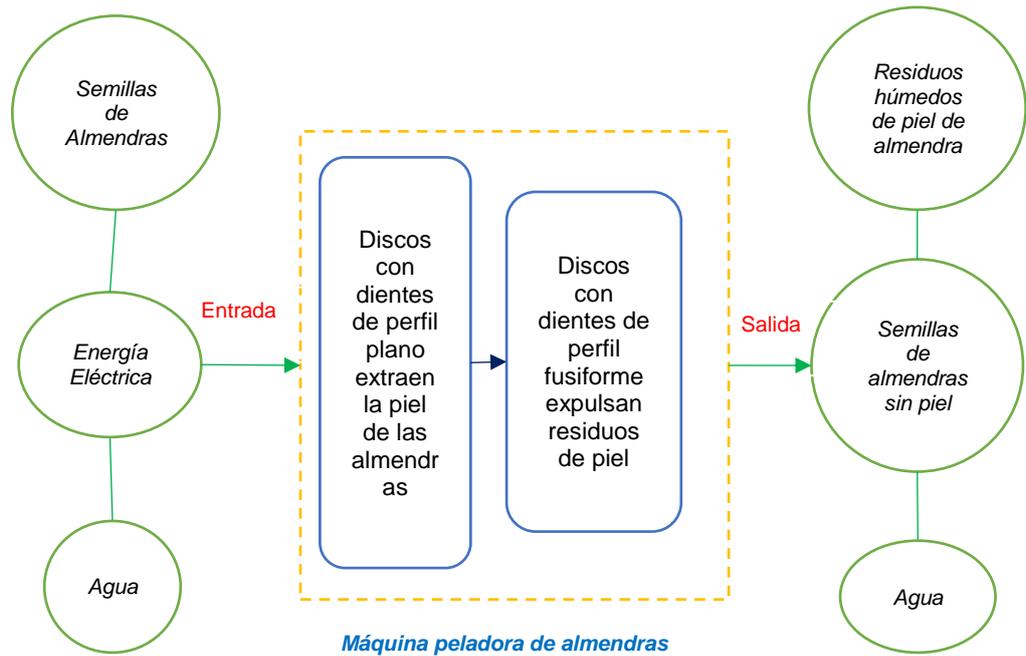


Figura 1.7. Diagrama de pelado automático por ajuste de forma.

Fuente: Pintado. Garcés. 2016.

Elaboración propia.

Posteriormente, los ejes con los discos de perfil plano empujan las semillas de almendra contra las ranuras del cilindro hueco, retirando la piel. Los discos de perfil fusiforme se encargan de limpiar las ranuras del cilindro, extrayendo los residuos húmedos de piel de almendra y enviándolos fuera de la máquina. El agua que inicialmente se utilizó para humedecer la semilla de almendra también termina fuera de la máquina de manera libre. Esto resulta un poco negativo desde el punto de vista que se utiliza el agua para el proceso y posteriormente se desecha sin proporcionarle una mayor utilidad, lo cual si es posible.

Ventajas del proceso

- Elevada producción de almendras peladas por unidad de tiempo. En promedio se pueden producir 200 [Kg/hr] de semillas de almendra sin piel.
- Requerimientos de potencia relativamente bajos, entre 1.5 y 2 [HP] según la capacidad requerida para el proceso.

- El tamaño de máquina requerido para este proceso es considerablemente pequeño (dimensiones no mayores a los 1200 [mm]) y su peso (150 [Kg]), facilita su instalación y transporte.

Desventajas del proceso

- La confiabilidad del proceso es relativamente baja.
- La manufacturabilidad de componentes para llevar a cabo este proceso se dificulta en el mercado local (discos dentados en material polimérico).
- Se incurre en el consumo de una determinada cantidad de agua en función del tamaño de la producción.
- No hay control de la salida de agua ni de los residuos de la piel de las almendras.
- Los residuos humedecidos disminuyen sus posibilidades de ser aprovechados en procesos posteriores.

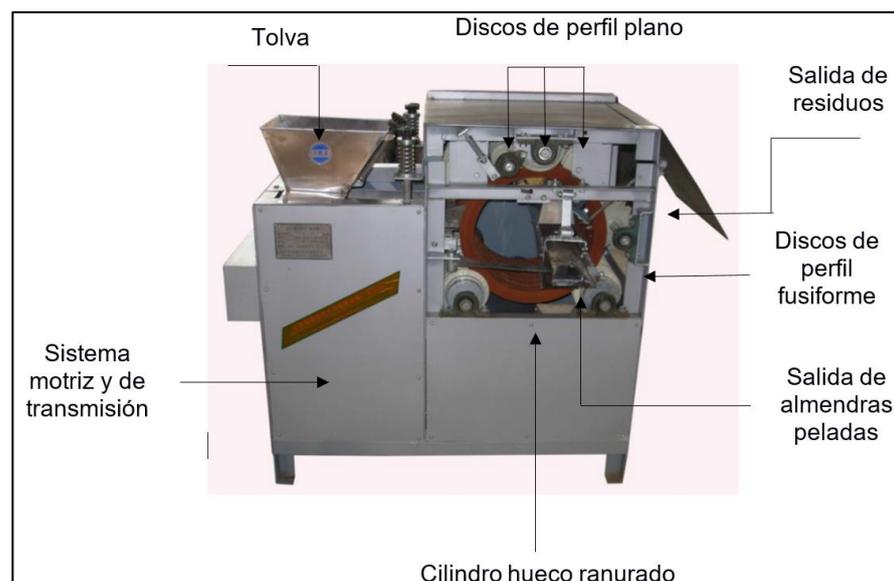


Figura 1.8. Representación gráfica de un proceso de pelado por forma.

Fuente: (Trading Company, 2010).

Alternativa c.

Pelado automático por ajuste de fuerza

El movimiento relativo entre dos superficies dentadas no solo se puede utilizar para transmitir potencia de un punto a otro. El ajuste de fuerza que se origina entre los dientes de ambas superficies puede resultar útil para

extraer la corteza que recubre a la semilla de la almendra. La interacción entre dos cilindros inscritos con sus ejes excéntricos puede complementar el ajuste necesario para llevar a cabo la operación de pelado.

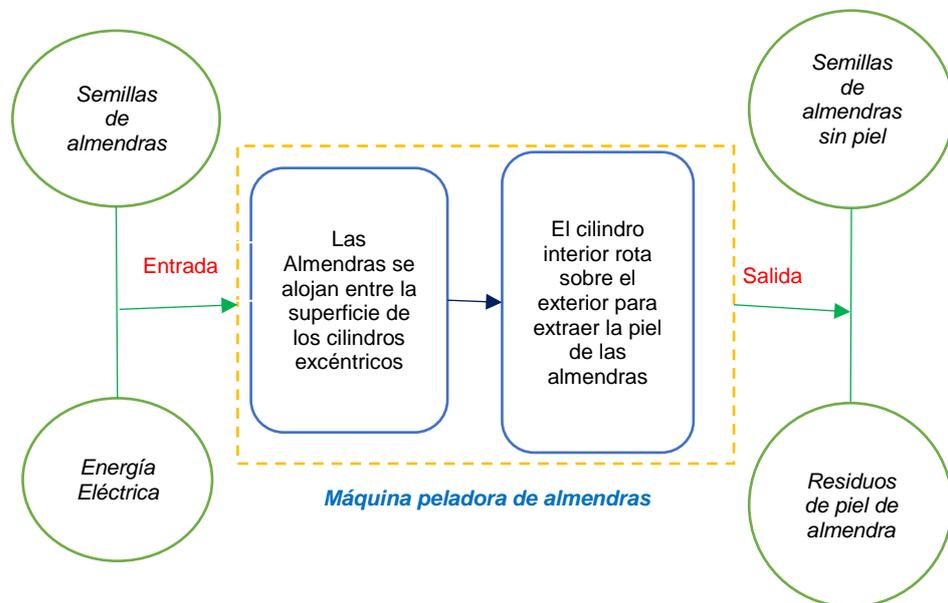


Figura 1.9. Diagrama del pelado automático por ajuste de fuerza.

Fuente: Pintado. Garcés. 2016.

Elaboración propia.

Hace varios años atrás algunos inventores estadounidenses diseñaron máquinas peladoras de almendras y maní utilizando el sistema descrito en la figura 1.9. La máquina se compone básicamente de un cilindro pequeño con una superficie dentada de perfil rectangular inscrito dentro de un cilindro de mayor diámetro, cuya superficie interna estaba ocupada por varillas lisas de acero de diferente diámetro dispuestas de forma descendente a lo largo de la circunferencia. Las almendras ingresan por medio de una pequeña tolva directamente a la superficie formada por los dos cilindros concéntricos, donde se alojan hasta que se ocupe el volumen adecuado en la misma. Posteriormente, el cilindro concéntrico más pequeño empieza a girar, presionando las almendras contra los espacios contenidos entre las varillas de la superficie interna del cilindro más grande, retirando la piel de la semilla (figura 1.10). La almendra pelada es empujada por el propio movimiento del cilindro interior hasta una abertura en la parte frontal por donde se envía tanto la semilla pelada como la piel extraída de

la misma. Adicionalmente, un mecanismo genera cierta intensidad de vibración para separar los residuos de la semilla pelada.

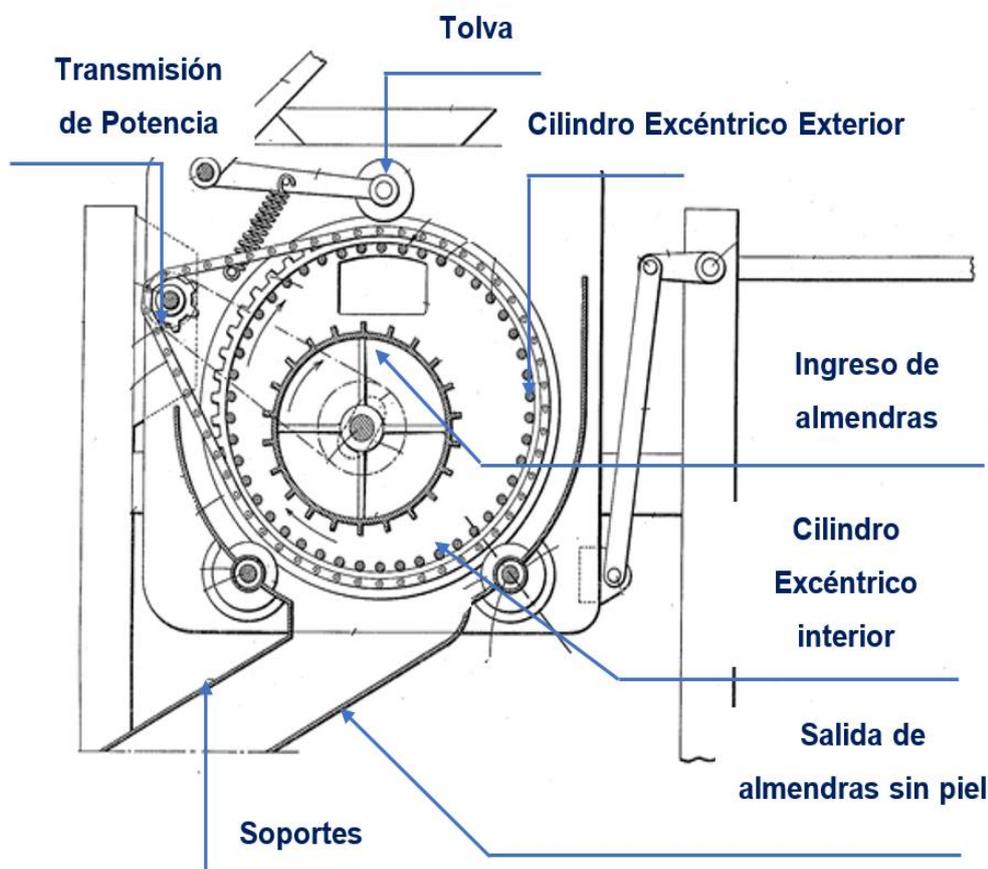


Figura 1.10. Esquema del proceso de pelado por ajuste de fuerza.

Fuente: (Estados Unidos Patente nº 2543537, 1951).

Ventajas del Proceso

- Elevada producción de almendras por unidad de tiempo utilizando un proceso de fácil operación.
- Se permite cierto rango de ajuste de los cilindros excéntricos para regular la capacidad de producción.
- No se requiere el consumo de agua o sustancias adicionales para llevar a cabo la operación de pelado.

Desventajas del Proceso

- Baja confiabilidad debido a la severidad de los mecanismos utilizados para el pelado. La interacción de las superficies dentadas tiende a picar o incluso a quebrar las semillas si no hay un ajuste preciso.

- Las almendras peladas y los residuos de la piel de la misma se envían fuera de la máquina por la misma abertura, sin separar una de otra de forma directa.
- Se requiere un consumo de energía adicional por parte del mecanismo que genera la vibración para separar la piel extraída de la almendra.
- El proceso requiere de varios elementos y conjuntos mecánicos interactuando de forma continua, lo cual incrementa el peso de los equipos y las posibilidades de falla durante el funcionamiento.

Alternativa d.

Pelado abrasivo

Los procesos abrasivos controlados son muy utilizados en la industria en general debido a sus múltiples aplicaciones en tareas relacionadas a la extracción de material de una determinada superficie. En la industria de alimentos ya se han implementado modelos de procesos de pelado para diferentes hortalizas y frutos secos que han generado resultados muy satisfactorios.

En la figura 1.11 se describe el proceso abrasivo utilizado para extraer la corteza de la semilla de algunos frutos secos como nueces, almendras, maní, entre otras. Inicialmente las almendras son transportadas hasta un recipiente o cámara cuyas superficies internas se encuentran recubiertas de capas de material abrasivo. La forma del receptáculo suele variar en función del tipo de producto que se desea pelar, considerando ciertas características de su corteza, la forma y el tamaño.

Para extraer la piel de las semillas se utiliza alguna forma de movimiento específico, desde una rotación (figura 1.10) hasta vibraciones de alta frecuencia según sea el requerimiento de pelado. Luego de llevar a cabo la operación de extracción de la piel de la semilla, se deben separar los residuos de las almendras peladas que quedaron dentro del receptáculo, para lo cual se pueden utilizar diferentes métodos de tamizado complementados con un movimiento vibratorio leve de baja frecuencia.

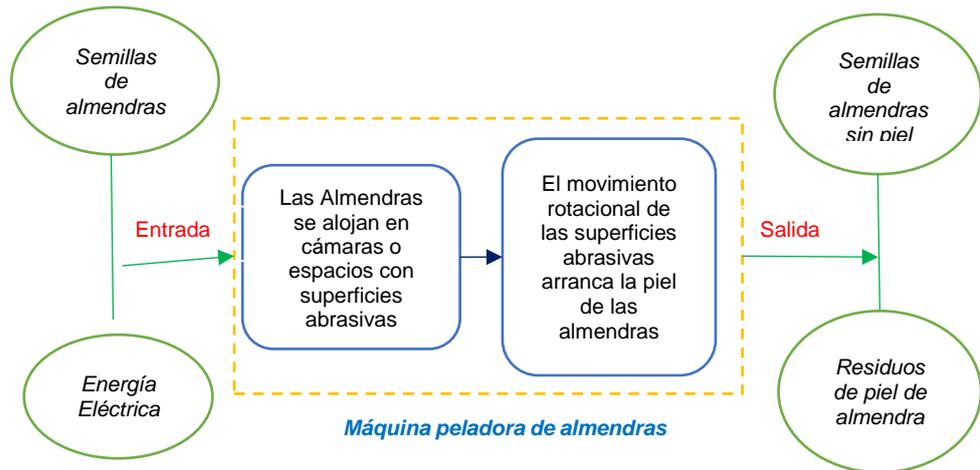


Figura 1.11. Diagrama del proceso del pelado abrasivo.

Fuente: Pintado. Garcés. 2016.

Elaboración propia.

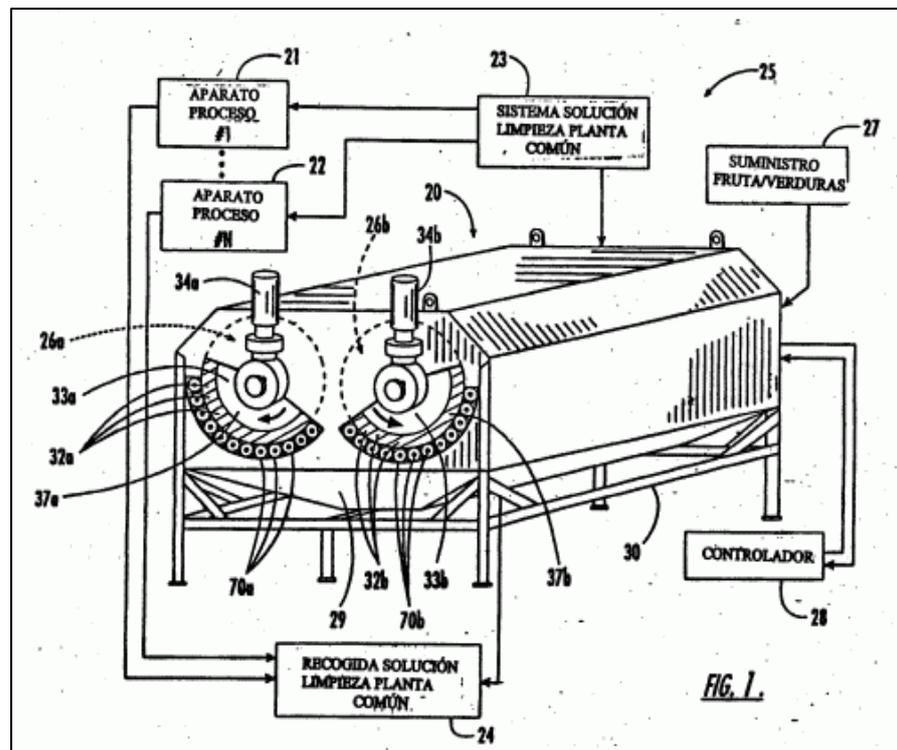


Figura 1.12. Esquema del proceso de pelado abrasivo.

Fuente: (España Patente nº A23N 7/02, 2013).

La máquina que se logra percibir en la figura 1.12. es en el entorno agrícola, una de las máquinas más comunes por tener grandes capacidades de adaptabilidad de procesos pudiendo adecuarse en algunas industrias artesanales; asimismo, la mantenibilidad y la confiabilidad es

relativamente alta por su ergonomía y capacidad de observar y supervisar el pelado sin problemas ni riesgos de accidentes.

Ventajas del proceso

- Elevada producción de almendras peladas por unidad de tiempo. La producción está en función del tamaño del receptáculo abrasivo.
- Requerimientos de fuerza o torque relativamente bajos. Las superficies abrasivas retiran la piel solamente al contacto con la semilla.
- Alta confiabilidad en el proceso de pelado. El contacto abrasivo se puede prolongar de tal forma que se garantice una extracción completa de la piel de la semilla.
- No se requiere utilizar sustancias adicionales, como agua, para llevar a cabo el proceso. La semilla ingresa directamente a la zona de pelado.

Desventajas del Proceso

- El tiempo de pelado debe ser controlado de forma muy precisa.
- Los componentes requieren procesos de manufactura complicados.

1.4.2 Evaluación de las alternativas de solución para el proceso de pelado.

Durante el análisis técnico de un problema, comúnmente se presentan diferentes soluciones que satisfacen los requerimientos de diseño. El proceso de selección implica un análisis comparativo de las diferentes opciones de diseño disponibles. Una matriz de decisión es muy útil al momento de identificar la mejor alternativa de solución obligando a considerar varios factores de manera sistemática.

Cada una de las alternativas de solución ocupa una columna en la matriz, mientras que los diferentes criterios definidos para evaluar las alternativas se muestran en las filas. Las categorías tienen además un factor de ponderación que representa la importancia relativa de las mismas en la solución que se requiere implementar. Las celdas restantes de la matriz se llenan con números y letras que ubican a cada alternativa en una escala definida pertinentemente por quien desarrolla el proceso de diseño en función de los criterios establecidos.

Es importante no dejar a un lado el hecho de que la clasificación y asignación de valores dentro de la escala son subjetivas, y para lo cual, se debe llevar a cabo un juicio crítico de las mismas. Para obtener los resultados, se multiplican las calificaciones con sus respectivos factores de ponderación y se suman los valores obtenidos para cada criterio. La alternativa de diseño con la mayor cantidad de puntos porcentuales será aquella que cumpla de manera más satisfactoria los criterios establecidos, presentándose tentativamente como la mejor solución.

El número de matrices de decisión que se desarrollarán para resolver el problema son al menos dos, y su estructura puede variar según el criterio propio de quien la realiza. En este caso, se elegirán 4 rangos cualitativos para evaluar cada alternativa con cada criterio (Norton, 2011).

Estos rangos (tabla 1.3) estarán definidos con números arbitrarios asumiendo una relación lineal, de esta forma, se obtienen parámetros cuantitativos que permiten calificar cada una de las alternativas de forma definida y en función de los requerimientos que se pretenden cumplir, de la siguiente manera:

Tabla 1.3. Parámetros de calificación para cada alternativa y su respectivo valor.

PARÁMETRO CUANTITATIVO	REPRESENTACIÓN	VALOR
Muy Bueno	MB	4
Bueno	B	3
Regular	R	2
Malo	M	1

Fuente: Pintado. Garcés. 2016.

Elaboración propia.

Respecto a los criterios definidos para analizar y seleccionar la mejor alternativa (tabla 1.4), se asumieron ponderaciones con valores del 1 al 10, tomando en cuenta requerimientos generales de una máquina con su respectiva importancia.

Tabla 1.4. Descripción de criterios para la obtención de la solución.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN	PONDERACIÓN
Calidad	Se refiere a la cantidad de piel que se logró retirar de la semilla sin despedazarla. Se evalúa simultáneamente el porcentaje de la piel de la semilla que fue retirada y el tamaño final con respecto a cómo inició.	7
Tiempo	Hace referencia al tiempo que se requiere para pelar una determinada cantidad de almendras implementando la alternativa que se analiza.	9
Seguridad	Se refiere al nivel de seguridad que tiene el operador al llevar a cabo el proceso de pelado mediante la alternativa que se analiza. Se relaciona directamente con el riesgo de que ocurra algún incidente durante el proceso.	8
Costo	Evalúa el costo que implica realizar el proceso de pelado utilizando la alternativa que se analiza, incluyendo la inversión inicial.	7
Salubridad e higiene	Se refiere a la higiene y asepsia del proceso junto con el estado final de la almendra pelada, en relación a los riesgos de salud que puede implicar para el consumo humano.	8

Fuente: Pintado. Garcés. 2016.

Elaboración propia.

Una vez ponderado los diferentes criterios, fue necesario realizar las respectivas calificaciones para cada alternativa y de esta manera optar por la mejor elección (tabla 1.5).

Para la primera matriz de decisión, se obtuvo como mejor alternativa al proceso de pelado por abrasión (ver tabla 1.5), uno de los criterios que más influyó en dicha selección es el tiempo requerido (tabla 1.4) para obtener el producto final (almendras peladas) debido a su gran importancia para toda producción.

Se obtuvieron dos alternativas aceptables por haber cumplido al menos el 70% de los parámetros expuestos (pelado automático con discos dentados y el abrasivo) sin embargo, se decidió finalmente por el proceso abrasivo, por generar más seguridad en el proceso (la máquina del proceso abrasivo siempre se encontrará cubierto por metal o material acrílico que no tiene repercusiones en la calidad del producto final, mientras que la máquina por

pelado con cilindros dentados se encontrará al libre acceso del operador, en funcionamiento).

A continuación, se presenta la matriz de decisión realizada para seleccionar el mejor proceso de pelado de la semilla de almendra.

Tabla 1.5. Matriz de decisión del proceso de pelado.

MATRIZ DE DECISIÓN DEL PROCESO DE PELADO											
	CRITERIOS	PONDERACIÓN		ALTERNATIVAS							
				<i>Pelado manual con soda cáustica</i>		<i>Pelado con cilindros y discos dentados</i>		<i>Pelado con cilindros excéntricos y varillas</i>		<i>Pelado abrasivo</i>	
EXTRACCIÓN DE PIEL DE LA SEMILLA DE ALMENDRA	Calidad del producto final (almendra pelada)	17.9%	7	MB	28	B	21	B	21	B	21
	Tiempo requerido para pelar almendras	23.1%	9	M	9	MB	36	B	27	MB	36
	Seguridad del proceso	20.5%	8	R	16	R	16	B	24	B	24
	Costo del proceso	17.9%	7	B	21	R	14	M	7	R	12
	Salubridad e higiene del producto	20.5%	8	R	16	B	24	B	24	B	24
	TOTAL:	100.0%	156	90	111	103	117				
	<i>Porcentaje</i>	100.00%			57.69%	71.15%	66.03%	75.00%			
	<i>Porcentaje entre las alternativas:</i>				77%	95%	88%	100%			

Fuente: Pintado. Garcés. 2016.

Elaboración propia.

1.4.3 Generación de las alternativas de solución para el pelado abrasivo.

El proceso abrasivo de pelado se puede llevar a cabo de diferentes formas, desde colocar las cámaras abrasivas hasta adherir ciertos materiales para el proceso abrasivo.

Las principales alternativas se analizan a continuación, las cuales se evalúan utilizando la matriz de decisión anterior.

Alternativa a.

Máquina con cámara de paredes abrasivas

La cámara abrasiva de pelado de alimentos (figura 1.14) se la utiliza principalmente en hortalizas y frutas. Para ello, se suele utilizar en algunos casos, además de paredes abrasivas, algún producto abrasivo dentro de la cámara para mejorar el sistema.



Figura 1.13. Diagrama de pelado con cámara de paredes abrasivas.

Fuente: Pintado. Garcés. 2016.

Elaboración propia.

Esta máquina consiste en un sistema motriz que es accionado eléctricamente, el cual está conformado principalmente por una cámara o receptáculo con paredes recubiertas de un material abrasivo. La semilla de almendra es introducida en la cámara manualmente o mediante una banda transportadora.

La cámara comenzará a rotar con la almendra dentro de ella, lo que ocasionará que la semilla roce las paredes periódicamente. La piel de la semilla es arrancada por las paredes cuando la cámara rota a altas velocidades; la semilla de la almendra y la piel se retiran por un mismo conducto (figura 1.13).

Ventajas del proceso

- Se obtiene una almendra completamente pelada y entera, sin picaduras ni daños en la superficie de la misma.
- Mínimo trabajo para operadores, el ciclo está prácticamente automatizado.

Desventajas del proceso

- El producto final no se encuentra separado (semilla de almendra y piel), por lo tanto, se tendrá que hacer un proceso adicional de selección para obtener las semillas de almendras separadas de la piel.
- Dificultad en la fabricación de la cámara lo que influye en el costo final de producción.
- Gran consumo de energía eléctrica para mover todo el equipo, lo cual influirá en el costo final.
- Bajo nivel de percepción visual para inspeccionar el proceso de pelado, lo que no permite un buen manejo de la máquina.



Figura 1.14. Esquema de una cámara con paredes abrasivas.

Fuente: (Wang, 2005).

Alternativa B.

Máquina con escobillas abrasivas.

Una vez identificado a la abrasión como método eficaz para remover materiales superficiales, se incluyó como uno de los grandes actuadores a

las escobas que, mediante sus filamentos, lograban pelar y rasgar capas externas de algún objeto (figura 1.15).

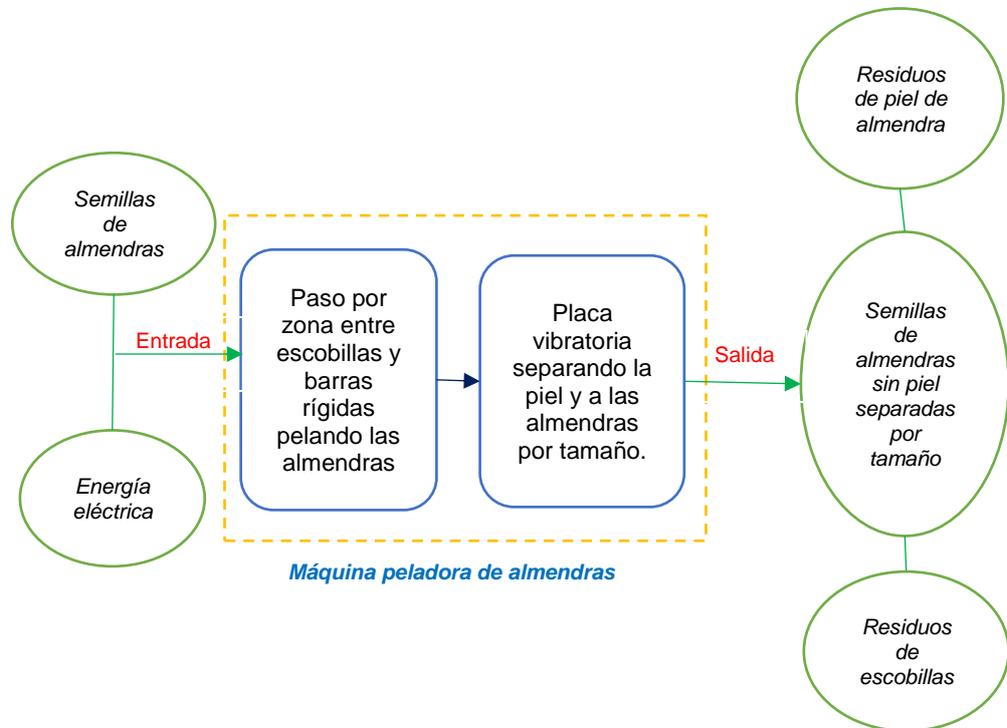


Figura 1.15. Diagrama del proceso de pelado en máquina con escobillas abrasivas.

Fuente: Pintado. Garcés. 2016.

Elaboración propia.

La máquina consiste en dos cilindros excéntricos que tienen una gran cantidad de escobillas de alambre sujetas a la superficie externa del cilindro interior, mientras que en el interior del cilindro más grande se encuentran barras totalmente rígidas que sirven de obstáculo oponiendo resistencia al paso de las almendras, logrando que estas se presionen con mayor fuerza hacia las escobillas y mejorando la abrasión producida por ellas.

Las almendras se introducen por medio de una tolva en la parte superior, llegando a un espacio comprendido entre ambos cilindros. Una vez que las almendras tocan las escobillas, estas las arrastran por fricción introduciéndolas hacia el espacio comprendido entre los dos cilindros y son peladas conforme las escobillas se mueven rotacionalmente en el tambor (figura 1.16).

Luego de ser peladas, caen a la sección inferior, en una placa que está sujeta excéntricamente al motor, dando como resultado una vibración que funciona como transporte de las almendras peladas y la piel, logrando separarlas debido a que la piel tiene menor densidad que las almendras peladas.

Finalmente, las almendras van introduciéndose en su respectivo recipiente que está obstaculizado por algunos tamices para que se logren separar por tamaño.

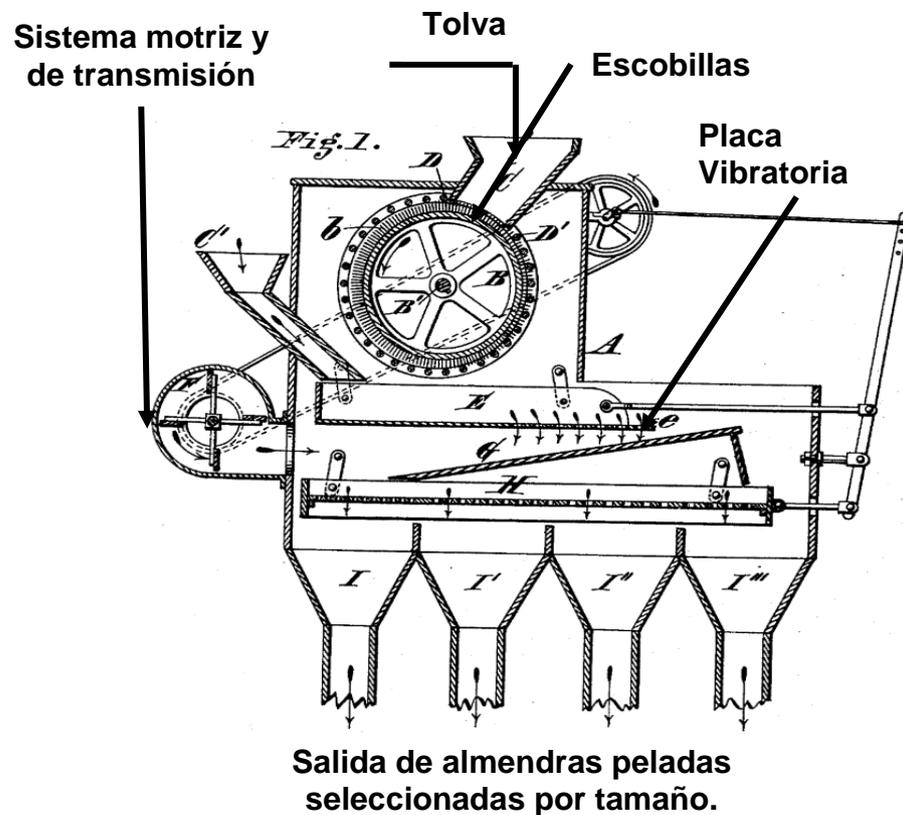


Figura 1.16. Representación gráfica de la máquina con escobillas abrasivas.

Fuente: (United States Patente nº 328032, 1885).

Ventajas del proceso

- Requerimientos de potencia relativamente bajos, porque no se necesita mover gran cantidad de masa.

- Se tiene como producto final a las almendras peladas y seleccionadas por tamaño, y a la piel en un recipiente aparte, por tanto, facilita algún proceso posterior.
- Selecciona la piel de distinta forma para poder usarla en un proceso subsiguiente.

Desventajas del proceso

- Dificil mantenibilidad, principalmente en las escobillas debido a que dicha sección está propensa a la acumulación de suciedad. Por tanto, el mantenimiento deberá ser considerablemente mayor.
- Visión pobre o nula del proceso de pelado por el operador, lo que dificulta la capacidad de inspección de dicho proceso.
- La manufacturabilidad de componentes para llevar a cabo este proceso se dificulta en el mercado local.

Alternativa c.

Máquina con rodillos de superficie abrasiva

El moleteado sirve para transformar a cualquier superficie en abrasiva, con todas las aplicaciones que esto conlleva, es por ello que este proceso de mecanizado se ha ido desarrollando a lo largo del tiempo para implementarlo en aplicaciones por fricción u operaciones de desbaste.

La máquina consiste en dos cilindros que conforman un par cinemático. Este mecanismo combina juegos de rodillos con superficies abrasivas y movimiento rotacional dando como resultado un pelado entre los rodillos y transporte de la entrada a la salida por el ángulo de moleteado (figura 1.17).

En la parte superior de la sección de rodillo se encuentra un material de policarbonato donde se observa el proceso de pelado. El operador realiza la respectiva inspección visual y cuando lo amerite (las almendras se encuentran peladas) se abrirá la puerta de salida a medias con el objetivo de que pasen las almendras peladas (figura 1.18).

La piel es succionada por debajo de los rodillos hacia un reservorio para almacenarla y tener un producto adicional.

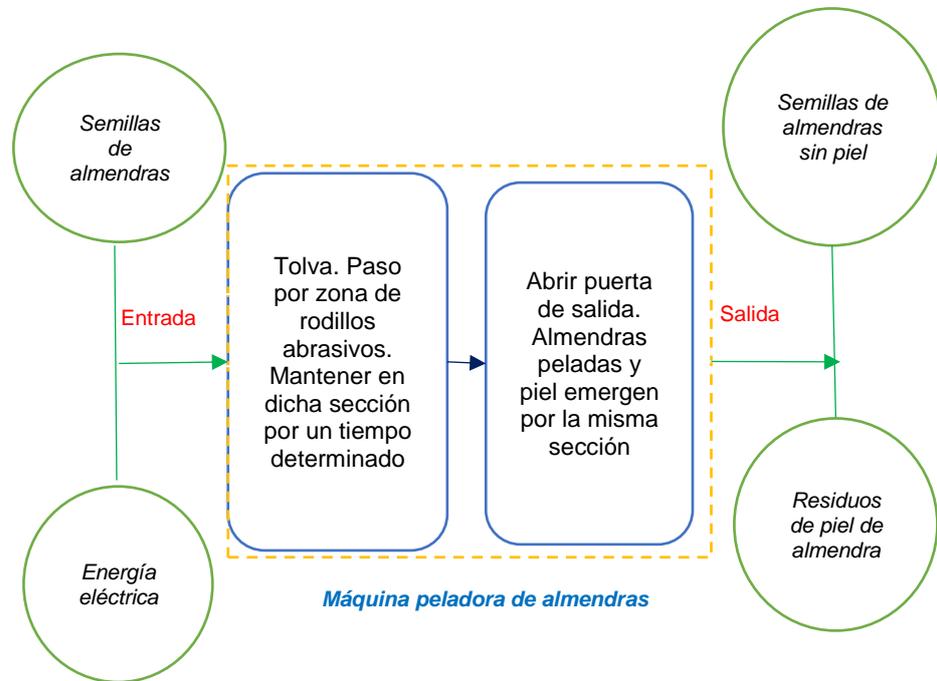


Figura 1.17. Diagrama de la máquina con rodillos de superficie abrasiva.

Fuente: Pintado. Garcés. 2016.

Elaboración propia.

Ventajas del Proceso

- Se puede inspeccionar fácilmente el proceso de pelado por lo que podríamos observar posibles fallas.
- Fácil mantenibilidad.
- Bajo costo de operación.
- Tiempo reducido en el proceso.
- Separa la piel de las almendras peladas, obteniendo materia prima clasificada para un proceso posterior.

Desventajas del Proceso

- Difícil de manufacturar, sobre todo el moleteado de los rodillos abrasivos.
- El tiempo que debe estar en la sección abrasiva es crítico para que pueda pelar correctamente las almendras, pero sin desgastarlas.

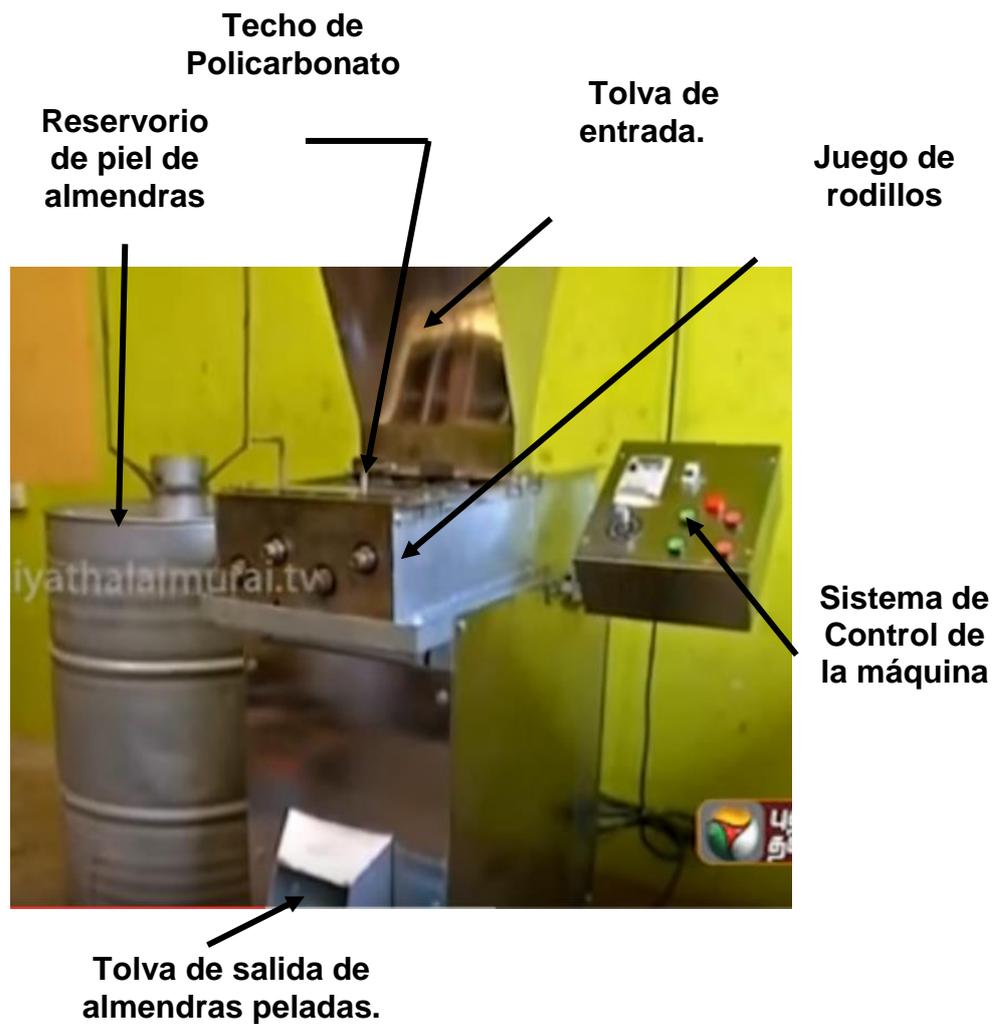


Figura 1.18. Esquema del proceso de pelado por rodillos abrasivos.

Fuente: (Kamaraj, 2014).

1.4.4 Evaluación de las alternativas de solución para el pelado abrasivo.

Los criterios de la matriz de decisión se obtuvieron mediante una investigación de campo. Estos criterios son ponderados acorde a su importancia. Para este caso, se ponderó con mayor cantidad a la confiabilidad debido al requerimiento principal, que es obtener un aproximado de 100% de semillas de almendras peladas.

Una vez ponderado los diferentes criterios, fue necesario realizar las respectivas calificaciones para cada alternativa y de esta manera optar por la mejor opción.

Tabla 1.6. Descripción de criterios para la obtención de la solución.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN	PONDERACIÓN
Confiabilidad	Se refiere a la probabilidad de que la máquina tenga un buen funcionamiento y realice una operación de pelado adecuada que garantice un producto de calidad.	9
Mantenibilidad	Hace referencia a la cantidad de esfuerzo que puede ser requerido para conservar el funcionamiento normal de la máquina o para repararla en caso de una falla.	8
Manufacturabilidad	Se refiere al nivel de dificultad que representa el proceso de fabricación de la máquina. en relación al tiempo y a los costos que esto implicaría. Un equipo que se puede construir de forma sencilla posee una elevada manufacturabilidad.	6
Durabilidad	Se refiere a la cantidad de tiempo que la máquina puede funcionar de forma íntegra. cumpliendo con la función para la cual fue creada (vida útil).	8
Consumo	Hace referencia a la cantidad de energía que necesita la máquina para su funcionamiento. Un buen consumo implica que el equipo puede realizar la operación de pelado utilizando poca energía.	7
Seguridad	Se refiere al nivel de seguridad que tiene el operador mientras lleva a cabo el proceso de pelado. Se relaciona directamente con el riesgo de que pueda ser víctima de algún incidente.	8
Ergonomía	Se refiere a la relación entre el operador y la máquina de pelado, en cuanto a la adaptabilidad del equipo a las capacidades y limitaciones físicas de la persona.	7

Fuente: Pintado. Garcés. 2016.

Elaboración propia.

La máquina con cámaras de paredes abrasivas y la de rodillos de superficie abrasiva son alternativas aceptables por lograr tener un mínimo del 70% de lo requerido; sin embargo, como se observa en la tabla 1.7, la segunda tiene una confiabilidad relativamente mejor debido a que los rodillos se acoplan de mejor manera a las almendras logrando acomodarse y pelando

la mayoría de ellas, mientras que la cámara, es un espacio muy grande y puede que no abarque a todas las almendras obteniendo en el producto final una cantidad mayor de almendras sin pelar.

La seguridad del operador es, en parte, mejor en la primera por ser una cámara totalmente sellada, pero es compensada por tener menor durabilidad que la de los rodillos. Con base en esto se puede llevar a cabo un buen proceso de evaluación de ambas alternativas dominantes.

A continuación, se presenta la matriz de decisión (tabla 1.7) realizada para seleccionar el mejor tipo de máquina para extraer la piel de la semilla de almendra.

Tabla 1.7. Matriz de decisión del tipo de máquina.

MATRIZ DE DECISION DEL TIPO DE MÁQUINA									
	CRITERIOS	PONDERACION		ALTERNATIVAS					
				<i>Máquina con Cámara de paredes abrasivas</i>		<i>Máquina con escobillas abrasivas</i>		<i>Máquina con rodillos de superficie abrasiva</i>	
EXTRACCION DE PIEL DE LA SEMILLA DE ALMENDRA	Confiabilidad	9	17.0%	R	18	B	27	B	27
	Mantenibilidad	8	15.1%	B	24	M	8	B	24
	Manufacturabilidad	6	11.3%	B	18	R	12	B	18
	Durabilidad	8	15.1%	R	16	R	16	B	24
	Consumo	7	13.2%	B	21	R	14	B	21
	Seguridad del operador	8	15.1%	MB	32	R	16	B	24
	Ergonomía del operador	7	13.2%	B	21	B	21	B	21
	TOTAL:	212	100.0%	150		114		159	
	<i>Porcentaje:</i>	100.00%		70.75%		53.77%		75.00%	
	<i>Porcentaje entre las alternativas:</i>			94%		72%		100%	

Fuente: Pintado, Garcés. 2016.

Elaboración propia.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA DEL DISEÑO

El diseño es un proceso secuencial, e iterativo, conformado por una serie de operaciones (figura 2.1). Las metodologías de diseño generalmente incluyen un análisis de soluciones capaces de satisfacer cierta necesidad; una formulación de los modelos matemáticos que se ajusten de forma adecuada a los componentes del diseño que se pretende desarrollar y la respectiva selección de materiales para la fabricación de los mismos.

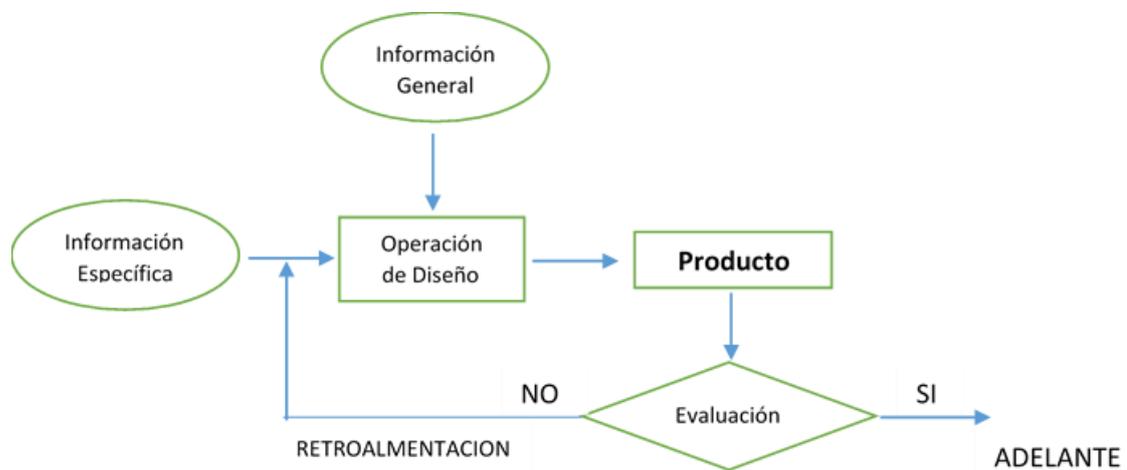


Figura 2.1. Metodología del diseño general

Fuente: (Dieter, 2000)

Para el proceso de diseño de la máquina en particular, se toman en cuenta ciertas consideraciones y pasos requeridos para obtener el producto final, el cual es la máquina peladora de almendras. A continuación, se mostrará la metodología un poco más especificada, redactando cada paso con el objetivo de tener un mejor panorama del proceso, sin embargo, en los apéndices se mostrará con más detalle cada paso con su respectivo método. Dicho proceso se registra en los cálculos realizados junto con las imágenes de las secciones de las normas que se usaron para plasmar el diseño final y las suposiciones elaborada.

La metodología del diseño total se muestra en el apéndice A, figura 5.2, el cual es un mapa conceptual con cada detalle de diseño explicada en todo este capítulo desglosando paso a paso cada operación.

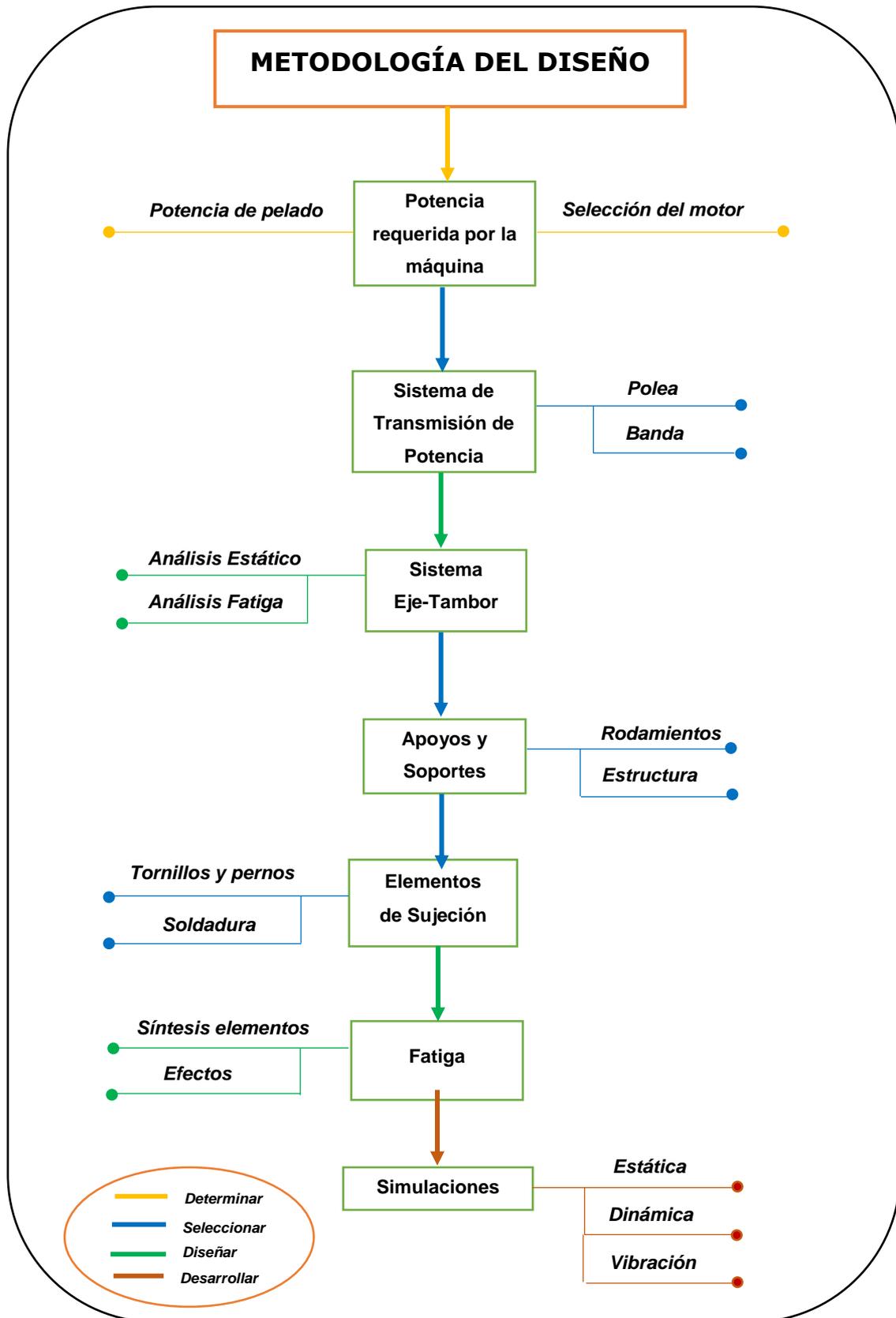


Figura 2.2. Metodología de diseño.

Fuente: Pintado. Garcés. 2016.

Elaboración propia.

Para el diseño se utilizó la metodología que se encuentra definida por Norton (Norton, 2011). Se inició con un diseño conceptual después de realizar una exhaustiva revisión bibliográfica y haber elegido la mejor opción con matrices de decisión. Se enfocó en definir un conjunto mecánico conformado por varios mecanismos que actúan entre sí para extraer la piel de una determinada cantidad de almendras de forma continua. En este paso se logró observar los detalles suficientes para cumplir las consideraciones planteadas anteriormente. Para ello se precisaron algunos detalles:

- La tolva: importante saber el tipo de entrada y salida para precisar la ergonomía que va a tener.
- La separación de semillas de almendras por tamaño; esto debido a que se requiere mucha precisión en el pelado puesto que las semillas tienen formas irregulares.
- Juego de rodillos abrasivos, donde se detalla una superficie abrasiva para el pelado. Se ubicarán dos rodillos como par cinemático, cuya separación entre sí está determinado por el tamaño de almendra. La distancia de separación entre rodillos debe ser muy precisa, para lograr extraer la piel de la semilla sin ocasionar picados o partiduras.
- Sistema de succión de la cascarilla de la almendra, que será colocado en la parte inferior de los rodillos para lograr almacenar un material que puede ser útil para otro proceso.

Después se continúa con el diseño de forma y de detalle, en donde se comenzó con la obtención de la potencia requerida obtenida a partir de la carga necesaria en estado estable (con sumatoria de fuerzas y momentos) y en arranque (con la inercia de la máquina), obtenida de la potencia de pelado. Mediante eficiencias (dado que la transmisión de potencia se realizará con bandas y poleas) se obtiene la potencia del motor necesaria, con una buena combinación potencia / revoluciones por minuto; logrando el FRAME adecuado. Después se diseñaron los sistemas de transmisión de potencia, para el cual se debió seleccionar las poleas y bandas requeridas.

El tamaño de las poleas es escogido acorde a la reducción de velocidad necesaria en los rodillos y las bandas, según la potencia y eficiencia requerida de transmisión de potencia. Este diseño y selección de bandas y poleas se realiza con el catálogo

del fabricante Martin, asumiendo factores de servicio acorde a las consideraciones planteadas. Finalmente, se limitará las revoluciones para evitar una posible necesidad de balanceamiento dinámico.

Seguidamente, se enfoca en el diseño de los ejes de las poleas y de los rodillos, realizando un análisis estático (fuerzas y momentos) y análisis de fatiga considerando concentradores de esfuerzo, asumiendo factores de seguridad sugeridos por el código de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME, por sus siglas en inglés) y obteniendo la resistencia del material aplicado según la norma de la Sociedad Americana de Ensayos de Materiales (ASTM, por sus siglas en inglés). Este diseño influirá en gran medida al diseño de los rodamientos y el buje de las poleas y de los rodillos debido a que el eje es el diámetro interno de dichos acoples. Luego se comienza con la selección de los rodamientos aplicando los pasos establecidos por el catálogo de un fabricante (NTN, por sus siglas en inglés) obteniendo cargas de tensión de bandas, poleas y de soportes según sea el caso. Mientras que el soporte (la estructura en general) se dimensionará a partir de los tubos cuadrados, ángulos y vigas en general que se tienen en stock comercialmente en el Ecuador.

Una vez obtenido todos los soportes y piezas mecánicas se seleccionará y dimensionará los diferentes elementos de sujeción, desde pernos hasta soldaduras (figura 2.2), para el primero, con las normas la Organización de Estándares Internacionales (ISO, por sus siglas en inglés) recordando que existirá fatiga dada la vibración obtenida por el motor eléctrico y el tamiz vibratorio. Igualmente, para el segundo, con base en las normas de la Sociedad Americana de Soldadura (AWS, por sus siglas en inglés) para soldadura por vibración usando los factores de seguridad sugeridos y aplicando la teoría de falla por fatiga. Luego se llevara a cabo la simulación. La simulación estructural servirá para verificar que los modelos matemáticos estén aceptables.

Se lo realizará con el programa de Análisis de Sistemas (ANSYS, por sus siglas en inglés) el cual permitirá visualizar los puntos críticos dado por esfuerzos estáticos y dinámicos (vibración). La simulación dinámica se la realizará en un programa de modelado (SOLIDWORKS, por su nombre en inglés) en el cual se observará si el

mecanismo o par cinemático se encuentra realizando de manera correcta su funcionamiento al igual que el tamiz vibratorio y otras partes móviles. Por último, se analiza la confiabilidad de la fabricación de la máquina, muy aparte del diseño, acorde a los procesos de fabricación existentes en nuestro medio local, para evaluar su alcance junto con la manufacturabilidad.

2.1 Bases y Consideraciones

El diseño de un sistema tiene su inicio en el desarrollo de un modelo conceptual que genere un grado de confiabilidad aceptable en los cumplimientos de los diferentes requerimientos que se establezcan para el sistema. Una vez definido el proceso de pelado más adecuado, con base en el análisis realizado mediante la matriz de decisión, junto con el tipo de máquina que se adapta de mejor forma a los factores de influencia analizados, es posible llevar a cabo el diseño conceptual de la máquina peladora de semillas de almendras.

Para el diseño final se han considerado los siguientes aspectos como fundamentales:

2.1.1 Producción de almendras peladas

Incrementar la cantidad de semillas de almendra peladas por unidad de tiempo es un requerimiento principal que la máquina debe cumplir para enfrentar directamente el problema de la baja producción de frutos secos en el Ecuador. La maquinaria agrícola de mediano tamaño utilizada en países asiáticos para extraer la piel de frutos secos, como la almendra y el maní, generalmente alcanzan capacidades productivas entre los 100 y 150 [Kg/hr] de semilla pelada.

Está claro que este factor influye directamente en el tamaño real del equipo. Empresas en el país dedicadas a la producción de almendras suelen alcanzar lotes de hasta 650 [Kg] en una jornada diaria (Inklersa, 2016). Con base en estos indicadores y factores de influencia, se establecerá una capacidad productiva a cubrir entre 70 y 130 [Kg/hr] de semillas peladas utilizando la máquina que se propone. Esto permitiría obtener alrededor de

700 [Kg] de almendra blanqueada al final de un día normal de labores, cubriendo así la demanda vigente (promedio) de forma satisfactoria. Todo esto se pretende completar con un proceso confiable que permita pelar la mayor parte de las almendras que ingresan al equipo.

Tabla 2.1. Consideraciones de producción.

Parámetro	Descripción
Producción neta (M_t)	70-130 [Kg/hr]
Almendras por lote (M_l)	1648 [Almendras/lote]
Tasa de producción de lotes (n)	60 [lote/hr]
Tiempo de llenado de tolva (Tt_{in})	3 [seg]
Tiempo de Vaciado de tolva (Tt_{out})	2 [seg]
Tiempo de selección (T_s)	5 [seg]
Tiempo de llenado de cámara (Tc_{in})	4 [seg]
Tiempo de pelado (T_p)	40 [seg]
Tiempo de vaciado de cámara (Tc_{out})	5 [seg]

Fuente: Pintado. Garcés. 2017.

Elaboración propia.

El proceso de producción de almendras peladas es por lote. En cada lote se ingresa una determinada cantidad de almendras a las cámaras abrasivas conformadas por un par de rodillos posicionados y separados entre sí de forma específica, cuyo tamaño es el que define el número de almendras por lote. La capacidad del sistema de entrada, es decir, el volumen de almacenamiento de la tolva determina el número de lotes que se pueden llegar a producir en un periodo de tiempo. La estimación del tiempo del pelado se realizó mediante pruebas, en donde se determinó un valor aproximado de 50 segundos.

Existen otros tiempos adicionales que se deben tomar en cuenta en la producción por lotes, como el tiempo de llenado de la cámara abrasiva y el

tiempo de descarga de las almendras peladas en cada lote. Estos tiempos se estimaron con base en las dimensiones del sistema de entrada y el sistema de descarga, y resultan ser bajas en comparación con el tiempo de pelado. Los tiempos de llenado y vaciado de la tolva se incluyen también en el análisis del tiempo requerido por lote. Todos los valores determinados se muestran en la tabla 2.1.

2.1.2 Operación y mantenibilidad del equipo

La relación entre el operador y el equipo ha pasado a ser un aspecto muy importante, que no se puede dejar a un lado, al momento de diseñar una máquina o un sistema. Una buena ergonomía del proceso implica una mejor adaptación, y por tanto, un buen manejo del equipo por parte de su operario.

Por otro lado, la implementación de recursos tecnológicos que permitan automatizar el proceso de pelado de la semilla de almendra se presenta como una alternativa viable para impulsar el sector industrial agrícola de frutos secos en el país. La automatización consiste básicamente en utilizar máquinas y procedimientos técnicos para llevar a cabo los procesos de producción y transformación. El requerimiento será básicamente utilizar procedimientos mecánicos para pelar la semilla de almendra requiriendo como máximo un operador para llevar a cabo el trabajo.

Tabla 2.2. Consideraciones de operación del equipo

Parámetro	Descripción
Operadores por máquina	1 [persona]
Dimensiones máximas	Altura < 2 [m] Ancho < 2 [m] Profundidad < 2 [m]
Mantenimiento	Elementos desmontables
Seguridad	Todos los espacios asequibles cubiertos
Tipo de producción	Por lote.

Fuente: Pintado. Garcés, 2017.

Elaboración propia.

Las operaciones de mantenimiento pueden llegar a ser cotidianas, es por ello que se debe tener acceso a todos los sistemas que conforman la máquina de forma segura, de tal manera que se puedan llevar a cabo operaciones sin problemas, para preservar el estado y garantizar el buen funcionamiento de la máquina. Se pretende diseñar un equipo cuyos componentes principales se puedan desmontar, ya sea para someterlos a procesos de reparación y limpieza o para repararlos en caso de que sea necesario. En caso de que se requiera incrementar el volumen de producción, las piezas desmontables podrían ser reemplazadas por otras iguales de mayor tamaño, si es que el tamaño disponible así lo permite. Asimismo, se encuentra todas las consideraciones de requeridas para la operación en la tabla 2.2.

La movilidad y el transporte de la máquina no debe implicar llevar a cabo maniobras con maquinaria pesada, al contrario, las dimensiones y el peso del equipo deben ser tales que permitan trasladarlo de un lugar a otro de forma rápida y sin mayores complicaciones. Generalmente los agricultores tienen sus cosechas dispersas en diferentes zonas, y poder llevar a cabo el proceso productivo en cada una de estas zonas representaría una ventaja y un ahorro en cuanto al tiempo y a la distribución de lo cosechado.

2.1.3 Características de la semilla de almendra

El pelado abrasivo es un proceso físico que suele aplicarse de forma sencilla, pero que sin embargo, suele ser efectivo únicamente bajo ciertas condiciones, características y propiedades del producto que se desea procesar. La semilla de almendra es un fruto seco que se caracteriza por tener un muy bajo porcentaje de humedad en su contenido con varias cortezas, entre ellas su piel que presenta ciertas nervaduras con una rugosidad y adherencia significativa, a pesar de ser de poco espesor.

Estas propiedades resultan favorables para la aplicación de procesos de desbaste superficial utilizando superficies abrasivas. Al tratarse de un producto de naturaleza agrícola, y no industrial, la determinación de las

principales propiedades físicas como dureza, resistencia, entre otras, no es una actividad que se realice de forma continua en el país, lo cual dificulta en ciertos casos la obtención de información en este aspecto.

No obstante, se han realizado una buena cantidad de investigaciones en países desarrollados como Estados Unidos y Turquía dirigidas a la obtención de propiedades y características de estos frutos secos de forma estandarizada, las cuales se muestran en la tabla 2.3

Tabla 2.3. Características de la semilla

Parámetro	Valor
Peso unitario de almendra (W_a)	1.205 [gr / almendra]
Longitud de almendra (L_a)	21.87 [mm]
Ancho de almendra (A_a)	12.89 [mm]
Espesor de almendra (E_a)	8.37 [mm]
Volumen de almendra (V_a)	0.001925 [lts/almendra]

Fuente: Pintado, Garcés, 2017.

Elaboración propia.

Las dimensiones de la almendra resultan primordiales al momento de llevar a cabo el diseño detallado y de precisión de los rodillos abrasivos. La posición de cada tambor con respecto a otro debe ser precisa y se definirá en función de un tamaño estandarizado de la semilla. De igual forma, el lugar que ocupa y el peso de cada almendra servirá como base para establecer una distribución de carga estática en los rodillos.

2.1.4 Manufacturabilidad

Un buen diseño es catalogado como tal debido a que cumple de forma satisfactoria la función para la que fue desarrollado. Además, existen otros factores que suelen ser predominantes a la hora de tomar una decisión en la aprobación e implementación de un equipo o sistema, como lo es el costo real del equipo y el grado de complejidad que represente su fabricación. Para desarrollar una buena propuesta se debe tener en cuenta la manufacturabilidad de lo que se plantea, desde el punto de vista de la

disponibilidad de los materiales en el mercado local y los procesos de fabricación requeridos para cada parte.

En general, toda aplicación industrial que implique el manejo de alimentos y sustancias ingeribles por el ser humano exige la utilización de materiales específicos que garanticen los niveles de higiene necesarios para evitar causar algún riesgo a la salud humana. Las partes de la máquina peladora que estén en contacto con las semillas de almendra, ya sea por un instante o por un periodo permanente de tiempo se deben fabricar utilizando acero inoxidable de grado alimenticio, cumpliendo con la especificación L316. Los componentes que no entren en contacto con las semillas de almendra se pueden fabricar en acero al carbono o en algún material metálico galvanizado.

Las dimensiones y espesores del material a utilizar están en función de las cargas que se generan durante el proceso de pelado. En la tabla 2.4 se muestran los materiales a utilizar en los sistemas principales de la máquina.

Tabla 2.4. Propiedades de los materiales para la fabricación.

Parámetro	Descripción
Material de sistemas en contacto con almendras	Acero Inoxidable L304
Material de sistema de soporte	Acero al Carbono ATM A36
Espesor de Plancha de Acero Inoxidable L304	1.5 [mm]
Espesor de Plancha de Acero al carbono ASTM A36	1.5 [mm]

Fuente: Pintado, Garcés, 2017.

Elaboración propia.

2.2 Diseño conceptual.

Una vez enlistadas las consideraciones para el diseño, es necesario realizar un análisis minucioso sobre el flujo de almendras en la máquina a diseñar, para ello se realizó un esquema en la figura 2.3. En dicha figura, también se observa la máquina y los distintos sistemas que componen la misma. Se

considera necesario dividir la máquina completa en seis sistemas para que de esta manera se logre diseñar de mejor manera. Estos sistemas son:

- Sistema de admisión.
- Sistema de selección.
- Sistema de almacenamiento
- Sistema de pelado
- Sistema de transmisión de potencia.
- Sistema de descarga.

El sistema de transmisión de potencia no se observa en la figura 2.3 porque no depende del flujo de la almendra, sin embargo, se encuentra especificado en la sección 2.3.

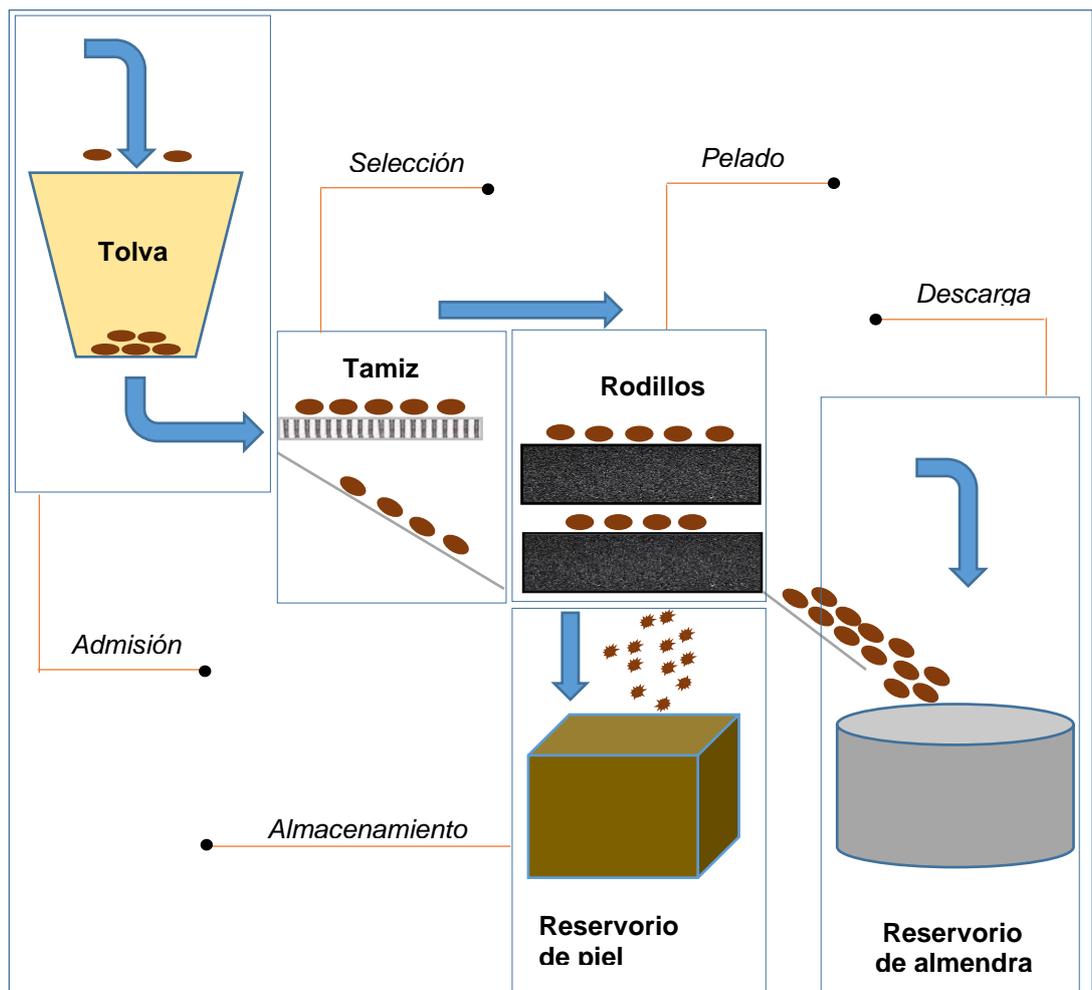


Figura 2.3. Esquema del flujo de la almendra en la máquina.

Fuente: Pintado. Garcés. 2017.

Elaboración propia.

2.3 Sistema de transmisión de potencia.

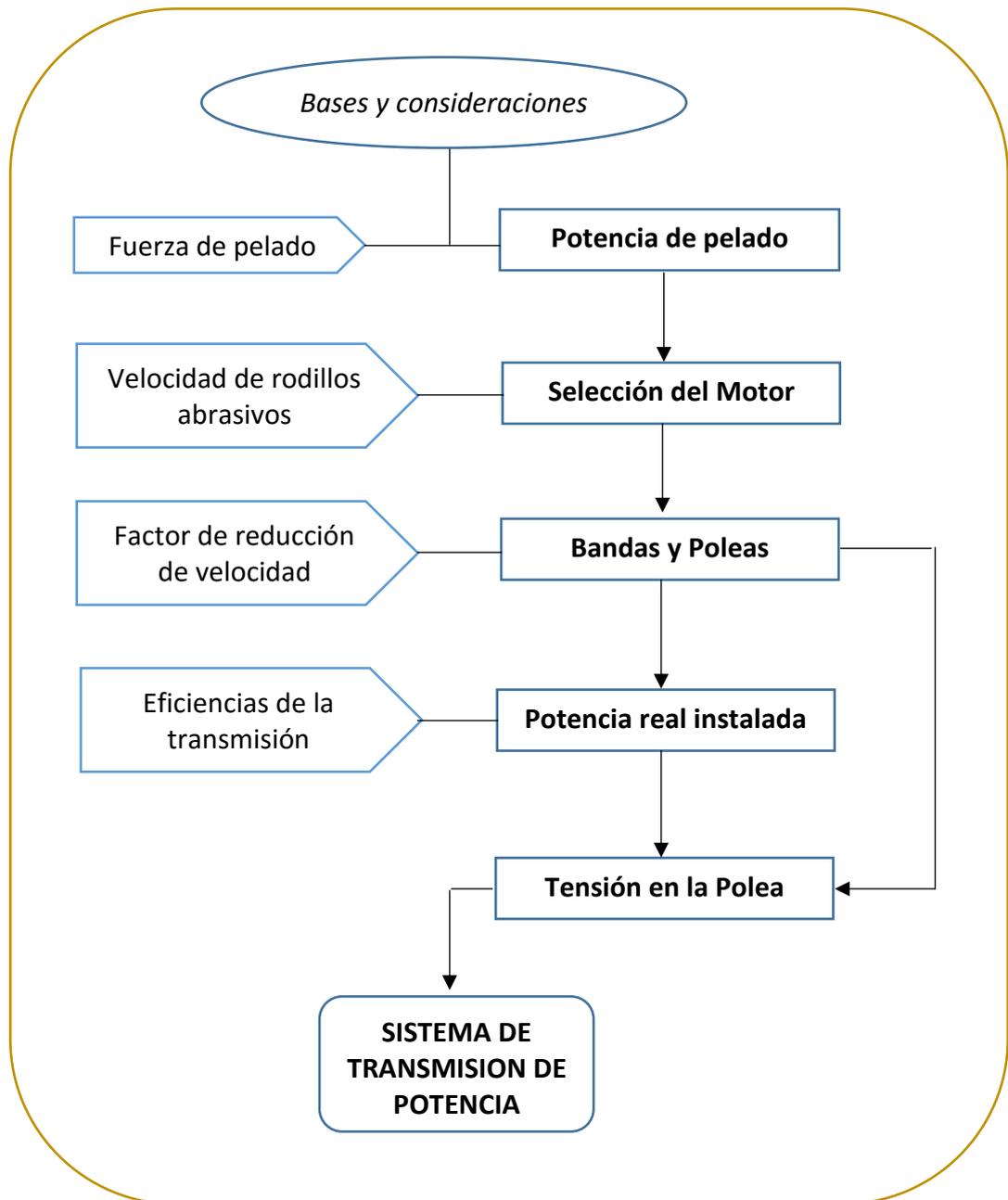


Figura 2.4. Metodología de diseño del sistema de transmisión de potencia.

Fuente: Pintado. Garcés. 2017

Elaboración propia

Para transmitir el movimiento de rotación desde el motor hasta los rodillos abrasivos se utilizan bandas y poleas (figura 2.4) debido a que, en general, se manejan bajas potencias. Adicionalmente, las bandas pueden llegar a funcionar como un fusible mecánico rompiéndose o patinando cuando la

potencia del sistema sufre picos inesperados (por factores externos) evitando daños graves en el sistema.

La selección de elementos de transmisión de potencia se puede realizar con la información proporcionada por varios fabricantes. En este caso, se llevará a cabo el proceso de selección que ha definido el catalogo del fabricante Martin para sus productos.

2.3.1 Cálculo de la potencia de pelado

La potencia requerida para el proceso de pelado se puede estimar de forma empírica o utilizando relaciones experimentales consideradas como válidas. La relación de kick (Celestine, James, Blessing, & Tenitope, 2014) es una ecuación experimental (Ec. (1)) desarrollada para determinar un valor estimado de la potencia requerida para extraer partes de las semillas secas como la almendra y el maní.

Dicha ecuación está en función de la longitud nominal inicial y final de la semilla a pelar, la fuerza requerida (tabla 2.5) según el tipo de semilla y de un valor constante obtenido experimentalmente.

Tabla 2.5. Almendra y semilla. Porcentaje de semilla. Fuerza de pelado.

Factor	Semilla	Fuerza de Pelado
[Año]	[%]	[N]
2004	37.11 ± 9.89	490.0 ± 202.0
2005	40.36 ± 9.82	486.8 ± 214.5

Fuente: (Ledbetter, 2007).

$$P = K_K * F_f * \ln\left(\frac{L_1}{L_2}\right) \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde:

P : Potencia requerida para el proceso de pelado.

K_K : Constante de Kicks; 1.2 [m/seg] ¹

F_f : Fuerza de arranque o fricción; 500 [N] (Ledbetter, 2007).

L_1 : Longitud nominal inicial; 21 [mm].

L_2 : Longitud nominal final; 18 [mm].

Reemplazando los valores conocidos en la ecuación Ec. (1):

$$P = 92.5 \text{ [Watts]}; (0.13 \text{ [HP]}).$$

2.3.2 Selección del motor

La selección del motor eléctrico para proporcionar energía mecánica a la máquina se realizó tomando en cuenta dos especificaciones: la velocidad de rotación que deben tener los rodillos abrasivos para garantizar el pelado y la potencia requerida para dicho proceso.

La Organización de Productores de Almendras de California (The Almond Board of California, 2015) sugiere velocidades para procesos abrasivos de pelado de almendras entre 150 y 250 RPM según las dimensiones de la semilla. Considerando una demanda de potencia de 0.13 HP y una velocidad de rotación de 200 RPM requerida para los rodillos, se seleccionó un motor ABB con las siguientes características principales (ABB Group, 2016):

- Potencia Nominal: 0.5 [HP].
- Velocidad de rotación nominal: 900 [RPM] (6 polos).
- Eficiencia: 63.2 [%] (al 75% de la velocidad nominal).
- Factor de Potencia: 0.58 (al 75% de la velocidad nominal).

Debido a que la potencia requerida para el proceso de pelado es relativamente baja, se seleccionó un motor eléctrico convencional (jaula de ardilla) con la mínima potencia disponible en el mercado, considerando también una velocidad de rotación baja para evitar utilizar un sistema de

¹ (Celestine, James, Blessing, & Tenitope, 2014)

transmisión de potencia con un factor de reducción elevado. En la tabla 2.6 se muestran todas las especificaciones del motor seleccionado proporcionadas por el fabricante.

Tabla 2.6. Especificaciones motores trifásicos.

Motores; 6 polos = 1000 RPM ; 400V; 50 Hz											
Potencia		Tipo		RPM	Eficiencia / Factor de Potencia			Peso [Kg]	Ruido [dB]	Torque	
[kW]	[HP]				% de la Potencia Nominal					Tn [Nm]	Tmax / Tn
					50	75	100				
0.37	0.5	M2Q A	80M6 A	930	58.6 / 0.46	63.2 / 0.58	63 / 0.66	17	45	3.8	2
0.55	0.74	M2Q A	80M6 B	925	60 / 0.48	65.1 / 0.59	65 / 0.68	18	45	5.7	1.8
0.75	1	M2Q A	90S6 A	920	66.4 / 0.52	70.2 / 0.65	71 / 0.72	21	48	7.8	2.3
1.1	1.5	M2Q A	90L6 A	920	71.2 / 0.53	73.1 / 0.67	73 / 0.74	25	48	11.4	2.6

Fuente: (ABB Group, 2016).

2.3.3 Selección de bandas.

Antes de seleccionar un sistema de transmisión se deben conocer las características mecánicas principales del sistema, tal y como se muestra en la tabla 2.7.

Tabla 2.7. Características mecánicas principales del sistema de transmisión de potencia.

Parámetro	Valor
Potencia del Sistema. (P_{motor}):	0.5 [HP]
Velocidad de rotación unidad motriz. (w_{motor}):	900 [RPM]
Velocidad de rotación unidad conducida. ($w_{rodillos}$):	200 [RPM]

Fuente: Garcés. Pintado. 2016.

Elaboración propia.

Factor de Servicio

El factor de servicio adecuado para corregir la potencia de diseño de un sistema, se determina en función de la frecuencia de las cargas pico, el

tiempo diario de operación y la categoría de servicio de la máquina (MARTIN, 2015).

La industria de frutos secos en el país funciona de forma temporal en función de los periodos de cosecha. Por lo general, opera en jornadas diarias de ocho a nueve horas de manera continua por un periodo nominal de cinco días laborables a la semana durante la etapa de producción (INKLERSA, 2016).

De la tabla 6.1. apéndice B en la sección de anexos de este informe, se seleccionó una categoría de servicio normal para un motor de jaula de ardilla aplicado a un mecanismo de revolvedora o criba, por ende, el factor de servicio es de 1.2.

El factor de servicio permite realizar una corrección en la potencia del sistema, de tal forma que para el diseño se utiliza lo siguiente:

$$P_{diseño} = P_{motor} * F_S \quad \text{Ec. (2)}$$

Donde:

P_{motor} : Potencia ideal del motor; 0.5 [HP].

F_S : Factor de servicio; 1.2.

$P_{diseño}$: Potencia real del motor

Reemplazando los datos conocidos en la ecuación Ec. (2):

$$P_{diseño} = 0.60 [HP]$$

Sección transversal para ranuras

Para la selección de la sección transversal de las ranuras de las poleas se utiliza un gráfico distribuido por regiones para diferentes tipos de bandas (sea sin dientes, ejemplo:A; o con dientes para mejor agarre, ejemplo: AX), en función de la potencia de diseño y la velocidad del eje más rápido del sistema de transmisión, ya sea para ranuras convencionales o para las de alta capacidad, tal y como se muestra en la figura 2.5.

Se ingresa a la gráfica mediante el valor de la potencia de diseño previamente determinada y la velocidad de rotación del eje más rápido del sistema de transmisión, es decir, el eje motriz (determinada para las velocidades de un motor nominal).

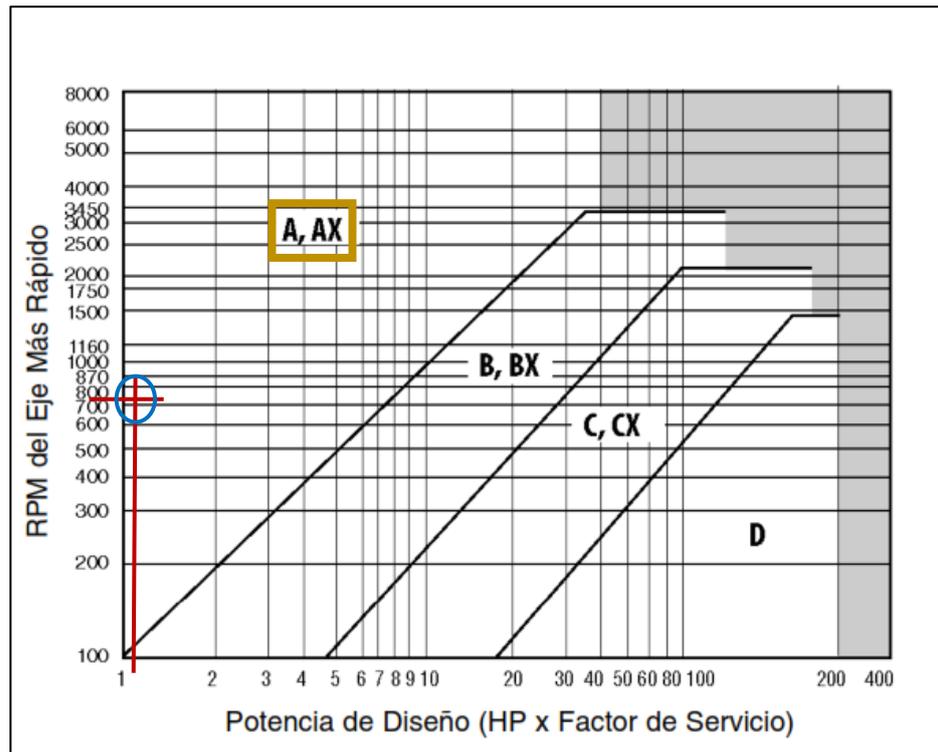


Figura 2.5. Selección de la banda acorde a la velocidad del motor y de la potencia.

Fuente: (MARTIN, 2015).

La región en donde se ubique el punto de intersección de ambos valores indica el tipo de banda que se recomienda utilizar para dichas condiciones de funcionamiento.

Para una potencia de diseño de 0.6 [HP] a una velocidad de rotación de 900 [RPM] el tipo de banda más adecuado es el A o AX (bandas dentadas). Se escogerá la **banda A convencional** debido a que la dentada es para transmisiones de grandes potencias, cosa que no es necesaria en este diseño.

2.3.4 Selección de la polea motriz

La norma MG 1-3.16 y MG 1-3.16A de la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos de Estados Unidos (NEMA, por sus siglas en inglés) indican los valores mínimos para el diámetro de una polea motriz sometida a un determinado trabajo, en la tabla 2.8 (National Electric Manufacturers Association, 2016).

Los valores son conservadores ya que algunos motores y rodamientos pueden permitir el uso de poleas de menor diámetro. Ante todo, es importante consultar al fabricante del motor (MARTIN, 2015).

Las restricciones en el diámetro de la polea motriz de un sistema se definen en función de la potencia y velocidad de rotación del eje de dicha polea. Para un motor que genere una potencia de 0.5 [HP] a 900 [RPM] o menor, el **diámetro mínimo de la polea motriz es de 2.5”**.

Siguiendo estas recomendaciones del catálogo evitaremos que la polea falle por picos de esfuerzos.

Tabla 2.8. Diámetro de la polea mínimo según la potencia del motor

POTENCIA DEL MOTOR HP	RPM DEL MOTOR					
	575	695	870	1160	1750	3450
.50	2.50	2.50	2.50	—	—	—
.75	3.00	2.50	2.50	2.50	—	—
1.00	3.00	3.00	2.50	2.50	2.25	—
1.50	3.00	3.00	3.00	2.50	2.50	2.25
2.00	3.75	3.00	3.00	2.50	2.50	2.50
3.00	4.50	3.75	3.00	3.00	2.50	2.50
5.00	4.50	4.50	3.75	3.00	3.00	2.50
7.50	4.25	4.50	4.50	3.75	3.00	3.00
10.00	6.00	5.25	4.50	4.50	3.75	3.00
15.00	6.75	6.00	5.25	4.50	4.50	3.75
20.00	8.25	6.75	6.00	5.25	4.50	4.50
25.00	9.00	8.25	6.75	6.00	4.50	4.50*
* 30.00	10.00	9.00	6.75	6.75	5.25	—
40.00	10.00	10.00	8.25	6.75	6.00	—
50.00	11.00	10.00	9.00	8.25	6.75	—
60.00	12.00	11.00	10.00	9.00	7.50	—
75.00	14.00	13.00	10.00	10.00	9.00	—
100.00	18.00	15.00	13.00	13.00	10.00	—
125.00	20.00	18.00	15.00	13.00	11.00	—
150.00	22.00	20.00	18.00	13.00	—	—
200.00	22.00	22.00	22.00	—	—	—
250.00	22.00	22.00	—	—	—	—
300.00	27.00	27.00	—	—	—	—

Fuente: (MARTIN, 2015).

2.3.5 Análisis cinemático del sistema de transmisión de potencia.

El factor de reducción del sistema de transmisión de potencia está dado por la velocidad de rotación del motor y la velocidad requerida en los rodillos abrasivos, de la siguiente manera:

$$R = \frac{\omega_{motor}}{\omega_{rodillos}} \quad \text{Ec. (3)}$$

Donde:

R : Factor de reducción de velocidad.

ω_{motor} : Velocidad de rotación del motor; 900 [RPM].

$\omega_{rodillos}$: Velocidad de rotación de los rodillos abrasivos; 200 [RPM].

Reemplazando los datos conocidos en la ecuación Ec. (3):

$$R = 4.5$$

Debido a que uno de los factores de influencia en el diseño es el tamaño de la máquina, se pretende evitar el uso de poleas de gran tamaño, razón por la cual se plantea realizar dos reducciones iguales (figura 2.6) hasta obtener la velocidad requerida para los rodillos abrasivos como se muestra en la ecuación Ec. (4).

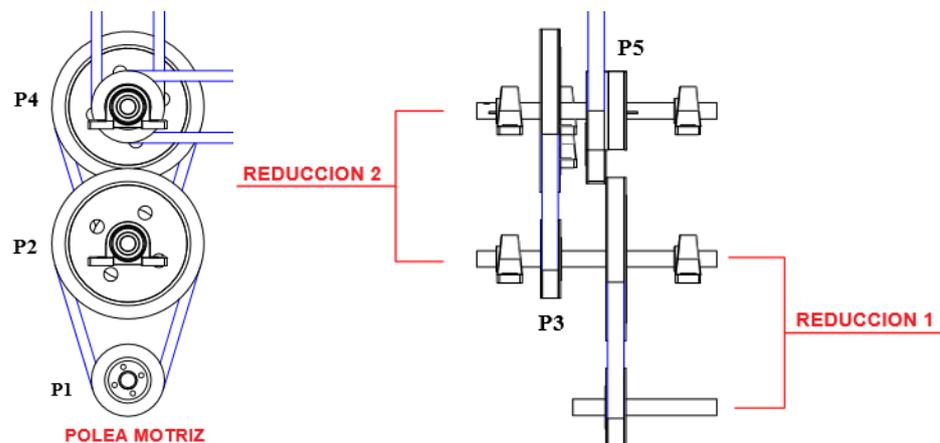


Figura 2.6. Reducciones necesarias para obtener la velocidad requerida.

Fuente: Pintado. Garcés. 2017.

Elaboración propia.

$$R = R_1 * R_2 \quad \text{Ec. (4)}$$

Donde:

R_1 : Factor de reducción en el primer juego de poleas.

R_2 : Factor de reducción en el segundo juego de poleas.

$$R_1 = R_2 = 2.12$$

2.3.6 Selección de la polea conducida.

Una vez determinado la potencia de diseño corregida a partir de un factor de servicio, el tipo de banda (con base en su sección transversal) y la relación de reducción de velocidad es posible determinar los diámetros de las poleas motriz y conducida.

El Catalogo del fabricante Martin reúne una buena cantidad de información relacionada a los diámetros de poleas recomendados para diferentes factores de reducción de velocidad y condiciones de operación. Para un determinado factor de reducción se presentan dos o más combinaciones de diámetros para la polea motriz y conducida, así como también la potencia que soporta cada banda y un factor de corrección de arco para determinar la longitud de banda apropiada en función de una distancia entre centros aproximada.

En la tabla 6.2. apéndice B en la sección de anexos de este informe, se sugiere un diámetro de polea motriz 5" y un diámetro de polea conducida de 10.6" para el factor de reducción de velocidad calculado. Estas dimensiones exceden lo requerido para el diseño en relación al tamaño de máquina que se plantea, razón por la cual se debe realizar un cambio. En la tabla 2.8 se especifica el diámetro mínimo de polea motriz para una potencia de 0.5 [HP] a una velocidad de rotación de 900 [RPM], por lo tanto, se establecieron los valores recomendados, considerando la reducción de velocidad necesaria. De esta forma, se definieron los siguientes valores:

- Diámetro primitivo de Polea Motriz: 2.5"
- Diámetro primitivo de Polea Conducida: 5.30".

2.3.7 Potencia en los rodillos abrasivos

Para determinar la potencia real que reciben los rodillos se debe tener en cuenta la eficiencia del motor en función del porcentaje de la potencia nominal que se utiliza, junto con la eficiencia del sistema de transmisión de bandas y poleas, como se muestra en la ecuación Ec. (5):

$$P_{rodillos} = P_{motor} * \eta_{total} \quad \text{Ec. (5)}$$

Donde:

$P_{rodillos}$: Potencia recibida por los rodillos.

P_{motor} : Potencia ideal del motor; 0.5 [HP].

η_{total} : Eficiencia total del sistema de transmisión de potencia.

La eficiencia total del sistema de transmisión de potencia se define como está en la ecuación Ec. (6):

$$\eta_{total} = \eta_{motor} * \eta_{poleas} \quad \text{Ec. (6)}$$

Donde:

η_{total} : Eficiencia total del sistema de transmisión de potencia.

η_{motor} : Eficiencia del motor.

η_{poleas} : Eficiencia del sistema de bandas y poleas.

La eficiencia del motor se obtiene de los datos del fabricante. Considerando que para el movimiento de los rodillos abrasivos se utiliza el 75% de la potencia nominal; esto para no forzar al motor (menor al 100% de su capacidad), pero que sea costo efectivo (mayor al 50% de su capacidad), se establece una eficiencia del motor de 62%, tal y como se muestra en la tabla 6.3. apéndice B en la sección de anexos de este informe.

$$\eta_{motor} = 0.62$$

En la tabla 6.4. apéndice B en la sección de anexos de este informe se muestran los valores de eficiencia de diferentes tipos de sistemas de banda

y polea. Para bandas convencionales del tipo A, la eficiencia promedio es del 91%.

$$\eta_{banda} = 0.91$$

Teniendo en cuenta que se utilizarán dos reducciones de velocidad utilizando bandas y poleas y otra banda de la última reducción hacia los rodillos abrasivos (figura 2.7), la eficiencia total del sistema de transmisión de potencia es acorde a la ecuación Ec. (6).

$$\eta_{total} = 0.46$$

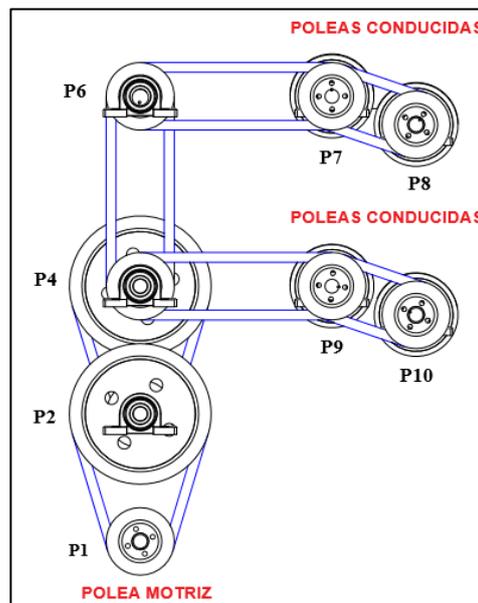


Figura 2.7. Esquema del sistema de transmisión de potencia.

Fuente: Pintado. Garcés. 2017.

Elaboración propia.

Por lo tanto, la potencia que reciben los rodillos abrasivos es:

$$P_{rodillos} = 0.23 [HP]$$

2.3.8 Fuerza de tensión en la polea conducida

En la figura 2.8 se muestra el diagrama de cuerpo libre de una polea en rotación debido a la interacción con una correa en tensión, para ello, se

tienen ciertas suposiciones como la igualdad en fuerza de las dos tensiones y un momento despreciable.

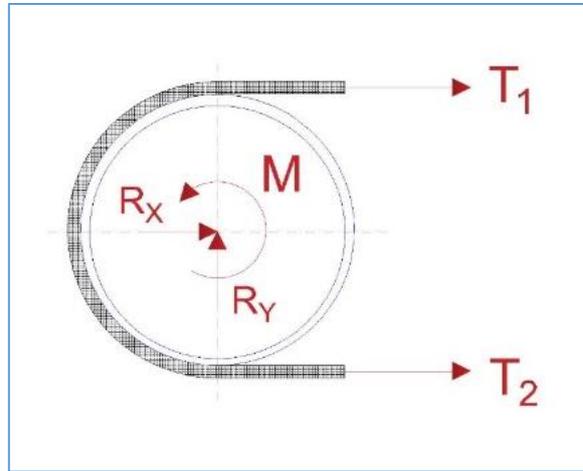


Figura 2.8. Diagrama de cuerpo libre de polea conducida.

Fuente: Pintado. Garcés. 2017.

Elaboración propia.

Para analizar la polea se pueden establecer aproximaciones aceptables que faciliten el proceso. Se asume lo siguiente:

$$T_1 = T_2 = T \quad \text{Ec. (7)}$$

$$M = 0 \quad \text{Ec. (8)}$$

Donde:

T_1 : Tensión de la banda en la zona superior de la polea.

T_2 : Tensión de la banda en la zona inferior de la polea.

M : Momento que existe en la polea debido a las tensiones de la banda.

T : Tensión de la banda.

Las aproximaciones descritas en las ecuaciones Ec. (7) y Ec. (8) resultan validas debido a que no existe una diferencia significativa en las tensiones de una polea cuyas direcciones de ajuste son colineales. Esto a su vez genera que no exista un par torsor.

La fuerza de tensión en la banda de la polea conducida está dada por:

$$T = \frac{2 * P_{rodillos}}{\omega_{rodillos} * d_{polea}} \quad \text{Ec. (9)}$$

Donde:

d_{polea} : Diámetro primitivo de la polea conducida; 5.3 [in]

$\omega_{rodillos}$: Velocidad radial de los rodillos; 200 [RPM]

$P_{rodillos}$: Potencia recibida por los rodillos; 0.23 [HP]

Por lo tanto, reemplazando los valores conocidos en la ecuación Ec. (9):

$$T = 112 [N]$$

2.4 Sistema de pelado.

Como se describió anteriormente, se utilizará un proceso abrasivo para extraer la piel de las semillas de almendras mediante un conjunto de rodillos configurados a manera de tambores.

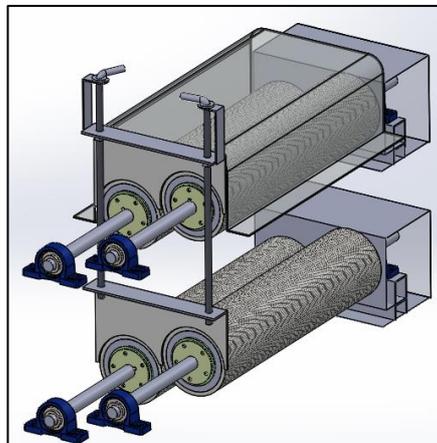


Figura 2.9. Representación general del sistema de pelado.

Fuente: Garcés. Pintado. 2017

Elaboración propia.

Los tambores se componen principalmente de un cilindro hueco soportado en sus extremos por discos y bujes que lo sujetan a un eje para transmitir el movimiento rotacional. Inicialmente se determinan las cargas que actúan sobre el sistema, las cuales, una vez establecidas las dimensiones básicas, se posicionan sobre los componentes para definir el modelo matemático y

dimensionar los elementos críticos o principales. En la figura 2.9 se muestra la representación general del sistema de pelado. Mientras que en la figura 2.10 se puede visualizar el proceso de diseño de dicho sistema.

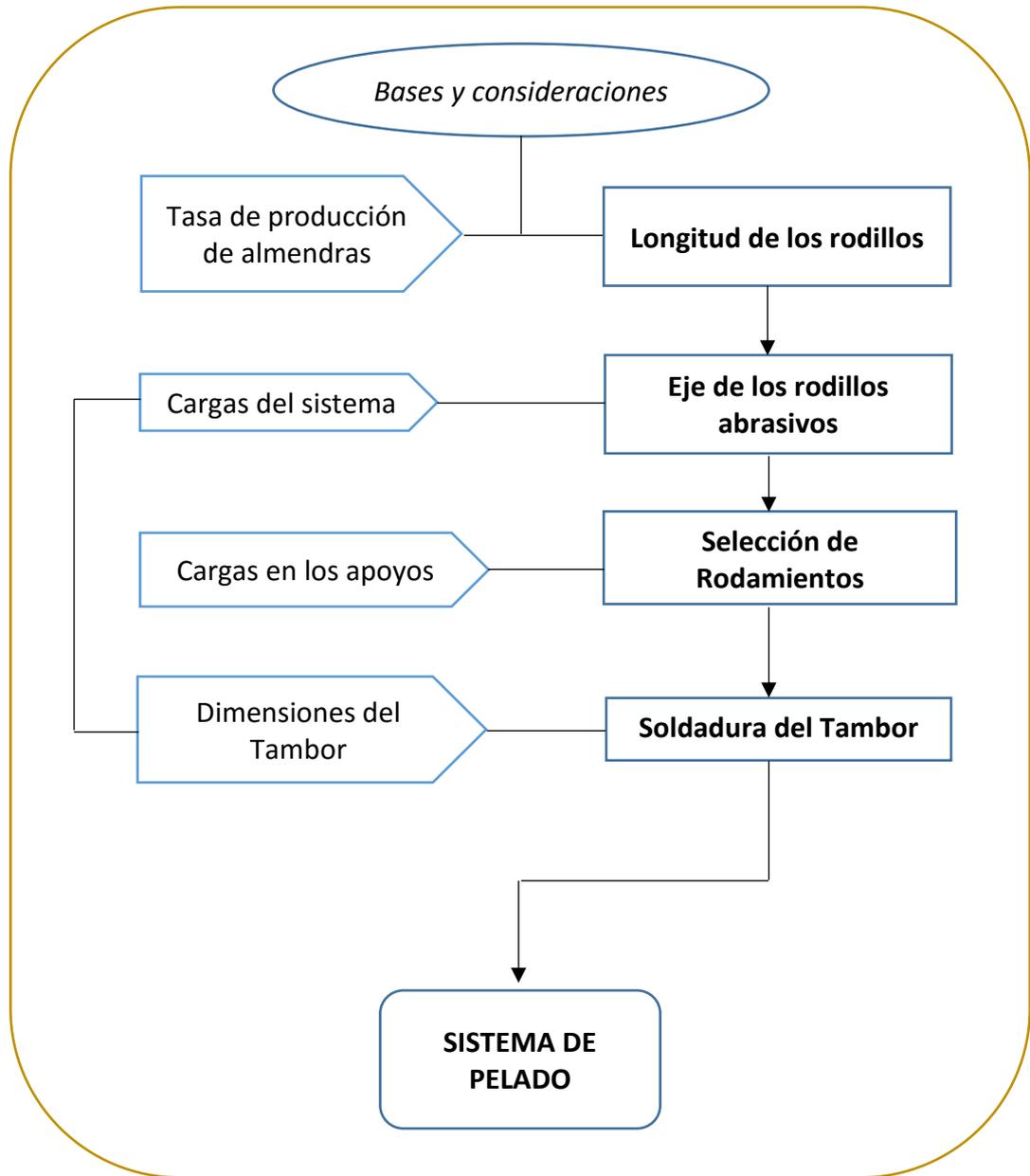


Figura 2.10. Metodología de diseño del sistema de pelado.

Fuente: Pintado. Garcés. 2017

Elaboración propia.

2.4.1 Diseño del eje de los rodillos abrasivos

Los rodillos abrasivos se asientan sobre ejes sólidos que soportan las cargas principales que se generan durante el proceso de pelado. En la

figura 2.11 se muestra el modelo del conjunto eje-rodillo junto con las cargas que actúan sobre el mismo.

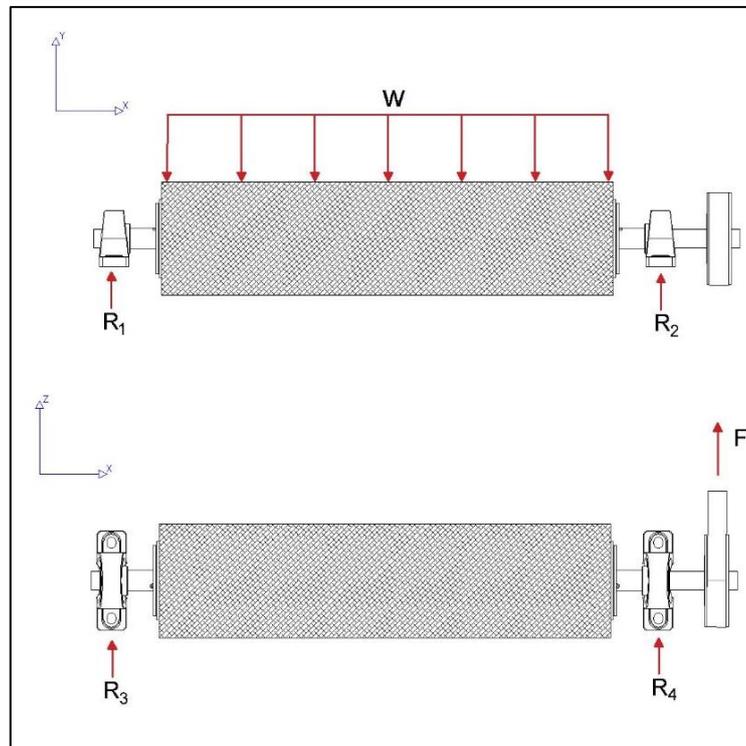


Figura 2.11. Diagrama de cuerpo del conjunto eje-rodillo.

Fuente: Garcés. Pintado. 2017.

Elaboración propia.

La longitud de los rodillos se dimensionará en base a la capacidad de producción que se espera o que se tiene como meta en las consideraciones de diseño. Para incrementar el área de pelado, se decidió elegir una tubería de 4", tomando como factores de influencia a la portabilidad de la máquina (que las mediciones de la máquina no sobrepasen de los 2 [m], ya sea de largo, ancho o alto).

Respecto a la longitud de los rodillos, se determinará con base en la capacidad requerida de producción, de la siguiente manera:

- Debido a la aleatoriedad de la semilla de almendra se realizó pruebas experimentales (figura 2.12) sobre el volumen que una almendra va a

ocupar en el rodillo, tomando en cuenta los intersticios que entre almendras se producían.

- Con el peso de cada almendra se logrará verificar la cantidad de producción de la máquina.
- Se limitará la cantidad de almendras en la cámara abrasiva para garantizar el pelado de todas las almendras. Es por ello que, se colocarán dos capas de almendras dentro de la cámara abrasiva, donde se encuentran los rodillos.
- Se utilizarán dos pares cinemáticos de rodillos, como resultado del proceso de selección previo al ingreso de las semillas a los rodillos, por lo que la producción estará en función de ambos pares.

Se realizaron mediciones de almendras obteniéndose un promedio de 206 almendras en una tubería de 4" y 200 [mm] de largo (figura 2.12). Entonces sabiendo la meta de producción, se obtuvo una longitud de rodillos acorde al diseño teniendo como limitante el largo total de la máquina (medidas totales menores a 2 metros).

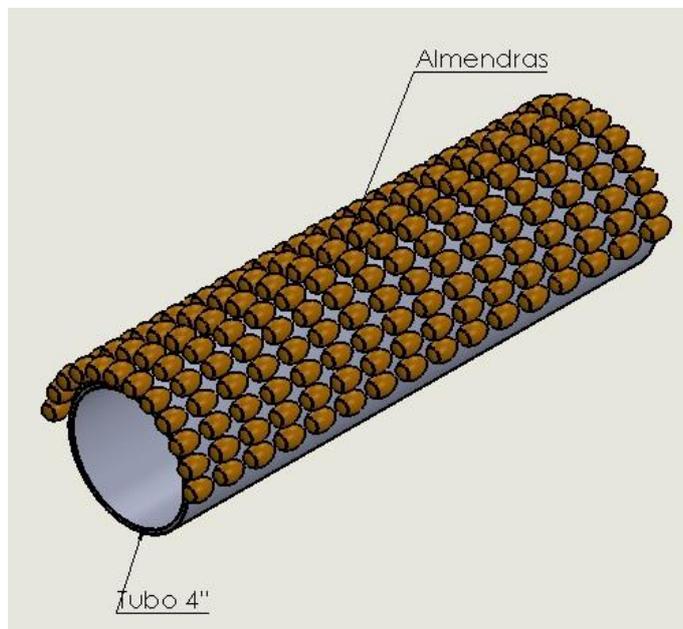


Figura 2.12. Esquema del experimento realizado para observar el volumen que ocupa en un tubo de 4 [in].

Fuente: Pintado. Garcés. 2017.

Elaboración propia.

De la tabla 2.1 tenemos:

$$T_t = Tt_{in} + Tt_{out} + T_s + Tc_{in} + T_p + Tc_{out} \quad \text{Ec. (10)}$$

Donde.

T_t : Tiempo total de producción por lote.

Tt_{in} : Tiempo de llenado de tolva; 3 [s].

Tt_{out} : Tiempo de vaciado de la tolva; 2 [s].

T_s : Tiempo de selección; 5 [s].

Tc_{in} : Tiempo de llenado de cámara; 4 [s].

T_p : Tiempo de pelado; 40 [s].

Tc_{out} : Tiempo de vaciado de cámara; 5 [s].

Reemplazando los valores en la ecuación Ec. (10).

$$T_t = 60 \text{ [s]}$$

Por tanto, para obtener la producción requerida, se necesita una cierta cantidad de almendras. La producción por hora (tabla 2.1) se la reduce a producción por lote.

$$P_{lote} = M_t/n \quad \text{Ec. (11)}$$

Donde;

P_{lote} : Producción por lote.

M_t : Producción neta; 70 – 130 [Kg/hr].

n : Tasa de producción de lotes; 60 [lote/hr].

Obteniendo de la ecuación Ec. (11).

$$P_{lote} = 1 - 2 \left[\frac{Kg}{lote} \right]$$

Dicha cantidad de peso, en términos de números de almendras:

$$M_l = P_{lote} / W_a \quad \text{Ec. (12)}$$

Donde.

M_l : Almendras por lote.

P_{lote} : Producción neta por lote; 1 – 2 [Kg/lote].

W_a : Peso almendra; 1.21 [gr].

Reemplazando los valores en la ecuación Ec. (12);

$$M_l = 1648 \text{ [almendras/lote]}$$

Dados los requerimientos para un buen pelado (solamente dos capas de almendras por rodillo), se obtuvo:

$$M_l = 206 \times n_{rodillos} \times \frac{L_{rodillo}}{200} \quad \text{Ec. (13)}$$

Donde.

M_l : Almendras por lote; 1648.

$n_{rodillos}$: Número de rodillos; 4.

$L_{rodillo}$: Longitud del rodillo.

Reemplazando los valores en la ecuación (Ec. (13)) se tiene;

$$L_{rodillo} = 400 \text{ [mm]}$$

2.4.2 Peso del tambor

Como se observa en la figura 2.11, el peso del tambor es distribuido por toda la longitud del mismo, esto, realizando la suposición que el material es isotrópico, lo cual no es del todo cierto pero dado el pequeño espesor que va a tener con respecto a su longitud, se infiere que no variará los resultados finales. El peso se lo determina conociendo las dimensiones y las propiedades del material, obtenidas mediante investigaciones, los valores se muestran en la tabla 2.9.

Tabla 2.9. Especificaciones y dimensiones del tambor.

Material:	Acero Inoxidable Aisi-316
Densidad. (ρ):	7960 [Kg/m ³]
Diámetro exterior. (D_{tambor}):	101.6 [mm]
Longitud. ($L_{rodillo}$):	400 [mm]
Espesor de pared. (e_{tambor}):	3.05 [mm]

Fuente: Pintado. Garcés. 2017.

Elaboración propia.

El peso del tambor está dado por:

$$W_{tambor} = \frac{\rho * \pi * (D_{tambor} - d_{tambor})^2 * g}{4} \quad \text{Ec. (14)}$$

Donde:

W_{tambor} : Peso del Tambor.

ρ : Densidad del material del tambor; 7960 [Kg/mm³].

D_{tambor} : Diámetro externo del tambor; 101.6 [mm].

d_{tambor} : Diámetro interno del tambor; 95.5 [mm].

g : Aceleración de la gravedad; 9.81 [m/seg²].

Por lo tanto, reemplazando los valores conocidos en la ecuación Ec. (14):

$$W_{tambor} = 63.11 [N]$$

2.4.3 Carga debido a las almendras

Para obtener mayor precisión en el dimensionamiento del eje se considera el peso de las almendras. El número de almendras situadas sobre el tambor para obtener una producción de 60 [Kg/hr] de semilla pelada por par cinemático de los rodillos es de 824 (tal y como se determinó anteriormente). El peso de las almendras situadas sobre el rodillo abrasivo está dado por la ecuación Ec. (15):

$$W_{almendras} = W_a * N \quad \text{Ec. (15)}$$

Donde:

$W_{almendras}$: Peso de las almendras por nivel.

W_a : Peso unitario de la almendra.

N : Numero de almendras; 824.

Reemplazando los valores conocidos en la ecuación (Ec. (15)):

$$W_{almendras} = 16.34 [N]$$

2.4.4 Dimensionamiento del Eje.

El eje se puede modelar como un elemento simplemente apoyado que soporta dos cargas puntuales transmitidas al mismo por medio de las tapas del tambor, junto con la fuerza proveniente de la polea, tal y como se muestra en la figura 2.13. Debido a que el eje se encuentra rotando, los esfuerzos normales producidos por la fuerza flectora de la tensión en la polea varían constantemente su dirección y magnitud, lo cual exige un análisis de falla por fatiga.

Como se trata de un proceso de dimensionamiento, los factores de corrección del esfuerzo de fatiga que experimenta el eje no se pueden determinar en primera instancia debido a su dependencia con la geometría del elemento.

Por esta razón, inicialmente se realiza un análisis estático del eje considerando un factor de seguridad elevado. Los resultados obtenidos de este análisis se comprobarán posteriormente con el respectivo proceso considerando el fenómeno de fatiga.

Se modelará en la figura 2.13 a cargas en dos planos para observar más detenidamente todas las cargas que afectarán, indicando que se considera despreciable los momentos en los apoyos del tambor por ser mínima en comparación con las otras fuerzas:

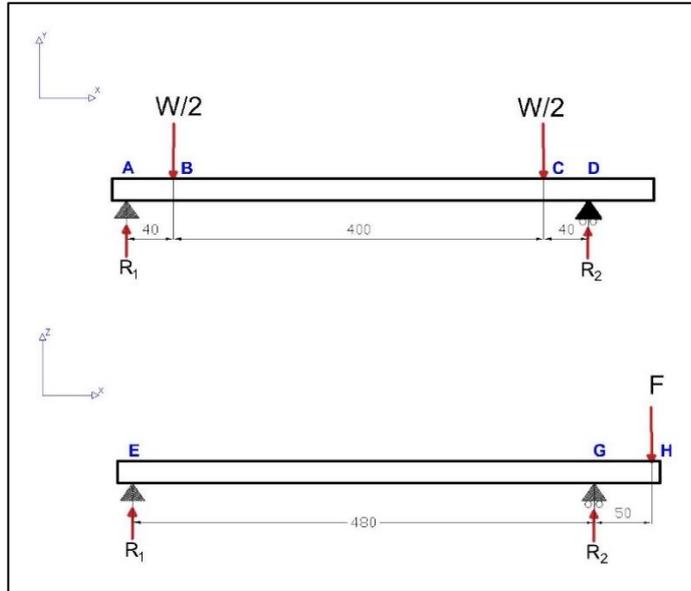


Figura 2.13. Modelo matemático simplificado del eje del tambor

Fuente: Pintado. Garcés. 2017

Elaboración propia

Las cargas externas que actúan sobre el eje debido al peso del tambor y de las almendras está dada por:

$$W = W_{tambor} + W_{almendras} \quad \text{Ec. (16)}$$

Donde:

W : Peso total al eje del tambor.

W_{tambor} : Peso del tambor; 63.11 [N].

$W_{almendras}$: Peso de las almendras por nivel; 16.34 [N].

Reemplazando los valores conocidos en la ecuación Ec. (16):

$$W = 79.45 [N]$$

La tensión en la polea se transmite al eje del tambor a manera de una carga flectora. La carga externa que actúa sobre el eje, debido a la tensión de la polea conducida está dada por:

$$F = 2 * T \quad \text{Ec. (17)}$$

Donde:

F : Fuerza sobre el eje debido a la tensión de la polea.

T : Tensión de la banda; 112 [N].

Reemplazando los valores conocidos en la ecuación Ec. (17):

$$F = 224 \text{ [N]}$$

Las reacciones en los apoyos se determinan a partir de sumatoria de fuerzas y momentos, tanto en el plano Y-X como el plano Z-X (figura 2.13).

Por lo tanto, se obtiene:

Plano Y-X:

$$R_{1y} = 39.73 \text{ [N]}$$

$$R_{2y} = 39.73 \text{ [N]}$$

Plano Z-X:

$$R_{1z} = 247.33 \text{ [N]}$$

$$R_{2z} = -23.33 \text{ [N]}$$

Donde;

R_{1z} : Reacción en el apoyo 1 en el eje Z.

R_{1y} : Reacción en el apoyo 1 en el eje Y.

R_{2z} : Reacción en el apoyo 2 en el eje Z.

R_{2y} : Reacción en el apoyo 2 en el eje Y.

Una vez que se determinaron las reacciones en los apoyos simples, se realizaron las curvas de fuerza cortante y momento flector a lo largo del eje, las mismas que se muestran a continuación en la figura 2.14 y figura 2.15.

Las curvas de momento flector en ambos planos del eje se utilizan para determinar la sección crítica donde se concentra el máximo esfuerzo normal al cual está sometido el elemento.

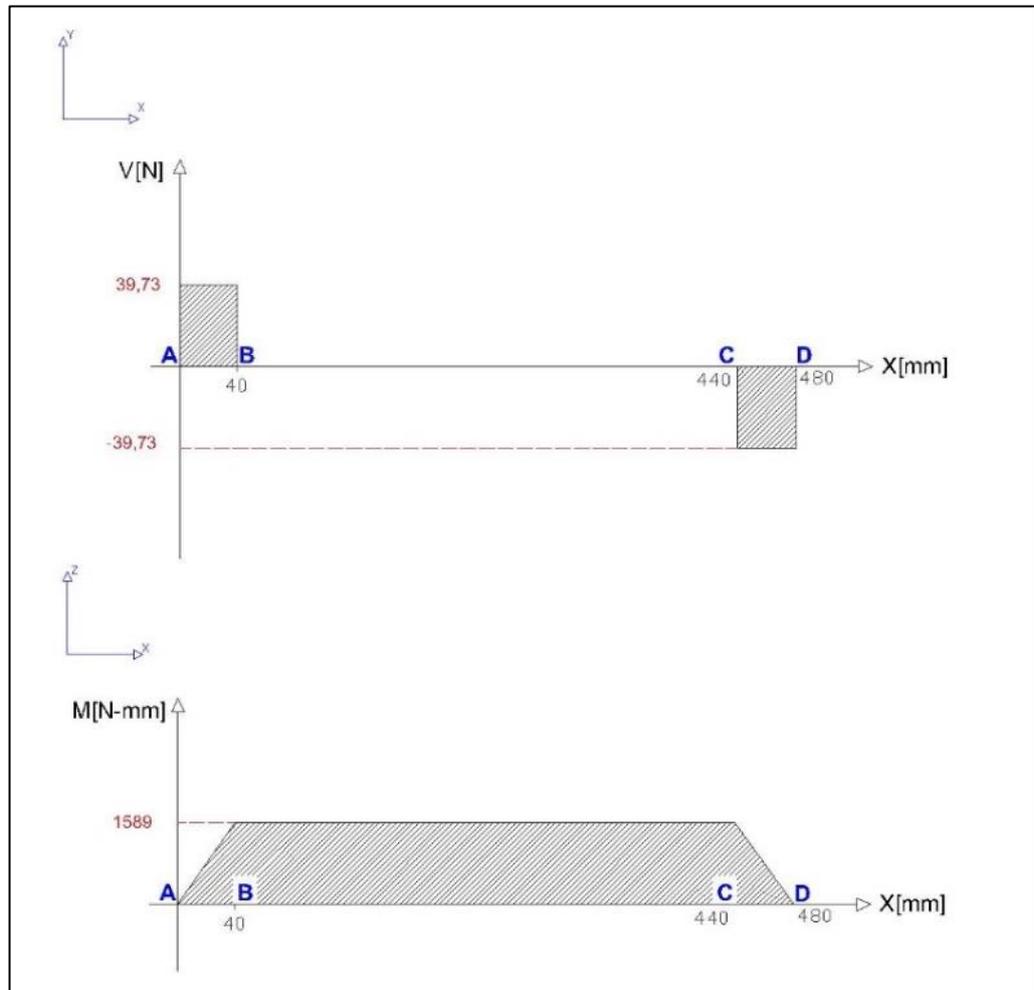


Figura 2.14. Grafico de fuerza cortante y momento flector a lo largo del eje en el plano Y-X.

Fuente: Pintado. Garcés. 2017.

Elaboración propia.

A partir de las curvas de momento flector en el eje se determina la sección crítica, En donde logramos observar que para los ejes x-z, se observa que el momento flector es mayor justo en la zona G, que se encuentra totalmente de acuerdo con la realidad debido a que cerca de la sección crítica, está la tensión de las poleas que producen dicho fenómeno. Se puede observar de mejor manera en la figura 2.15.

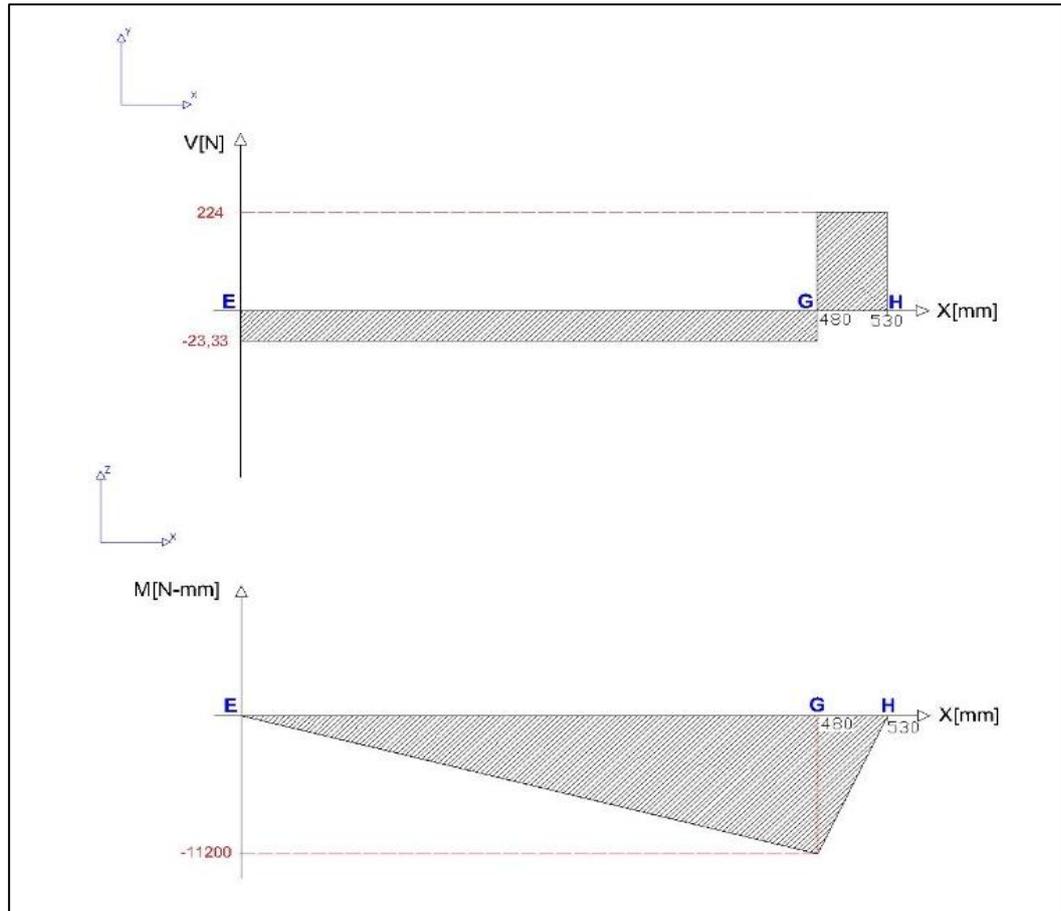


Figura 2.15. Grafico de fuerza cortante y momento flector a lo largo del eje en el plano Z-X

Fuente: Pintado. Garcés. 2017.

Elaboración propia.

- Sección Crítica: Sección G.

El momento flector resultante máximo se obtiene también de la figura 2.15, donde se muestra la curva en el plano Z-X:

$$M_{max} = 11200 \text{ [N * mm]}$$

Conociendo el momento flector máximo se lleva a cabo el diseño estático del eje con un factor de seguridad elevado para determinar un diámetro que permita calcular concentradores de esfuerzo geométricos para el proceso de fatiga. Para este caso, se calcula el esfuerzo máximo nominal, como se muestra en la ecuación Ec. (18):

$$\sigma_{max_n} = \frac{32 * M_{max}}{\pi d^3} \quad \text{Ec. (18)}$$

Donde:

σ_{max_n} : Esfuerzo máximo nominal.

M_{max} : Momento Flector máximo; 11200 [N*m].

d : Diámetro menor del eje.

En el proceso de diseño se utiliza un factor de seguridad para relacionar de forma simple el esfuerzo que experimenta un elemento con la resistencia del material del que está hecho. Esta relación se muestra en la ecuación Ec. (19).

$$\eta_e = \frac{S_y}{\sigma_{max_n}} \quad \text{Ec. (19)}$$

Donde:

η_e : Factor de seguridad estático; 5

S_y : Esfuerzo de fluencia del material del eje (AISI 1018). 370 [MPa]

Relacionando las ecuaciones Ec. (19) y Ec. (18) se obtiene una expresión para determinar el mínimo diámetro que podría tener el eje, de la siguiente manera:

$$d = \left(\frac{\eta_e * 32 * M_{max} * \pi}{S_y} \right)^{1/3} \quad \text{Ec. (20)}$$

Donde:

d : Diámetro menor del eje.

M_{max} : Momento flector máximo; 11200 [N*mm].

S_y : Esfuerzo de fluencia del material del eje (AISI 1018); 370 [MPa]

Reemplazando los valores conocidos en la ecuación Ec. (20):

$$d = 11.38 \text{ mm.}$$

Una vez determinado el diámetro menor del eje mediante el análisis estático, se debe llevar a cabo el proceso de diseño nuevamente, pero considerando el fenómeno de fatiga. Para esto, inicialmente se determinan los concentradores de esfuerzo geométrico. El montaje del eje sobre los cojinetes o rodamientos implica un cambio de sección en el mismo.

Esta variación se define en función de una relación que permite definir el factor de concentración de esfuerzo, tal y como se puede observar en la figura 2.16. Es importante tener en cuenta que el radio de curvatura que se genera en el cambio de sección también debe estar acorde a la magnitud de la reducción de la sección, es decir, a la diferencia entre los diámetros menor y mayor.

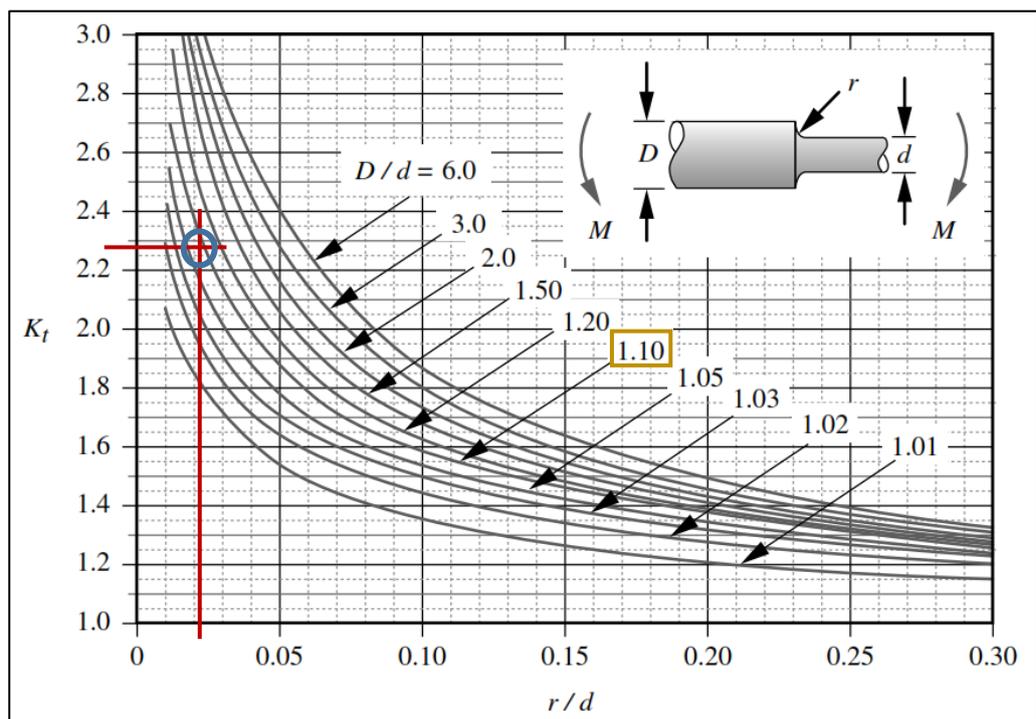


Figura 2.16. Gráfico de concentrador de esfuerzo geométrico para cargas de flexión.

Fuente: Norton. 2015.

Se define entonces una relación entre el radio de curvatura del cambio de sección y el diámetro menor del eje. Una referencia en este caso, es el radio de curvatura de la pista interior del rodamiento que se pretende utilizar como cojinetes.

Partiendo del diámetro determinado previamente en el proceso estático, es posible asumir un valor de radio de curvatura cercano al de la pista interior de los rodamientos con dicho valor de diámetro interno.

Por lo tanto, se define un valor de radio de curvatura en el cambio de sección (r) de 0.3 mm, según la información proporcionada por el catálogo del fabricante NTN (por sus siglas en inglés).

Entonces, la relación entre el radio curvatura del cambio de sección y el diámetro menor del eje será:

$$\frac{r}{d} = 0.017$$

Donde.

r : Radio de curvatura del cambio de sección

De igual forma, se define una relación de cambio de sección entre los diámetros menor y mayor del eje. El diámetro mayor del eje (D) se puede estimar debido a que ya se establecieron valores del diámetro menor y del radio de curvatura. Por lo tanto:

$$\frac{D}{d} = 1.1$$

Donde.

D : Diámetro mayor del eje

Se obtuvo entonces, para el cambio de sección necesario en el eje, que produce una zona de concentrador de esfuerzo, una magnitud de aumento de esfuerzo de:

$$K_t = 2.28$$

El concentrador de esfuerzo es un valor muy importante que debe ser tomado en cuenta, sin excepción, para cualquier análisis que incluya cargas fluctuantes.

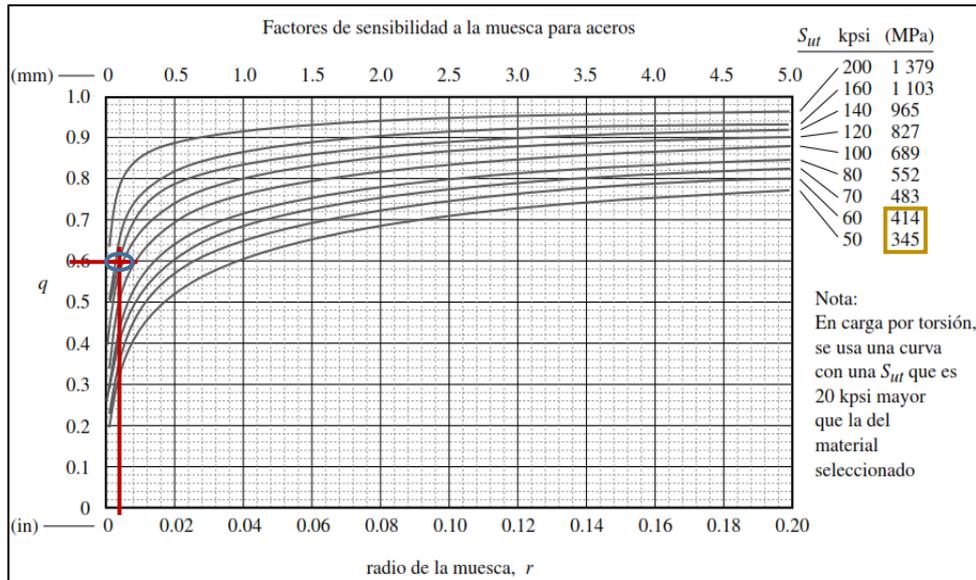


Figura 2.17. Gráfico de sensibilidad a la muesca para diferentes materiales.

Fuente: Norton. 2015.

En la figura 2.17 se muestran los factores de sensibilidad a la muesca para diferentes materiales en función del radio de curvatura del cambio de sección. En la gráfica se presenta una curva para un determinado valor de esfuerzo último. Conociendo el material del elemento analizado, se establece un valor de sensibilidad a la muesca para un determinado cambio de sección. En este caso, se obtuvo para el eje el siguiente valor de sensibilidad a la muesca (q):

$$q = 0.6$$

El valor del concentrador de esfuerzo por fatiga está dado por la figura 2.16.

$$K_f = 1 + q(K_t - 1) \quad \text{Ec. (21)}$$

Donde:

K_f : Concentrador de esfuerzo por fatiga.

q : Factor de sensibilidad a la muesca; 0.6.

K_t : Concentrador de esfuerzo geométrico; 2.28.

Reemplazando los valores conocidos en la ecuación Ec. (21):

$$K_f = 1.77$$

La resistencia de un elemento sometido a la acción de esfuerzos variables en el tiempo se denomina límite de resistencia a la fatiga. Este límite se define como un nivel de esfuerzo por debajo del cual el elemento puede ser sometido a cargas cíclicas de manera indefinida (Norton, 2015). Para materiales metálicos como el acero, cuyo esfuerzo último es menor a 200 Ksi, el límite de resistencia a la fatiga se define de la siguiente manera:

$$S_e = 0.5 * (S_{ut}) \quad \text{Ec. (22)}$$

Donde:

S_e : Límite de resistencia a la fatiga teórica.

S_{ut} : Esfuerzo último del material. 440 [MPa].

Reemplazando los valores conocidos en la ecuación Ec. (22):

$$S_e = 220 \text{ [MPa]}$$

Sin embargo, el límite de resistencia a la fatiga de un material se obtiene de muestras que se han sido sometidas a esfuerzos variables en el tiempo de manera sinoidal.

Por esta razón, se deben corregir estos valores para considerar las diferencias físicas que existen entre una prueba y una aplicación real.

Generalmente se consideran cinco aspectos para la corrección: el tipo de carga, el tamaño del elemento, la temperatura, el acabado superficial y un porcentaje de confiabilidad a criterio propio.

En el eje actúa una carga de flexión debido a las poleas, por lo tanto, el factor de corrección para la resistencia a la fatiga debido a la carga (C_{carga}) es igual a 1. El factor de corrección por tamaño para un elemento que está sometido a tensión o cargas axiales puras ($C_{tamaño}$) es igual a 1. (Norton, 2011).

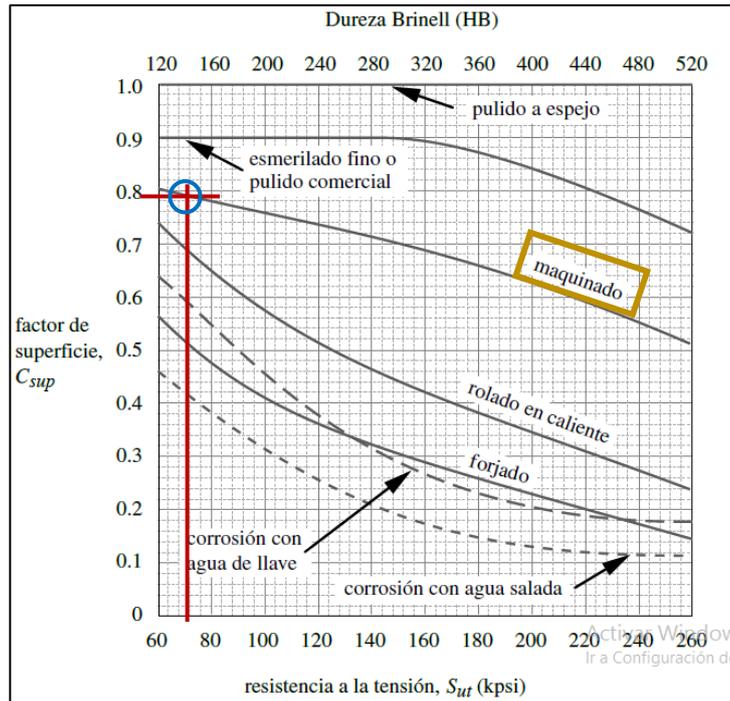


Figura 2.18. Factores de superficie para varios acabados en acero

Fuente: (Norton, 2011).

La superficie del elemento que se analiza es un factor significativo en la concentración de esfuerzos debido a irregularidades en el proceso de manufactura.

En la figura 2.18 se muestra el factor de corrección de superficie en función de la resistencia última para diferentes procesos de manufactura de piezas y elementos mecánicos. En este caso, el eje se fabricara por un proceso de maquinado en acero AISI 1018 ($S_{ut} = 440$ [MPa]). Por lo tanto, el factor de corrección de superficie (C_{sup}) correspondiente es aproximadamente 0.76 (Norton, 2011).

El efecto de la temperatura es realmente significativo en el análisis de un elemento sometido a fatiga cuando se alcanzan valores superiores a los 450°C. Esto se debe a que las pruebas generalmente se realizan a temperatura ambiente. Para el eje del tambor abrasivo, que opera a temperatura ambiente. Este efecto no tiene implicación, por ende, el factor de corrección por temperatura (C_{temp}) es igual a 1 (Norton, 2011).

El límite de resistencia a la fatiga se determina mediante un conjunto de pruebas cuyos resultados se obtienen del análisis estadístico de dichos valores. Por tal razón, se debe establecer cierto grado de confiabilidad en el proceso de diseño por fatiga, que disminuya la posibilidad de errores a causa de la desviación estándar de los datos. Para una confiabilidad del 99.99% el factor de confiabilidad correspondiente (C_{conf}) es de 0.702, tal y como se muestra en la tabla 2.10.

Tabla 2.10. Factores de confiabilidad para diseño por fatiga

% de confiabilidad	C_{conf}
50	1.000
90	0.897
95	0.868
99	0.814
99.9	0.753
99.99	0.702
99.999	0.659
99.9999	0.620

Fuente: (Norton, 2011).

Una vez determinados los factores de corrección, se calcula nuevamente el límite de resistencia a la fatiga considerando todos estos valores junto con el límite de resistencia a la fatiga teórico definido previamente en la ecuación Ec. (22).

$$S_e = C_{carga} * C_{tam} * C_{temp} * C_{sup} * C_{conf} * S_e \quad \text{Ec. (23)}$$

Donde:

S_e : Límite de resistencia a la fatiga.

C_{carga} : Factor de corrección por carga.

C_{tam} : Factor de corrección por tamaño.

C_{temp} : Factor de corrección por temperatura.

C_{sup} : Factor de corrección por superficie.

C_{conf} : Factor de corrección por confiabilidad.

S_e : Límite de resistencia a la fatiga teórica; 220 [MPa].

Tabla 2.11. Factores de corrección para la resistencia a fatiga del eje de los tambores abrasivos.

C_{carga} :	1
C_{tam} :	1
C_{temp} :	1
C_{sup} :	0.76
C_{conf} :	0.702

Fuente: Pintado, Garcés, 2016.

Elaboración propia.

Reemplazando los valores conocidos que se muestran en la tabla 2.11 en la ecuación Ec. (23) se tiene:

$$S_e = 165.39 [Mpa]$$

El esfuerzo al que está sometido el elemento también se corrige cuando se analiza la fatiga, como se observa en la ecuación Ec. (24):

$$\sigma_{max} = \frac{32 * M_{max}}{\pi d^3} * K_t \quad \text{Ec. (24)}$$

Donde:

σ_{max} : Esfuerzo normal máximo.

M_{max} : Momento Flector máximo; 11200 [N*m].

d : Diámetro menor del eje.

K_t : Concentrador de esfuerzo por fatiga; 1.77.

De igual forma como fue realizado en el análisis estático, para relacionar el esfuerzo al que está sometido el eje y su resistencia, se utiliza la siguiente relación:

$$\eta_f = \frac{S_e}{\sigma_{max}} \quad \text{Ec. (25)}$$

Donde:

η_f ; Factor de Seguridad en Fatiga; 3.

S_e : Límite de resistencia a la fatiga; 165.39 [Mpa]

σ_{max} : Esfuerzo normal máximo.

Relacionando las ecuaciones Ec. (24) y Ec. (25) se obtiene una expresión para determinar el mínimo diámetro que debe tener el eje, de la siguiente manera:

$$d = \left(\frac{\eta_f * 32 * M_{max} * K_t * \pi}{S_e} \right)^{1/3} \quad \text{Ec. (26)}$$

Donde:

d : Diametro menor del eje.

η_f ; Factor de seguridad en fatiga; 3.

M_{max} : Momento flector máximo; 11200 [N*mm].

K_t : Concentrador de esfuerzo por fatiga; 1.77.

S_e : Límite de resistencia a la fatiga.

Finalmente, reemplazando los valores conocidos en la ecuación Ec. (26) se obtiene el diámetro mínimo del eje (figura 2.19):

$$d = 15.4 \text{ mm.}$$

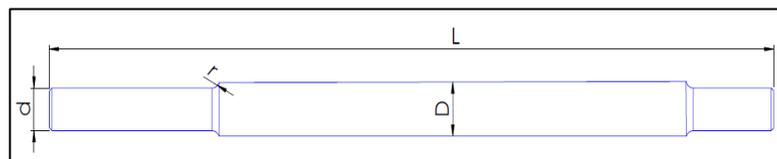


Figura 2.19. Representación esquemática del eje soporte de rodillos abrasivos.

Garcés, Pintado, 2017.

Elaboración propia.

2.4.5 Selección de rodamientos

Para la selección de los rodamientos se considerará el crítico, que es el rodamiento que sostiene los rodillos que pelan la almendra. Si en esta sección se dañan los rodamientos bajaría la confiabilidad y rendimiento del pelado. Para este diseño, es necesario basarse en ciertos resultados obtenidos del diseño del eje. Uno de ellos, son las reacciones en los apoyos, debido a que todas las fuerzas aplicadas a los rodillos se transmitirán a sus apoyos, que precisamente son los rodamientos.

Los rodillos tendrán dos apoyos, para ello se calcularon y se obtuvieron los siguientes resultados:

Apoyo 1:

$$R_{1y}=39.725 \text{ [N]}$$

$$R_{1z}=247.33 \text{ [N]}$$

Apoyo 2:

$$R_{2y}=39.725 \text{ [N]}$$

$$R_{2z}=23.33 \text{ [N]}$$

Por lo tanto, la reacción total está dada por:

$$R_{t1} = \sqrt{R_{1y}^2 + R_{1z}^2} \quad \text{Ec. (27)}$$

Reemplazando los valores conocidos de la ecuación Ec. (27) se obtiene:

$$R_{t1} = \text{Reacción total en el apoyo 1} = 250.5 \text{ [N]}$$

$$R_{t2} = \text{Reacción total en el apoyo 2} = 46.07 \text{ [N]}$$

Se asume el uso de cojinete antifricción por encima de los cojinetes de chapas debido a que no se tienen fuerzas excesivas.

Se escoge un rodamiento de bolas por ser el más económico. Primero se comienza dirigiéndose a la tabla 6.5. Apéndice B en la sección de anexos de este informe, en donde se diseña para una máquina de constante uso las 8 horas del día. Se escoge la máquina similar, en este caso, las laminadoras. En la tabla 6.5 del apéndice B, indica un rango de vida requerida en horas dependiendo de lo que se requiera, se escogerá el mínimo por ser el más económico. por tanto:

$$L_{10h} = 4 \times 10^3 \text{ [hr]}$$

Se tiene para el rodamiento del apoyo 1:

$$C_r = \left[\frac{60 \times W_{\text{rodillos}} \times L_{10h}}{10^6} \right]^{1/p} \times P_r \quad \text{Ec. (28)}$$

Donde:

P_r : La fuerza de reacción en el apoyo; 250.5 [N]

p : Constante del tipo de rodamiento a escoger; rodamiento de bolas = $\frac{1}{3}$

C_r : Capacidad básica de carga dinámica

L_{10h} : Vida nominal del rodamiento con 90% de confiabilidad; 4×10^3 horas

Entonces. para carga dinámica. se tiene de la ecuación Ec. (28):

$$C_r = 0.91 \text{ [KN]}$$

Conociendo el valor de C_r , se escoge el rodamiento 6703 porque se encuentra con el diámetro interno más cercano al eje dimensionado y la capacidad de carga dinámica es mayor a la requerida:

$$C_r = 1 \text{ [KN]} > 0.91 \text{ [KN]}.$$

Las especificaciones del rodamiento seleccionado se encuentran en la tabla 6.6. Apéndice B en la sección de anexos de este informe. Se debe

también comprobar que el rodamiento soportara la carga estática, para lo cual se utiliza la ecuación Ec. (29).

$$\frac{C_{or}}{P_{or}} > 1 \quad \text{Ec. (29)}$$

Donde,

C_{or} : Capacidad básica de carga estática. 0.66 [KN].

P_{or} : Carga estática a los apoyos. 0.25 [KN].

Por tanto, reemplazando los valores conocidos en la ecuación Ec. (29):

$$\frac{C_{or}}{P_{or}} = 2.64$$

Entonces:

$$2.64 > 1. \text{ si cumple.}$$

Para el rodamiento en el apoyo 2, la carga es considerablemente menor, pero debido a la dimensión del eje, se escogerá el mismo rodamiento y de esta manera no se tendrá que maquinarse al eje excesivamente. De cualquier manera, se verifica que el rodamiento 6703 también cumple los requerimientos para el lado 2:

Para la carga dinámica, se vuelve a utilizar la ecuación Ec. (28). Para el apoyo 2, los valores son:

P_r : La fuerza de reacción en el apoyo; 46.07 [N]

p : Constante del tipo de rodamiento a escoger; rodamiento de bolas = $\frac{1}{3}$

C_r : Capacidad básica de carga dinámica

L_{10h} : Vida nominal del rodamiento con 90% de confiabilidad; 4×10^3 horas

Reemplazando los valores conocidos en la ecuación Ec. (28). se tiene que:

$$C_r = 0.17 \text{ [KN]}$$

Para el rodamiento 6703, la carga dinámica es mayor a la requerida:

$$C_r=1 \text{ [KN]} > 0.17 \text{ [KN]}.$$

Se debe también comprobar que el rodamiento soportara la carga estática, para lo cual se utiliza la ecuación Ec. (30).

$$\frac{C_{or}}{P_{or}} > 1 \quad \text{Ec. (30)}$$

Donde.

C_{or} : Capacidad básica de carga estática. 0.66 [KN].

P_{or} : Carga estática a los apoyos. 0.046 [KN].

Reemplazando los valores conocidos en la ecuación Ec. (30):

$$\frac{C_{or}}{P_{or}} = 14.3$$

Entonces:

$$14.3 > 1. \text{ si cumple.}$$

Por lo tanto, se escogerán dos rodamientos 6703, uno para cada apoyo.

2.4.6 Simulación del rodillo y su eje

El diseño del eje resultó ser mayor a 15 [mm], y el rodamiento que soporte la carga y que el diámetro interno sea el inmediato superior al eje diseñado es de 17 [mm]. Por tanto, se diseñó con un eje de $\frac{3}{4}$ [in] (19.05 [mm]) para satisfacer ambos requerimientos.

Al diseño final, debido a que es un sistema crítico se realizó la respectiva simulación estructural para asegurarnos que no falle. Esta simulación debe ser similar a la obtenida de manera analítica, dado que, se realizaron las mismas suposiciones incluyendo cada una las cargas y material seleccionado.

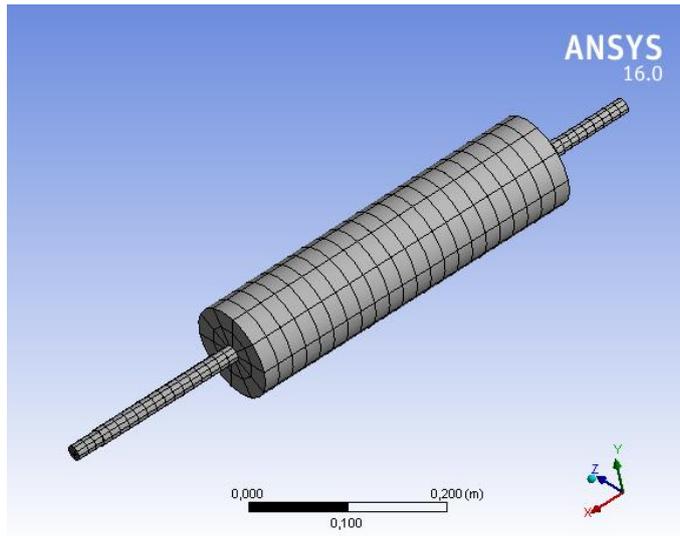


Figura 2.20. Mallado del diseño para su posterior análisis en ANSYS.

Fuente: Pintado, Garcés, 2017

Elaboración propia

En la figura 2.20 se observa el mallado con una calidad ortogonal aceptable (Orthogonal quality=0.6) para que los resultados sean confiables. Los resultados se observan en la figura 2.21, donde se observa la deformación total, el esfuerzo y el factor de seguridad por fatiga.

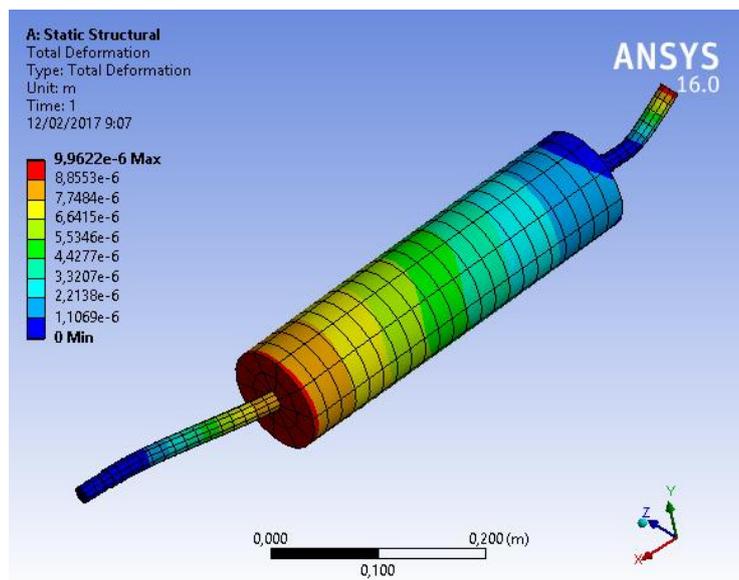


Figura 2.21. Deformación total del sistema de pelado.

Fuente: Pintado, Garcés, 2017

Elaboración propia

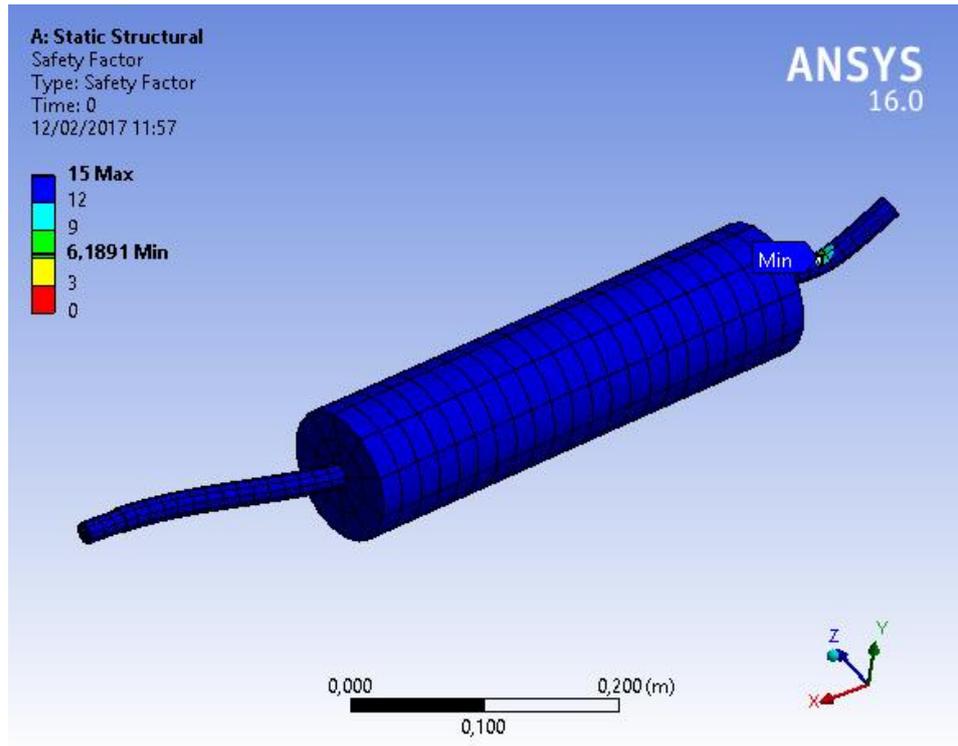


Figura 2.22. Factor de seguridad dado por fatiga.

Fuente: Pintado. Garcés, 2017.

Elaboración propia.

Se observa en la figura 2.21 que la deformación total en el rodillo es de aproximadamente 0.001 [mm], lo que indica que no será un factor determinante para el diseño y se asegura que las almendras no caerán entre los rodillos debido a la elasticidad del material, y la confiabilidad de la máquina aumenta.

En la figura 2.22 se observa el factor de seguridad en fatiga del material dado por un esfuerzo fluctuante, en donde se observa que, en el punto crítico llega a ser de 6, mucho mayor que el obtenido de manera analítica, esto porque se tuvo que aumentar el diámetro del eje para que se pueda utilizar un rodamiento disponible en el catálogo, y por tanto el factor de seguridad subió. Indistintamente de ello, se comprueba que no fallará cuando se generan las cargas respectivas durante el funcionamiento de la máquina, lo cual resulta un resultado positivo del proceso de diseño aplicado.

2.4.7 Diseño de Soldadura del tambor

El tambor que actúa como rodillo abrasivo se conecta al eje mediante un buje, una brida y un disco que se unen mediante soldadura al mismo. Generalmente se suelda la brida al disco y el disco se une al tambor mediante un cordón circunferencial en una junta a filete. Esta soldadura debe soportar los esfuerzos que se producen por el movimiento rotacional del eje y también el efecto de las cargas externas que actúan directamente sobre el tambor. La representación de la unión soldada se muestra en la figura 2.23.

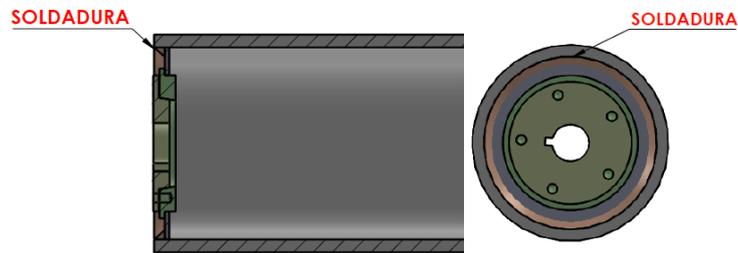


Figura 2.23. Junta soldada de tambor-disco

Fuente: Pintado, Garcés, 2017.

Elaboración propia.

La junta soldada del tambor con los discos en sus extremos se puede representar como una línea, según el modelo de Blodgett (Norton, 2011). Las cargas del sistema, debido al peso propio del tambor y también al peso de las almendras, generan un esfuerzo cortante puro y un esfuerzo normal por flexión en la junta soldada.

Si bien es cierto que la carga del sistema se distribuye a lo largo de la superficie del rodillo, se considera que la resultante de la misma se ubica en el punto medio de la distribución, con la finalidad de trasladar la carga hasta la soldadura y poder analizar el efecto del momento flector.

La representación del modelo de línea de la soldadura se muestra en la figura 2.24.

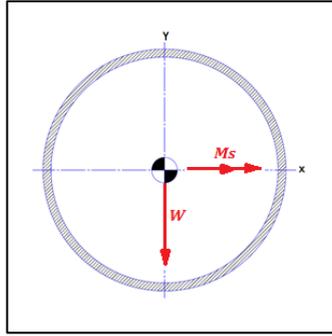


Figura 2.24. Modelo de línea de la soldadura del tambor.

Fuente: Garcés, Pintado, 2017.

Elaboración propia.

La fuerza cortante que actúa sobre la junta la soldada es equivalente al peso total del sistema (**W**). El momento flector está dado por la ecuación Ec. (31).

$$M_s = W * \frac{L_{rodillo}}{2} \quad \text{Ec. (31)}$$

Donde:

M_s: Momento flector de la junta soldada.

W: Peso total al eje del tambor; 79.45 [N].

L_{rodillo}: Longitud del rodillo; 400 [mm].

Reemplazando los valores conocidos en la ecuación Ec. (31) se obtiene:

$$M_s = 8072.12 [N * mm]$$

Una vez determinado el modelo y las cargas que actuaran sobre la junta soldada, se determinan las fuerzas por unidad de longitud de garganta de la soldadura (Ec. (32)) y (Ec. (33)).

$$f_v = \frac{\Delta W}{A_w} \quad \text{Ec. (32)}$$

Donde:

f_v : Fuerza cortante por unidad de longitud de garganta.

ΔW : Variación del peso del sistema; 158.9 [N].

A_w : Factor geométrico en cortante para soldadura.

$$f_b = \frac{Ms}{S_w} \quad \text{Ec. (33)}$$

Donde:

f_b : Fuerza flectora por unidad de longitud de garganta.

Ms : Momento flector de la junta soldada; 158.9 [N].

A_w : Factor geométrico en flexión para soldadura.

Las expresiones para determinar los factores geométricos para el análisis de la soldadura se obtienen de la figura 2.25.

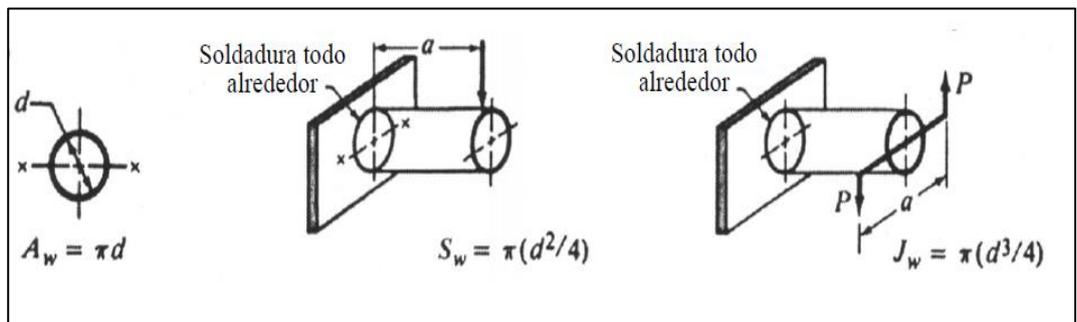


Figura 2.25. Factores geométricos para analizar la soldadura como una línea.

Fuente: (Norton, 2011).

Por lo tanto:

$$A_w = \pi * D_{tambor} \quad \text{Ec. (34)}$$

Donde:

D_{tambor} : Diámetro externo del tambor; 4 [in].

Reemplazando los valores conocidos en la ecuación Ec. (34) se obtiene:

$$A_w = 319.19 \text{ mm}$$

De igual manera:

$$S_w = \pi * \frac{D_{tambor}^2}{4} \quad \text{Ec. (35)}$$

Reemplazando los valores conocidos en la ecuación Ec. (35) se obtiene:

$$S_w = 8107.32 \text{ mm}$$

Una vez determinados los factores geométricos ya es posible determinar las fuerzas por unidad de longitud de garganta. Reemplazando los valores conocidos en la Ec. (32) se obtiene:

$$f_v = 0.5 \left[\frac{N}{mm} \right]$$

Reemplazando los valores conocidos en la Ec. (33) se obtiene:

$$f_b = 1 \left[\frac{N}{mm} \right]$$

Debido a que ambas componentes de fuerza por unidad de longitud son ortogonales, la fuerza resultante se determina de forma sencilla mediante la Ec. (36):

$$f_R = \sqrt{f_v^2 + f_b^2} \quad \text{Ec. (36)}$$

Donde:

f_R : Fuerza resultante por unidad de longitud de garganta en la soldadura.

Reemplazando los valores conocidos en la Ec. (36) se obtiene:

$$f_R = 1.12 \left[\frac{N}{mm} \right]$$

Se debe relacionar la resistencia del material de aporte que conforma que el cordón de soldadura con el esfuerzo al que está sometido, mediante un factor de seguridad que se asume según la criticidad del elemento que se analiza. En este caso se debe tomar en cuenta que el elemento está sometido a fatiga y se diseña para que tenga vida infinita, tal y como se muestra en la ecuación Ec. (37).

$$\eta_w = \frac{Sers}{\Delta\tau} \quad \text{Ec. (37)}$$

Donde:

η_w : Factor de seguridad de la junta soldada; 2.

$Sers$: Intervalo de esfuerzo de la resistencia en el limite de fatiga.

$\Delta\tau$: Intervalo de esfuerzo cortante en la junta soldada.

Para determinar el esfuerzo al que está sometida la soldadura se utiliza la expresión descrita en la ecuación Ec. (37).

$$\Delta\tau = \frac{f_R}{t} \quad \text{Ec. (38)}$$

Donde:

$\Delta\tau$: Intervalo de Esfuerzo cortante en la junta soldada.

f_R : Fuerza resultante por unidad de longitud de garganta en la soldadura.

t : Garganta del cordón de soldadura.

Reemplazando la ecuación Ec. (38) en la ecuación Ec. (37) se obtiene una expresión para determinar la garganta del cordón de soldadura, tal y como se muestra en la ecuación Ec. (39).

$$t = \frac{f_R * \eta_w}{Sers} \quad \text{Ec. (39)}$$

En la figura 2.26 se muestra una gráfica que relaciona el intervalo de resistencia de esfuerzo a la fatiga con el número de ciclos para diferentes

categorías. Para el material de aporte de una junta soldada, se utiliza la curva de la categoría F.

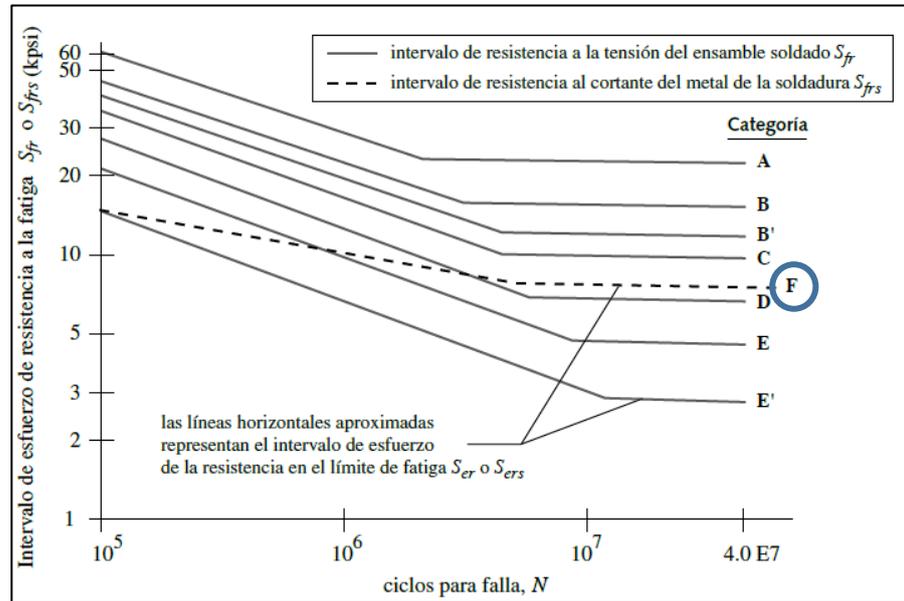


Figura 2.26. Grafica del intervalo de esfuerzo de resistencia a la fatiga.

Fuente: (Norton, 2011).

En la tabla 2.12 se muestran valores de intervalos de esfuerzo de la resistencia en el límite de fatiga para cada una de las categorías de ensambles soldados y el metal de aporte que conforma el cordón de soldadura de una determinada junta.

Tabla 2.12. Intervalos de esfuerzo de resistencia en el límite de fatiga.

Categoría del AISC	C_f SI	S_{er} MPa
A	170 E10	165
B	83 E09	110
B'	42 E09	82
C	30 E09	69
D	15 E09	48
E	7.6 E09	31
E'	2.7 E09	18
F	10 E12	55

Fuente: (Norton, 2011).

Para la categoría F:

$$S_{ers} = 55 \text{ [MPa]}$$

Reemplazando los valores conocidos en la ecuación Ec. (39) se obtiene:

$$t = 0.04 \text{ [mm]}$$

De igual forma se puede obtener la pierna del cordón de soldadura, utilizando la ecuación Ec. (40).

$$w = \frac{t}{0.707} \quad \text{Ec. (40)}$$

Donde:

w : Pierna de la soldadura.

t : Garganta de la soldadura; 0.04 [mm].

Reemplazando los valores conocidos en le ecuación Ec. (40) se obtiene:

$$w = 0.06 \text{ [mm]}$$

La norma AWS D1.1 establece dimensiones mínimas del cordón de soldadura para elementos de máquinas en función del espesor del metal base, tal como se muestra en la tabla 2.13.

En esta norma se establece que para una junta soldada con un material base de espesor menor a 1/4 de pulgada el valor mínimo para la pierna del cordón de soldadura es de 1/8 de pulgada. El valor calculado es menor al mínimo permitido según AWS, por lo que la soldadura del tambor deberá tener como mínimos los siguientes valores:

$$w = 3.18 \text{ [mm]}$$

$$t = 2.25 \text{ [mm]}$$

Tabla 2.13. Tamaños mínimos de soldaduras en filetes.

Espesor del metal base (T)	Tamaño mínimo de la soldadura
<u>tamaño en pulgadas</u>	
$T \leq 1/4$	1/8
$1/4 < T \leq 1/2$	3/16
$1/2 < T \leq 3/4$	1/4
$3/4 < T$	5/16
<u>tamaños en mm</u>	
$T \leq 6$	3
$6 < T \leq 12$	5
$12 < T \leq 20$	6
$20 < T$	8

Fuente: (Norton, 2011)

2.4.8 Acabado superficial de los rodillos abrasivos.

Finalmente, para terminar el diseño del sistema de pelado, se necesita prestar especial atención al acabado superficial que va a tener el rodillo; esto, porque este acabado va a ser el encargado de pelar a la semilla mediante abrasión, sin dañarlo; al igual que debe generar turbulencia dentro del sistema de pelado, pero no exageradamente para no perjudicar a la calidad del producto final; por último, debe ser de tal manera que permita a la almendra tener una tendencia hacia delante para poder generar un flujo eficaz de salida hacia el sistema de descarga.

Se plantearon algunas alternativas desde recubrimientos hasta maquinar al propio eje, es entonces que mediante una investigación minuciosa se decidió por la segunda opción. Se maquinará el rodillo dándole un acabado superficial rugoso y abrasivo moleteandolo de tal manera que dure y sea lo suficientemente invasivo en la semilla para lograr el objetivo de pelarlo (Universidad del Trabajo de Uruguay, 2014).

Acorde a la norma INEN ecuatoriana (INEN 883, 1990). Se tiene el moleteado a la derecha (figura 2.27), el tipo de moleteado que se escogió por tener puntas en relieve (para pelar) y de forma helicoidal (para mover a

la semilla de la almendra hacia delante), según la especificación técnica (DIN, 2012), se refiere al moleteado escogido como (Moleteado DIN 82 RBR girado a 45°).

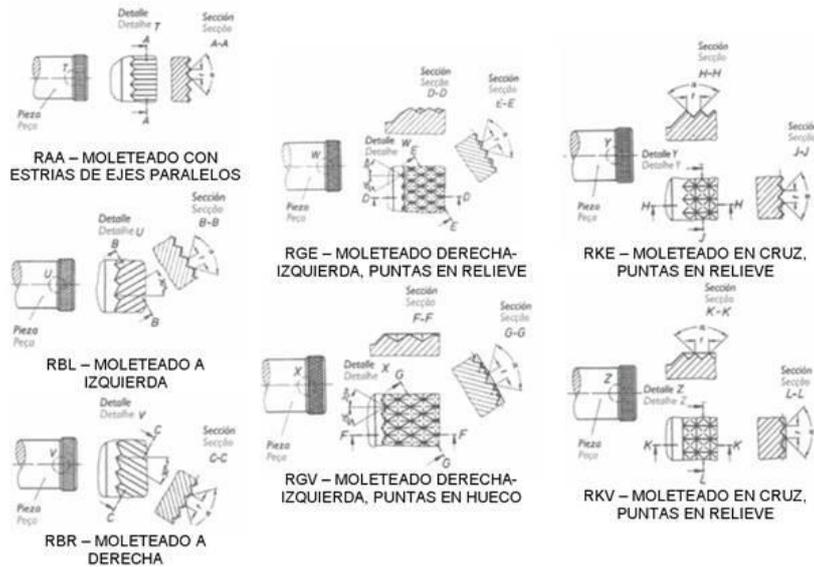


Figura 2.27. Tipos de moleteado a utilizar

Fuente: (INEN 883, 1990)

2.5 Sistema de admisión.

El sistema de admisión tiene como meta asegurar el almacenamiento de la materia prima para la selección en el proceso subsiguiente (figura 2.28). Asimismo, es necesario que garantice un flujo de almendras correcto, para ello se usará a la fuerza de la gravedad y se analizará el factor de fricción que tienen dichas almendras.

Por último, es necesario verificar que obteniendo el volumen necesario, no sobrepase la altura requerida acorde a la norma técnica del Instituto Nacional de Seguridad, Higiene y Trabajo (INSHT), (figura 6.1) por temas ergonómicos de levantamiento y manipulación de cargas manuales.

En la siguiente gráfica se observa el proceso con más detalle de cada sección del sistema de admisión que comprende básicamente la tolva y su estructura de soporte.

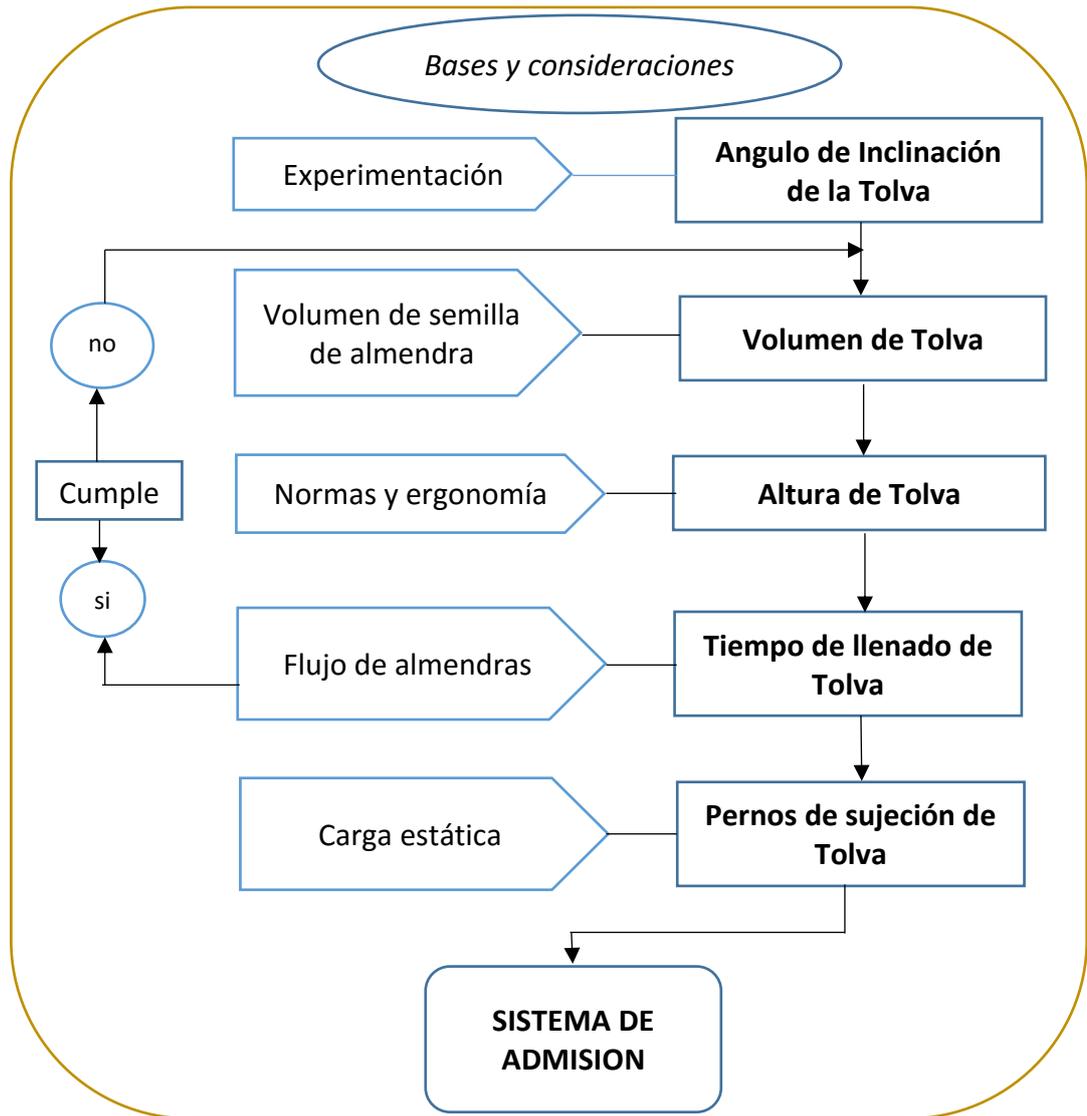


Figura 2.28. Metodología de diseño para el sistema de admisión.

Fuente: Pintado, Garcés, 2017

Elaboración propia.

2.5.1 Cálculo del ángulo de inclinación en la tolva

Para comenzar a dimensionar la tolva, es necesario analizar el ángulo de inclinación (figura 2.29) para que no exista el efecto embudo y se disminuya el riesgo de atascamiento.

Asimismo, se deberá determinar los ángulos de manera experimental. (Chiliguana & Villavicencio, 2016), analizan un método para determinar β , para el cual se necesitó de un plano de acero inoxidable y la materia prima (almendra sin pelar). Se observó cuando el material empezaba a deslizar a

partir cierto ángulo. Un esquema representativo se encuentra en la figura 2.30.

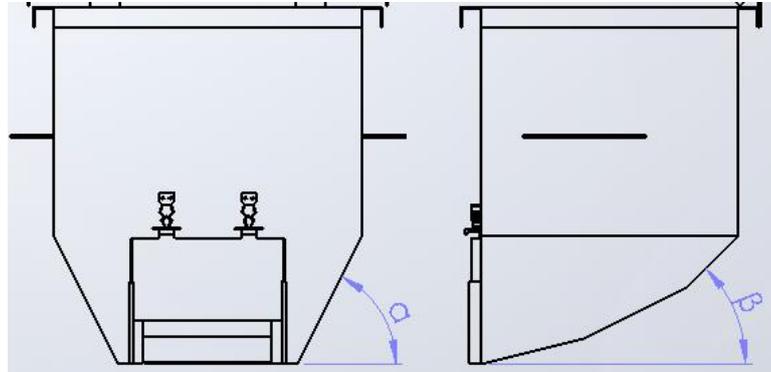


Figura 2.29. Ángulos críticos para el dimensionamiento de la tolva

Pintado, Garcés, 2017

Elaboración propia.

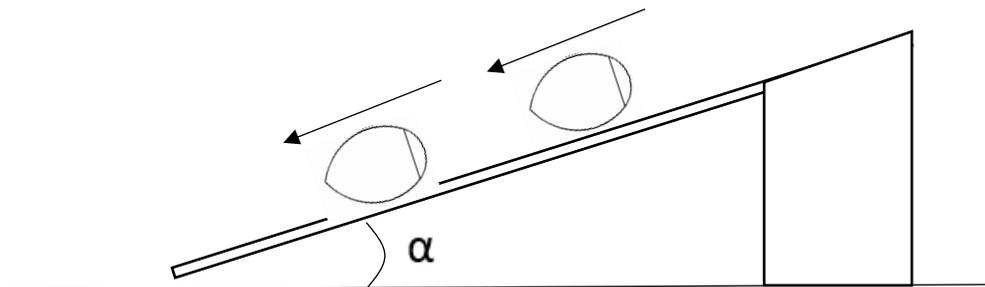


Figura 2.30. Esquema representativo de experimento para obtener ángulo mínimo en tolva.

Fuente: Pintado, Garcés, 2017

Elaboración propia.

Obteniendo como resultado, el ángulo mínimo para la tolva:

$$\beta = \alpha = 13^\circ$$

Donde.

β : Inclinación secundaria de la tolva

α : Inclinación principal de la tolva

Cabe recalcar que el sistema va a estar en constante vibración por el sistema de selección, por tanto, no importará diseñar la tolva con el mínimo ángulo permisible.

2.5.2 Cálculo del volumen de la Tolva

La tolva será dimensionada con base a la producción para la cual es fabricada la máquina. En la tabla 2.1 se especifica una capacidad para abarcar 100 [Kg/hr], con un error porcentual del 30[%]. Por tanto, la producción fluctuará entre 70 a 130 [Kg/hr]. Para ello se analiza el caso más crítico.

Para una producción de 130 [Kg/hr] se especificará a continuación la mayor capacidad posible de la tolva tomando en cuenta normas de seguridad y ergonomía reduciendo al máximo el número de llenados de la tolva por hora. El diseño de la tolva se realizó con base a una caída para evitar que almendras se queden reposadas en la tolva sin ser enviadas a la cámara de pelado.

Acorde a la universidad de Málaga, el peso máximo que puede cargar una persona es de 25 [Kg] (tabla 2.15). Sin embargo, por motivos de altura, se diseñó para levantar cargas por la altura de los hombros (1.5 [m] aprox.), para la cual, la Universidad Nacional de Córdoba recomienda no cargar más de 20 [Kg] (figura 2.31)

Teniendo en cuenta todos los factores anteriormente mencionados, se obtuvo un diseño de la tolva el cual tiene las siguientes características:

Tabla 2.14. Especificaciones de la tolva a fabricar

Especificación	Cantidad
Longitud. (L_{tolva})	350 [mm]
Ancho. (A_{tolva})	300 [mm]
Profundidad. (P_{tolva})	250 [mm]
Pendiente mínima. (β). (α)	14 °
Volumen total de la tolva. (V_{tolva})	21.99 [lts]

Fuente: Pintado, Garcés, 2017.

Elaboración propia.

Tabla 2.15. Pesos recomendados para una carga en condiciones ideales de levantamiento.

Tipo	Peso Máximo
En General	20 [Kg]
Mayor protección (mujeres, jóvenes, mayores)	15 [Kg]
Trabajadores entrenados	30 [Kg]

Fuente: (Universidad de Málaga, 2006).

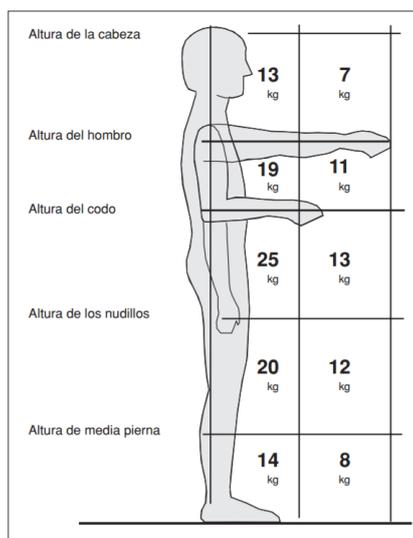


Figura 2.31. Peso teórico recomendado en función de la zona de manipulación.

Fuente: (Universidad Nacional de Río Cuarto, 2010)

Sabiendo las propiedades de la almendra (tabla 2.3) y de la tolva (tabla 2.14), se tiene la ecuación Ec. (41):

$$N_{alm} = \frac{V_{tolva}}{V_a} \quad \text{Ec. (41)}$$

Donde:

N_{alm} = Número de almendras posibles dentro de la tolva

V_{tolva} = Volumen total de la tolva; 21.99 [lts]

V_a = Volumen unitario de la almendra; 0.001925 [lts]. (tabla 2.3)

Por tanto, reemplazando los valores en la ecuación Ec. (41) se tiene:

$$N_{alm}=11425 \text{ [almendras]}$$

Sabiendo el peso de la almendra especificado en la tabla 2.3. se tiene un peso equivalente que se puede colocar en la tolva de:

$$W_{Tolva}= 13.9 \text{ [Kg]}$$

Lo que indica que lo puede realizar cualquier persona (tabla 2.15), y acorde a los tiempos de pelado (1 minuto por lote (Tabla 2.1)), se infiere que se necesitará rellenar la tolva cada 7 minutos lo que se estima es un tiempo prudencial para evitar un segundo operador en la máquina.

Debido a que la seguridad ocupacional es muy importante, se realiza un análisis con la guía técnica de INSHT, para el cual se utiliza la figura 2.32.



Figura 2.32. Forma de calcular el peso recomendado de manipulación manual.

Fuente: (INSHT, 2011).

Entonces se tiene la ecuación Ec. (42) .

$$W_{aceptable} = W_{teórico} * F.C_{vertical} * F.C_{giro} * F.C_{agarre} * F.C_{frecuencia} \quad \text{Ec. (42)}$$

Donde,

$W_{aceptable}$: Peso recomendado por INSHT (INSHT, 2011)

$W_{teórico}$: Peso teórico (figura 2.31)

$F. C_{vertical}$: Factor de corrección por desplazamiento vertical

$F. C_{giro}$: Factor de corrección por giro

$F. C_{agarre}$: Factor de corrección por agarre

$F. C_{frecuencia}$: Factor de corrección por frecuencia de manipulación

Mediante un análisis exhaustivo (tabla 2.16) de cada factor de corrección acorde a la guía técnica, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 2.16. Factores de corrección por manipulación de cargas.

Factor de Análisis		Valor
Corrección		
Desplazamiento vertical [$F. C_{vertical}$]	Se moverán los sacos hasta una altura aproximada de 1.5 metros.	0.84
Giro [$F. C_{giro}$]	EL giro con los sacos de almendras no será pronunciado, se asume un ángulo de 30 ^a	0.9
Agarre [$F. C_{agarre}$]	El agarre será regular debido a que no tiene hendiduras tan óptimas	0.95
Frecuencia [$F. C_{frecuencia}$]	Se manipularán los sacos 1 vez cada 7 minutos, 8 horas al día.	0.85

Fuente: Pintado, Garcés, 2017

Elaboración propia.

Lo que reemplazando en la ecuación Ec. (42).

$$W_{aceptable} = 15.2 [Kg]$$

Lo cual es un valor superior al que se va a manipular (13.9 [Kg]), por lo que se asegura que se cumplen los requisitos de seguridad ocupacional.

2.5.3 Diseño de los pernos para la sujeción de la tolva.

Por temas de mantenibilidad y portabilidad se consideró necesario mantener a la tolva y su soporte con una sujeción del tipo desmontable y

de esta manera asegurar un buen lavado de la tolva (mantenimiento) y una posible instalación en espacios confinados (portable).

Los pernos de la tolva son los encargados de sujetar la misma junto con todo el peso que esto implica (tolva llena con las almendras sin pelar). Estos pernos soportan principalmente la fuerza cortante (figura 2.33) que se transmite desde la tolva, a la estructura. Sin embargo, la estructura también experimenta el efecto de las fuerzas dinámicas originadas por el mecanismo de vibración, las cuales también se transmiten a los pernos, debido a que están sujetos a la misma.

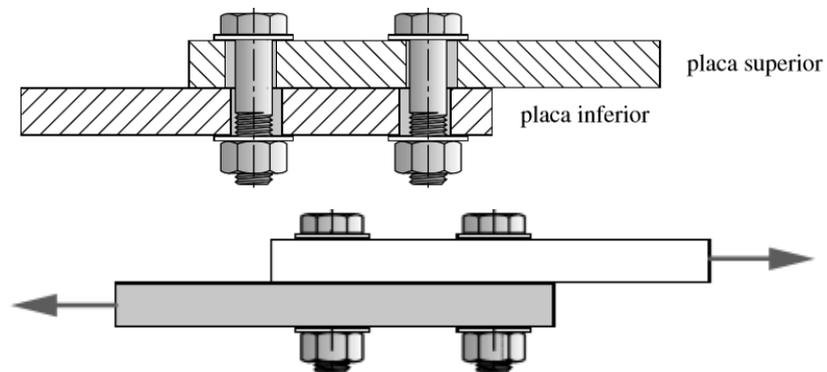


Figura 2.33. Pernos sometidos a esfuerzos cortantes.

Fuente: (Norton, 2011)

El modelo matemático se muestra a continuación en la figura 2.34.

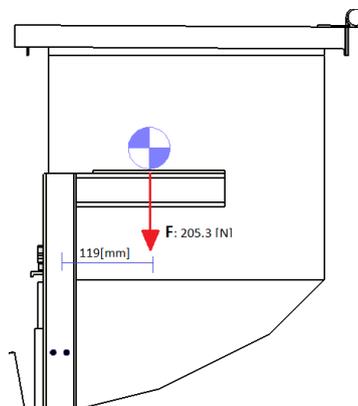


Figura 2.34. Diagrama esquemático de la fuerza en la tolva aplicada para el diseño de pernos

Fuente: Pintado, Garcés, 2017

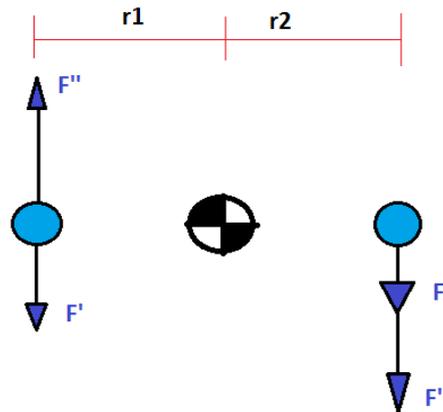


Figura 2.35. Diagrama esquemático de las fuerzas aplicadas en los pernos

Fuente: Pintado, Garcés, 2017

Elaboración propia.

Para este modelo matemático se observa que existen dos fuerzas que están siendo aplicadas, la fuerza debido al peso F' , y la fuerza debido al momento generado por ser una carga excéntrica F'' , para realizar todo lo mencionado, se necesita obtener los centros geométricos de cada arreglo y de la tolva; gracias a la simetría de los pernos, se logró realizarlo sin complicaciones, mientras que el punto de la tolva donde está concentrada la fuerza se obtuvo gracias a un software de diseño asistido por computadora (solidworks). Se sabe la masa aplicada en el punto fijo, por tanto.

$$P_t = (M_{tolva} + M_{alm}) \times g \quad \text{Ec. (43)}$$

Donde,

P_t : Fuerza aplicada en la tolva

M_{tolva} : Masa equivalente obtenida para la tolva; 7 [Kg]

M_{alm} : Masa equivalente de almendras cuando la tolva está totalmente llena; 13.9 [Kg]

g : Gravedad; 9.81 [m/seg²]

Reemplazando los valores en la ecuación Ec. (43).

$$P_t = 205.03 [N]$$

Por lo tanto, se tiene.

$$F' = \frac{P_t}{n_{\text{lado}} \times n_{\text{perno}}} \quad \text{Ec. (44)}$$

Donde,

F' : Fuerza aplicada en cada perno.

P_t : Fuerza aplicada en la tolva; 205.03 [N]

n_{lado} : número de lados que soportan la fuerza; 2

n_{perno} : número de pernos que soportan la fuerza por lado; 2

Reemplazando los valores en la ecuación Ec. (44).

$$F' = 51.26 \text{ [N]}$$

Mientras que para la fuerza excéntrica se obtiene el momento aplicado.

$$M_{\text{pernos}} = P_t \times \text{dist} \quad \text{Ec. (45)}$$

Donde,

M_{pernos} : Momento aplicado a los pernos debido a la fuerza excéntrica

P_t : Fuerza aplicada en la tolva; 205.03 [N]

dist : Excentricidad entre el centro geométrico de la tolva y los pernos; 119 [mm]

Reemplazando en la ecuación Ec. (45) se tiene.

$$M_{\text{pernos}} = 24398.57 \text{ [N. mm]}$$

Luego,

$$F'' = \frac{M_{\text{pernos}} \times r_{\text{perno1}}}{(r_{\text{perno1}})^2 + (r_{\text{perno2}})^2} \quad \text{Ec. (46)}$$

Donde,

F'' : Fuerza creada por el momento.

r_{perno1} : Distancia entre el centro geométrico y el perno 1

r_{perno2} : Distancia entre el centro geométrico y el segundo perno.

M_{pernos} : Momento aplicado a los pernos debido a la fuerza excéntrica.

Como los pernos son simétricos, se tiene la ecuación Ec. (47).

$$r_{perno1} = r_{perno2} \quad \text{Ec. (47)}$$

Se decide utilizar para dichas distancia un valor de 6 [mm] para que los pernos estén ubicados lejos del filo de la viga que lo soporta.

Obteniendo como resultado de la ecuación Ec. (46).

$$F'' = 508.33 [N]$$

Como se puede observar en la figura 2.35, en el perno 1 la fuerza principal y la secundaria se restan entre sí, sin embargo, en el perno 2, las fuerzas se suman y resultan de una fuerza final más fuerte, por lo que se infiere que es el perno más crítico. Se obtiene la fuerza resultante:

$$F_{total} = F' + F'' \quad \text{Ec. (48)}$$

Donde,

F_{total} : Fuerza total a la cual está sometido el perno crítico.

Dando como resultado de la ecuación Ec. (48).

$$F_{total} = 559.6 [N]$$

Se observa que los pernos están sometidos a cargas que generan un esfuerzo cortante entre el perno y la plancha de acero, para ello se aplica, por teoría de falla estática, el Círculo de Mohr asumiendo la clase del perno:

Tabla 2.17. Especificaciones métricas y resistencias para pernos de acero.

Tabla 11-7 Especificaciones métricas y resistencias para pernos de acero

Número de clase	Intervalo del tamaño del diám. ext. (mm)	Resistencia de prueba mínima (MPa)	Resistencia a la fluencia mínima (MPa)	Resistencia a la tensión mínima (MPa)	Material
4.6	M5–M36	225	240	400	bajo o medio carbono
4.8	M1.6–M16	310	340	420	bajo o medio carbono
5.8	M5–M24	380	420	520	bajo o medio carbono
8.8	M3–M36	600	660	830	medio carbono, Q&T
9.8	M1.6–M16	650	720	900	medio carbono, Q&T
10.9	M5–M36	830	940	1 040	martensita al bajo carbono, Q&T
12.9	M1.6–M36	970	1 100	1 220	aleación, templada y revenida

Fuente: Pintado, Garcés, 2017

Elaboración propia

Por tanto, por términos de costos, se escogió de la tabla 2.17 el perno de menor clase:

$$S_{y\text{perno}} = 240 \text{ [MPa]}$$

Donde,

$S_{y\text{perno}}$: Resistencia a la fluencia del perno por tensión

Para la resistencia de materiales dúctiles como el acero sometidos a esfuerzos cortante acorde al círculo de mohr (Norton, 2011):

$$S_{sy} = 0.577 \times S_{y\text{perno}} \quad \text{Ec. (49)}$$

Donde,

S_{sy} : Resistencia a la fluencia por cortante.

Se obtiene de la ecuación Ec. (49).

$$S_{sy} = 138.48 \text{ [MPa]}$$

Asumiendo un factor de seguridad aceptable para el análisis.

$$\eta = 2$$

Se sabe que el factor de seguridad está basado por la ecuación Ec. (50).

$$\eta = \frac{S_{sy}}{\tau} \quad \text{Ec. (50)}$$

Donde,

τ_{perno} : Esfuerzo cortante a la que está sometido el perno

$$\tau_{perno} = \frac{F_{total}}{\pi \times d_{perno}^2 / 4} \quad \text{Ec. (51)}$$

Donde,

d_{perno} : Diámetro del perno.

Se obtiene de la ecuación Ec. (51).

$$d_{perno} = 3.21 [mm]$$

Seguidamente se analiza el esfuerzo de aplastamiento para observar si el espesor del material de la viga es suficiente (figura 2.34) y no habrá riesgo de que el material fluya y genere una especie de ojo chino en el orificio del perno, para ello se obtiene el factor de seguridad de la plancha de acero en la ecuación Ec. (52).

$$\eta = \frac{S_{yperno}}{\sigma_{AP}} \quad \text{Ec. (52)}$$

Donde,

σ_{AP} : Esfuerzo de aplastamiento

η : Factor de seguridad para aplastamiento, se asumirá de 2.

Se sabe que,

$$\sigma_{AP} = \frac{F_{total}}{d_{perno} \times e} \quad \text{Ec. (53)}$$

Donde,

e : Espesor de la plancha.

Dando como resultado de la ecuación Ec. (53).

$$e = 1.46 [mm]$$

Se observa que el espesor mínimo de la viga es de alrededor de 1.5 [mm], se colocará una viga de espesor de 2 [mm] para garantizar un buen acople.

2.6 Sistema de selección.

El sistema de selección es crítico debido a que debe dejar pasar las semillas de la almendra de manera tal que se puedan agrupar por tamaño sin generar atascamiento; es por ello que en los pasos de diseño (figura 2.36) se especifican cuestiones de dimensiones (para que la almendra que deba ir al segundo nivel, pueda hacerlo sin ninguna restricción) y de fuerzas (análisis cinemático y dinámico para asegurarse de no existir picos de esfuerzos).

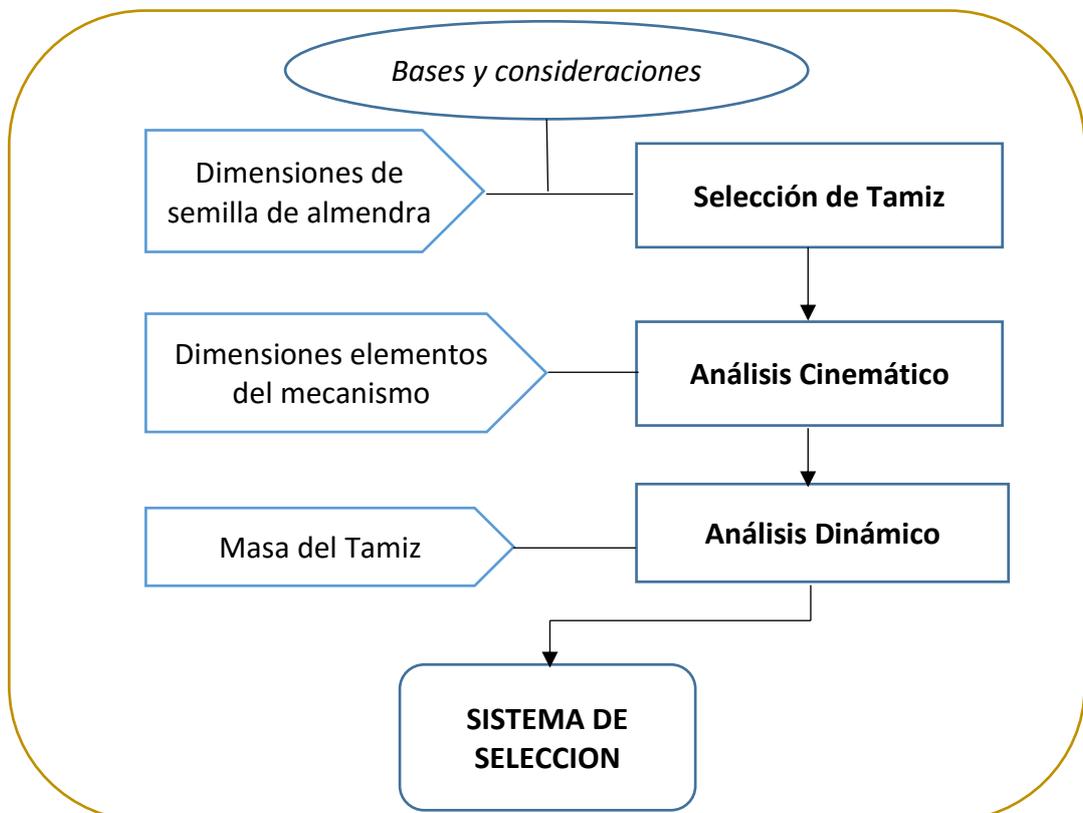


Figura 2.36. Metodología de diseño para el sistema de selección.

Fuente: Pintado, Garcés, 2017

Elaboración propia.

2.6.1 Cálculo de los orificios en el tamiz vibratorio.

Las almendras difieren relativamente en su tamaño, lo que impide un buen pelado, para ello fue necesario realizar pruebas experimentales con almendras tomando 3 medidas (figura 2.37) de cada una (largo, ancho y profundidad). Dichas tablas (tabla 6.7 y tabla 6.9) se encuentran en los anexos. Una vez obtenido el número adecuado, se procedió a analizar los datos.

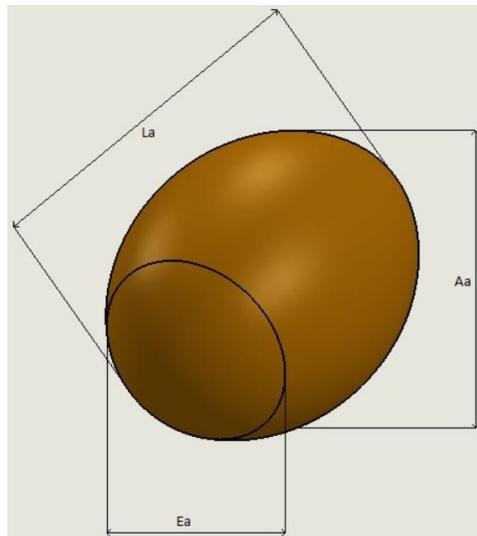


Figura 2.37. Medidas referenciales de la almendra; longitud (La), ancho (Aa) y espesor (Ea).

Fuente: Pintado, Garcés, 2017

Elaboración propia.

Según (John Francis Kenney, 1947), para el análisis de las medidas se dividen las observaciones en 7 clases, cada clase es el rango de medidas para agrupar los datos y ver la frecuencia.

Para obtener el rango de cada clase, se complementa el límite superior e inferior de las observaciones con un número entero, luego se lo divide para el número de clases y consigue el tamaño del rango.

Una vez definidas las clases, se observa la frecuencia que cada almendra tenía sobre cierta dimensión y colocándolo en su respectivo rango, obteniendo así un histograma para cada medida.

En el histograma se puntualizó la tendencia que existe en las medidas, al igual que el porcentaje acumulado, para observar en el primer caso si existe una tendencia normal o de algún tipo, y en el segundo caso, para mapear hasta que rango de medida existe el 50% de las almendras y así obtener dos grupos de almendras que, en el diseño, se dirigirán a distintos rodillos, y así mejorar el pelado.

Observando estos histogramas se puede concluir con 3 medidas concretas para destacar que estadísticamente el 50% de almendras en nuestra zona (zona 8) se encontrarán por debajo de las medidas de la tabla 2.18, estas medidas serán tomadas como referencia para el diseño del tamiz y que de esta manera cumpla los requerimientos anunciados anteriormente.

Se comenzó con la medida de la longitud (figura 2.38).

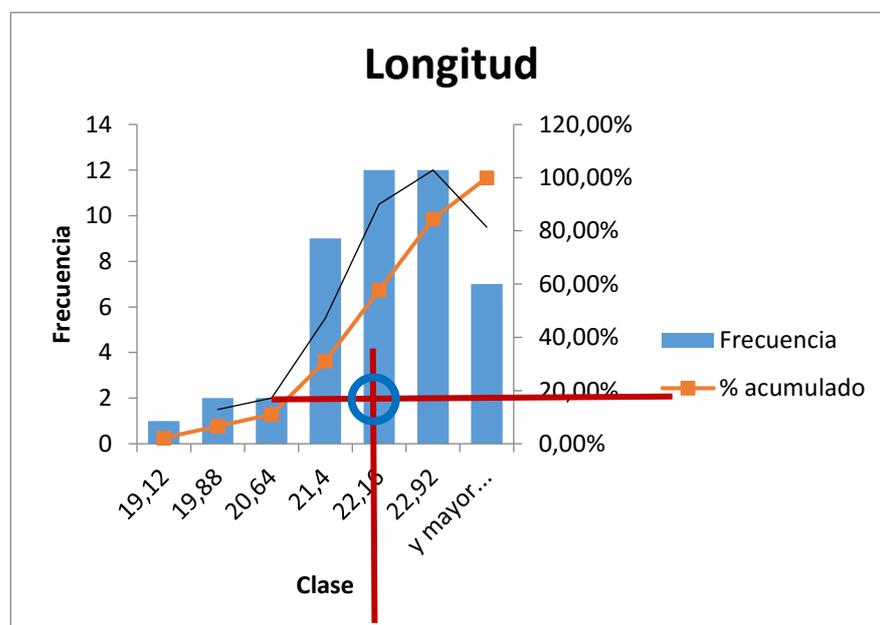


Figura 2.38. Comportamiento estadístico de la almendra en sus dimensiones (longitud).

Fuente: Pintado, Garcés, 2017

Elaboración propia.

Para el ancho (figura 2.39).

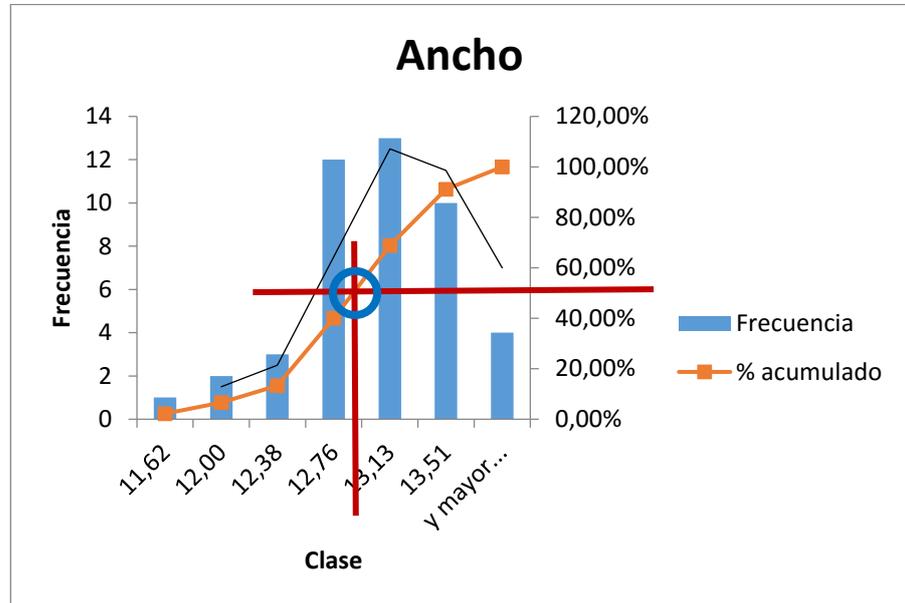


Figura 2.39. Comportamiento estadístico de la almendra en sus dimensiones (Ancho).

Fuente: Pintado, Garcés, 2017

Elaboración propia.

Y para el espesor (figura 2.40).

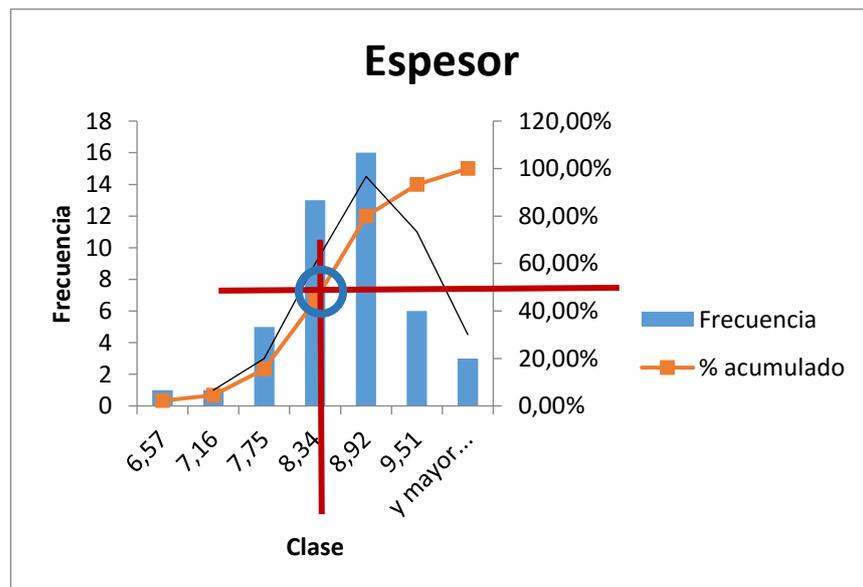


Figura 2.40. Comportamiento estadístico de la almendra en sus dimensiones (Espesor).

Fuente: Pintado, Garcés, 2017

Elaboración propia.

Tabla 2.18. Medidas a las cuales el 50% de las almendras estarán por debajo.

Largo [L_a]	22 [mm]
Ancho[A_a]	13 [mm]
Espesor [E_a]	8.5 [mm]

Fuente: Pintado, Garcés, 2017

Elaboración propia.

El tamiz vibratorio se lo realizará con una malla electro soldada.

2.6.2 Análisis del mecanismo de vibración del tamiz

La función principal del tamiz es clasificar las almendras antes de que ingresen a los rodillos abrasivos, permitiendo el paso por el mismo nivel de las semillas más grandes y dejando caer hacia el nivel inferior aquellas que resulten ser más pequeñas. Ante esto, es muy favorable el movimiento de este elemento de forma oscilatoria para orientar las semillas directamente hacia los agujeros de forma repetida conforme se deslizan por la superficie.

Existen diferentes formas de generar un movimiento periódico o vibratorio, pero tomando en cuenta las consideraciones de diseño que se pretende cumplir en relación al tamaño y consumo energético, se plantea aprovechar el movimiento giratorio de una de las poleas del sistema de transmisión. El mecanismo de cuatro barras permite transformar de forma sencilla un movimiento rotacional en un desplazamiento lineal oscilante.

Para la manivela del mecanismo de cuatro barras se utilizó un elemento excéntrico al eje de apoyo de la polea, conectado directamente a la biela, que a su vez se une a una corredera tipo bisagra fijada al tamiz.

De igual forma, el mecanismo fue orientado con la misma inclinación del tamiz (10° con respecto a la horizontal) originándose una excentricidad entre el apoyo de la manivela y la línea de acción de la corredera. El diagrama cinemático representativo del mecanismo se muestra en la figura 2.41.

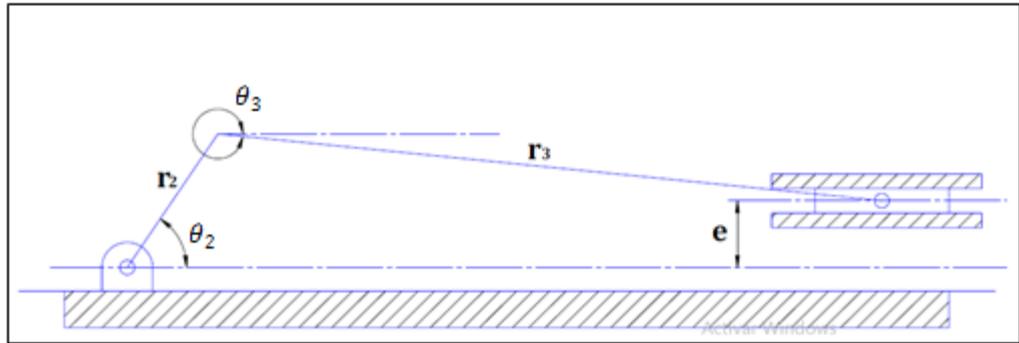


Figura 2.41. Esquema cinemático de mecanismo vibratorio de 4 barras.

Garcés, Pintado, 2017.

Elaboración propia.

Para determinar las ecuaciones de movimiento del mecanismo se utiliza el método vectorial en donde se representa cada elemento del mecanismo con un vector completamente definido, tal y como se puede observar en la figura 2.42.

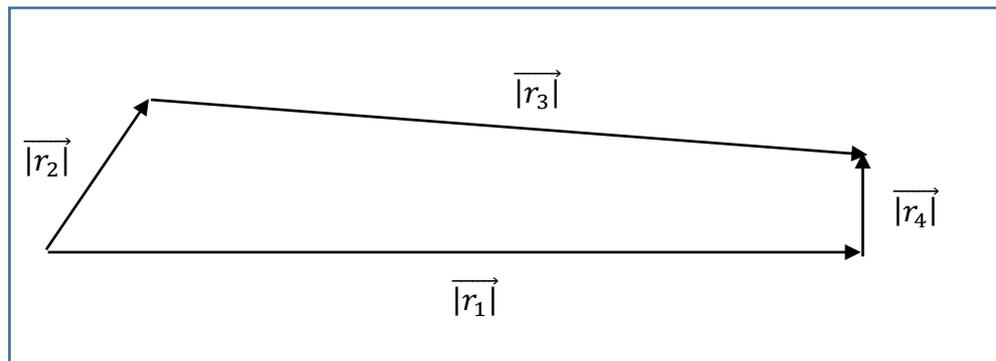


Figura 2.42. Representación vectorial del mecanismo de cuatro barras

Fuente: Pintado, Garcés, 2017

Elaboración propia.

Las longitudes de los elementos que conforman el mecanismo se determinaron a partir del espacio disponible en la máquina en función de la posición del sistema de transmisión y la zona de entrada de las almendras. Se diseñó lo más ergonómico posible.

Los valores establecidos se muestran en la tabla 2.19.

Tabla 2.19. Dimensiones principales de mecanismo de vibración.

Longitud manivela (r_2)	115 [mm]
Longitud biela (r_3)	216 [mm]
Excentricidad (r_4)	110 [mm]
Velocidad angular de la manivela (ω_2)	21 [rad/s]

Fuente: Pintado, Garcés, 2016

Elaboración propia

El comportamiento cinemático de la corredera se analizará mediante el desplazamiento, la velocidad y aceleración en función del ángulo de giro de la manivela. Con esto se podrá constatar si el movimiento originado por el mecanismo es el adecuado para cumplir con el requerimiento de selección y clasificación.

Para establecer ecuaciones del movimiento del mecanismo se utiliza el método vectorial del lazo cerrado, tal y como se muestra en la figura 2.42.

Los vectores se relacionan entre sí acorde a la ecuación Ec. (54):

$$\vec{r}_2 + \vec{r}_3 = \vec{r}_1 + \vec{r}_4 \quad \text{Ec. (54)}$$

Donde:

\vec{r}_1 : Vector posición corredera.

\vec{r}_2 : Vector posición punto A (manivela).

\vec{r}_3 : Vector posición punto B (biela).

\vec{r}_4 : Excentricidad.

Descomponiendo cada uno de los vectores en sus componentes en la dirección "X" y también en la dirección "Y" se obtiene una expresión para la posición de la corredera en función del ángulo de la biela, como se muestra en la ecuación Ec. (55).

$$r_1 = r_2 \cos \theta_2 + r_3 \cos \theta_3 \quad \text{Ec. (55)}$$

Donde:

r_1 : Posición de la corredera.

r_2 : Longitud de la manivela. 115 [mm].

r_3 : Longitud de la biela. 216 [mm].

θ_2 : Angulo de la manivela.

θ_3 : Angulo de la Biela.

El ángulo de la biela se puede definir mediante la ecuación Ec. (56).

$$\theta_3 = \sin^{-1} \left[\frac{r_4 - r_2 \sin \theta_2}{r_3} \right] \quad \text{Ec. (56)}$$

Donde:

r_4 : Excentricidad. 110 [mm].

Derivando con respecto al tiempo las ecuaciones de posición, se obtiene la expresión para determinar la velocidad de la corredera en función del ángulo de la manivela, como se muestra en la ecuación Ec. (57).

$$\dot{r}_1 = -r_2 \omega_2 \sin \theta_2 - r_3 \omega_3 \sin \theta_3 \quad \text{Ec. (57)}$$

Donde:

\dot{r}_1 : Velocidad de la corredera.

ω_2 : Velocidad angular de la manivela.

ω_3 : Velocidad angular de la biela.

La velocidad angular de la biela se puede definir mediante la ecuación Ec. (58).

$$\omega_3 = \frac{-r_2 \omega_2 \cos \theta_2}{r_3 \cos \theta_3} \quad \text{Ec. (58)}$$

Derivando nuevamente con respecto al tiempo las ecuaciones de velocidad, se obtiene la expresión para determinar la aceleración de la corredera en función del ángulo de la manivela, como se muestra en la ecuación Ec. (59).

$$\ddot{r}_1 = r_2\alpha_2\text{sen}\theta_2 - r_2\omega_2^2\text{cos}\theta_2 - r_3\alpha_3\text{sen}\theta_3 - r_3\omega_3^2\text{cos}\theta_3 \quad \text{Ec. (59)}$$

Donde:

\ddot{r}_1 : Aceleración de la corredera.

α_2 : Aceleración angular de la manivela.

α_3 : Aceleración angular de la biela.

La aceleración angular de la biela se puede definir mediante la ecuación Ec. (60).

$$\alpha_3 = \frac{-r_2\alpha_2\text{cos}\theta_2 + r_2\omega_2^2\text{sen}\theta_2 + r_3\omega_3^2\text{sen}\theta_3}{r_3\text{cos}\theta_3} \quad \text{Ec. (60)}$$

Las ecuaciones anteriormente descritas se analizan para varias posiciones angulares de la manivela (θ_2) en un periodo de una vuelta para conocer el comportamiento cinemático de la corredera. Los resultados se muestran en el Capítulo 3 de este trabajo.

Se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones para analizar el movimiento de la corredera:

- $\theta_4 = 90^\circ$
- $\theta_1 = 0^\circ$
- $\alpha_2 = 0$.

2.6.3 Cálculo de las fuerzas dinámicas en el tamiz

La ecuación Ec. (59) representa la aceleración de la corredera en función del ángulo de la manivela, cuyo valor varía durante todo el movimiento del

mecanismo. Esta aceleración genera fuerzas dinámicas en el tamiz que tienen un efecto directo sobre las almendras y la estructura de la máquina, razón por la cual resulta importante determinarlas y analizarlas. En la tabla 2.20 se muestran los valores de la aceleración máxima y la aceleración mínima de la corredera.

Tabla 2.20. Aceleraciones obtenidas del desarrollo del mecanismo biela-manivela-corredera.

Aceleración positiva máxima del tamiz (r_{1max+})	5500 [mm/s²]
Aceleración negativa máxima del tamiz (r_{1min-})	-6200 [mm/s²]

Fuente: Pintado, Garcés, 2017

Elaboración propia.

Las fuerzas dinámicas se determinan aplicando la segunda Ley de Newton. tal y como se muestra en la ecuación Ec. (61).

$$F_c = m_c * \ddot{r}_1 \quad \text{Ec. (61)}$$

Donde:

F_c : Fuerza dinámica en la corredera.

m_c : Masa de la corredera.

\ddot{r}_1 : Aceleración de la corredera.

La masa de la corredera se muestra en la figura 6.2 de anexos apéndice B. De esta forma se pueden conocer las fuerzas dinámicas máximas que experimenta el tamiz, las mismas que se muestran en la tabla 2.21.

Tabla 2.21. Fuerzas obtenidas del desarrollo del mecanismo biela-manivela-corredera.

Fuerza positiva máxima del tamiz (\dot{r}_{1max})	5.62 [N]
Fuerza negativa máxima del tamiz (\dot{r}_{1min})	-6.32 [N]

Fuente: Pintado, Garcés, 2017

Elaboración propia.

2.7 Sistema de almacenamiento de cascarilla

La máquina peladora de almendras tiene como materia prima a la semilla de almendra con piel, esta piel es extraída de la almendra en el sistema de pelado, en ese momento se necesita remover toda la piel suelta que se encuentra mezclada con la almendra pelada, es entonces que se crea un sistema de almacenamiento (figura 2.43) de toda la cascarilla para evitar que se obtenga como producto final a la almendra pelada junto con la piel, y así evitar un paso posterior de separación al igual que se obtiene piel de almendra acumulada para usarla en otros procesos, ya sea alimenticio o para combustible aprovechando su poder calorífico (3700 kcal / Kg) (e3calor, 2013).

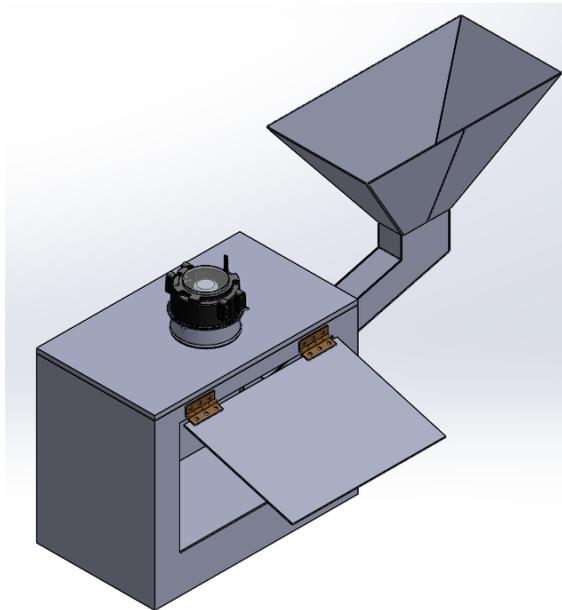


Figura 2.43. Esquema del sistema de almacenamiento de cascarilla.

Fuente: Pintado, Garcés, 2016

Elaboración propia.

2.7.1 Dimensionamiento del ducto y reservorio de piel de almendra

La piel de las semillas tiene que dirigirse por cierto ducto para lograr llegar al almacenamiento, este ducto tiene que tener una pendiente bastante amplia para favorecer a la caída de la piel con la gravedad, y el almacenamiento debe ser lo suficientemente amplio para lograr acumular un volumen total de una producción diaria.

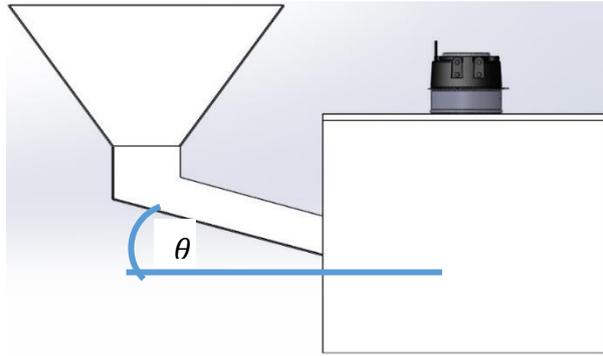


Figura 2.44. Ángulo de ducto de piel de almendra.

Fuente: Pintado, Garcés, 2017

Elaboración propia.

En la figura 2.44 se observa el ángulo mínimo que se asumirá de 20° para evitar estancamiento, el caudal de aire seleccionado para que pase por el ducto es de $75 \text{ [m}^3/\text{hr]}$ asumiendo un flujo laminar para evitar que la piel se salga del almacenamiento. Por último, se diseña una compuerta en el reservorio de la piel (figura 2.43) para retirar el producto diario.

2.7.2 Selección del motor extractor

Es necesario colocar un extractor para que genere presión negativa y succione la piel dirigiéndola hacia un sector de almacenamiento. Para que este proceso se realiza sin problemas, es necesario un buen extractor para las especificaciones de la máquina. Del catálogo de SODECA se seleccionó un extractor en línea para conductos NEOLINEO (figura 2.45), específicamente un NEOLINEO-100-Q (figura 2.46), de bajas características técnicas (tabla 6.10) debido a la poca necesidad de succión por la baja densidad de la piel de la semilla.

NEOLINEO



Figura 2.45. Esquema del extractor NEOLINEO.

Fuente: (SODECA, 2013)

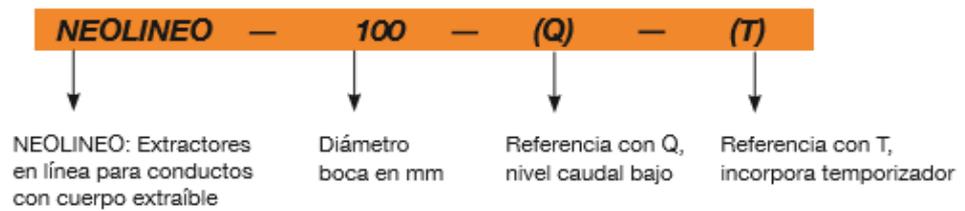


Figura 2.46. Especificación del extractor.

Fuente: (SODECA, 2013)

En la tabla 6.11, se observa las dimensiones del extractor seleccionado. Se realizaron simulaciones para observar lo siguiente:

- La caída de presión necesaria para el flujo
- Picos de velocidad
- Tipo de llenado

Para la simulación se necesitó de colocar valores de frontera, presión ambiente, el caudal requerido para que la almendra pueda llegar al reservorio y el tipo de turbulencia asumida dentro del ducto siendo de k-épsilon acorde a lo recomendado para maquinarias industriales (ANSYS, 2011)).

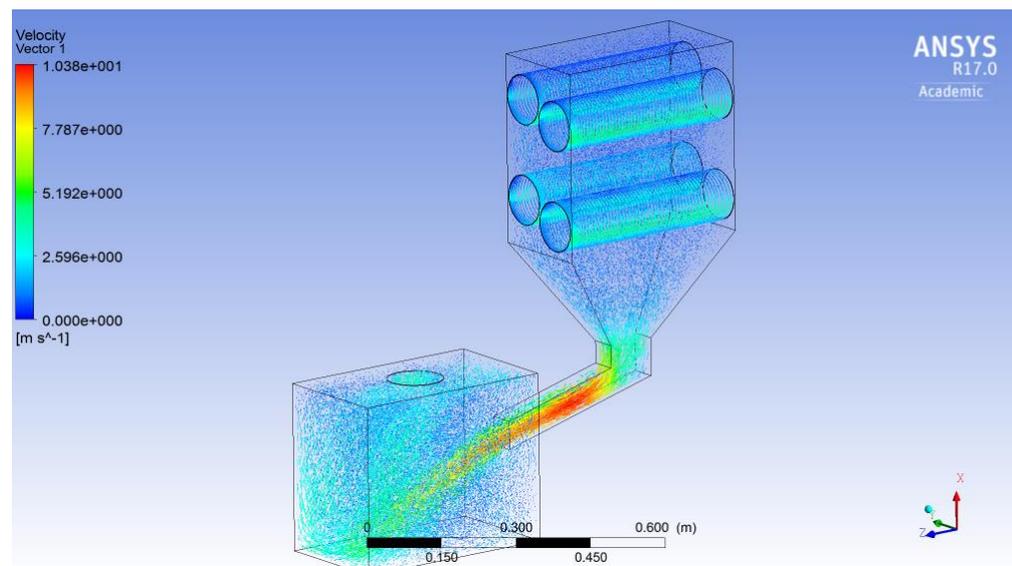


Figura 2.47. Simulación de velocidad de la piel en el ducto y reservorio.

Fuente: Pintado, Garcés, 2017

Elaboración propia

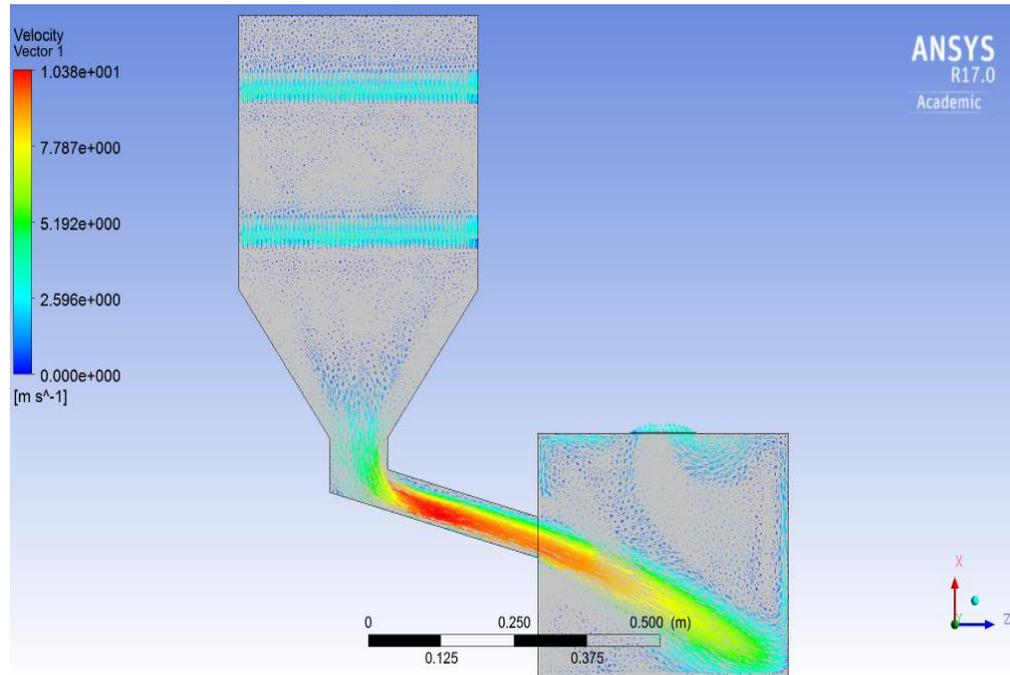


Figura 2.48. Simulación del tipo de llenado en el reservorio.

Fuente: Pintado, Garcés, 2017

Elaboración propia

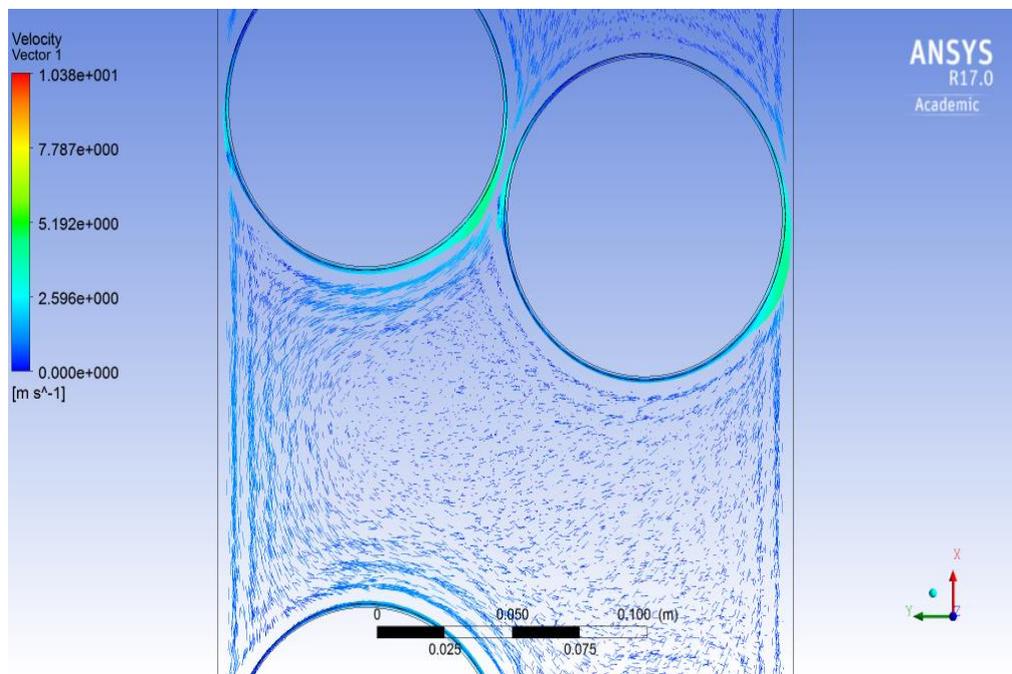


Figura 2.49. Ligero contraflujo entre niveles.

Fuente: Pintado, Garcés, 2017

Elaboración propia.

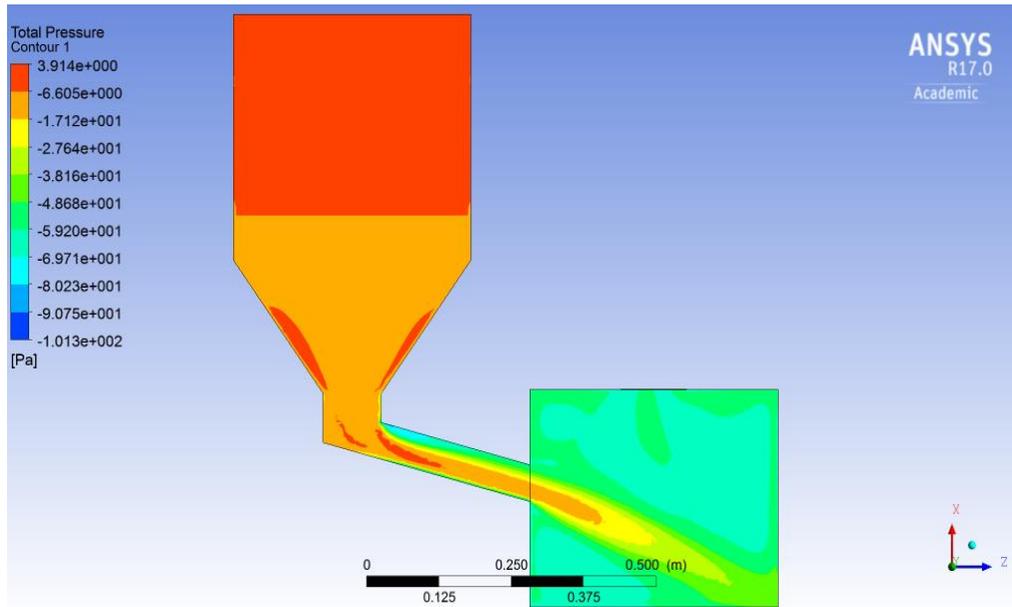


Figura 2.50. Capas de presión a lo largo del ducto y reservorio debido al extractor.

Fuente: Pintado, Garcés, 2017

Elaboración propia.

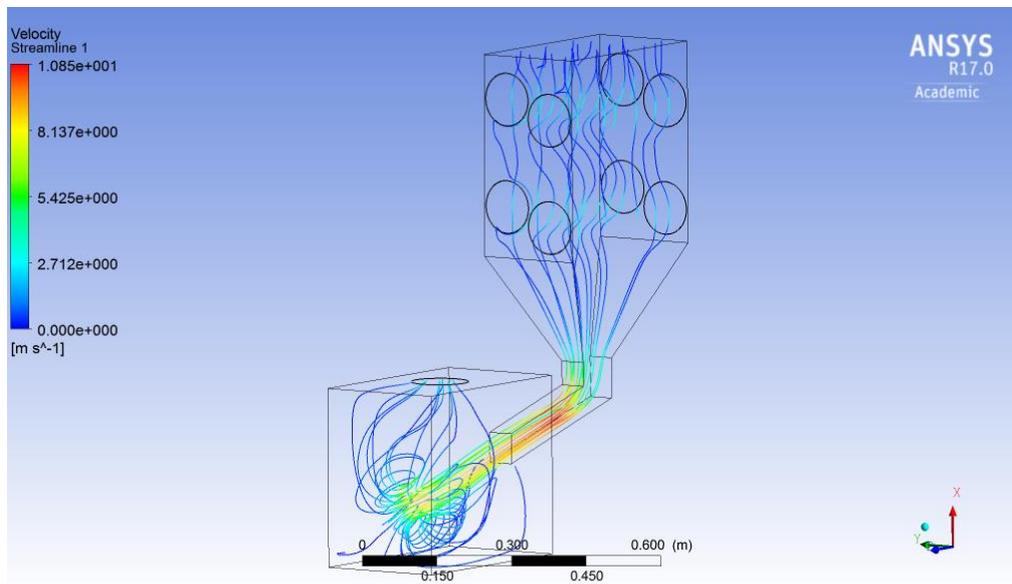


Figura 2.51. Tipo de llenado en líneas.

Fuente: Pintado, Garcés, 2017

Elaboración propia.

Con las simulaciones se puede concluir que a pesar de que exista un pequeño contraflujo (figura 2.49). Es evidente que el llenado se realiza sin

problemas (figura 2.48) con velocidades apropiadas (figura 2.47) para que no exista demasiada turbulencia en el reservorio.

El pico de velocidad sucede en el ducto central (figura 2.48), lo cual es bueno porque ayuda a que la semilla pueda llegar al borde de la pared y pueda llenar todo el reservorio sin generar sitios de acumulación que es lo que no se desea. Igualmente se observa una ligera absorción de la semilla por el extractor una vez que se encuentre en el reservorio (figura 2.51).

Por último, se observa las capas de presión generadas para lograr el llenado óptimo, necesitando una caída de presión de hasta 69.22 Pascales. lo que acorde a la curva del extractor seleccionado, si se encuentra en el rango de trabajo (figura 2.52).

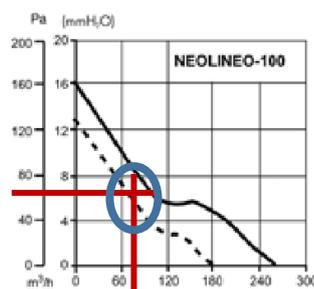


Figura 2.52. Curva de trabajo para extractor NEOLINEO-100-Q

Fuente: Pintado, Garcés, 2017

Elaboración propia.

2.8 Sistema de descarga

Durante el proceso de pelado, las semillas de almendras son completamente encerradas en el espacio delimitado por los rodillos abrasivos precisamente para que se mantengan en contacto con la superficie externa de los mismos el tiempo necesario hasta que su piel sea extraída totalmente. Cuando se completa el proceso de pelado, las semillas deben ser retiradas de los rodillos de forma sencillas y conducidas por medio de un ducto hasta un recipiente de almacenamiento. En la figura 2.53, se muestra una vista general del sistema de descarga o salida de la almendra pelada.

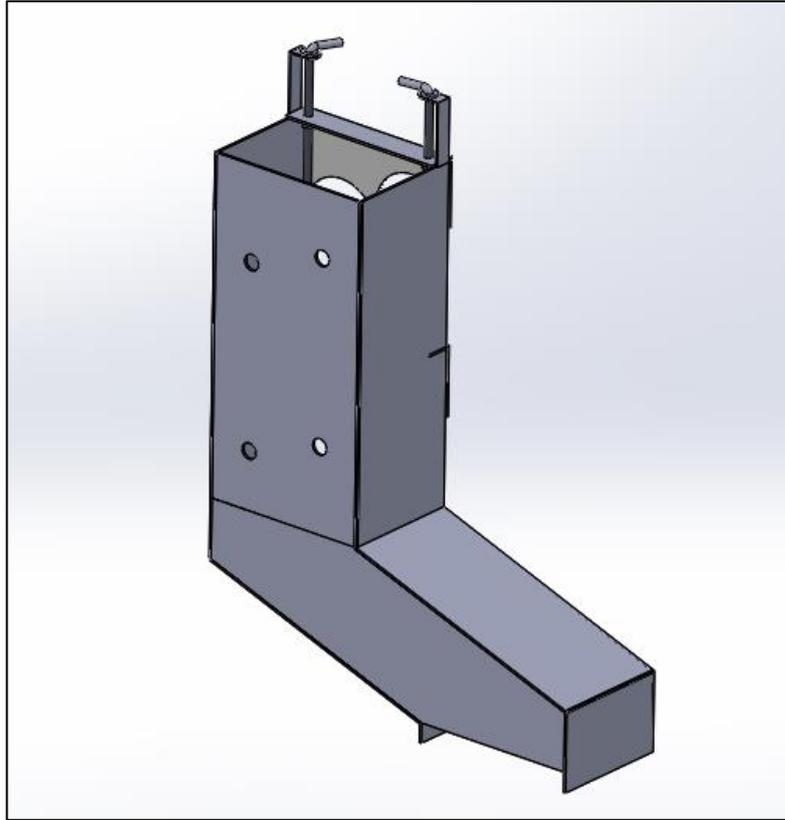


Figura 2.53. Sistema de descarga de almendra pelada.

Garcés, Pintado, 2017.

Elaboración propia.

2.8.1 Diseño del ducto de salida

Las almendras deben ser extraídas del contacto con la superficie de los rodillos abrasivos en el momento indicado, evitando que no sean peladas completamente cuando se las retire muy pronto, o que empiecen a perder masa debido a un tiempo excesivo de exposición al efecto abrasivo.

Para esto se utilizará un sistema conformado básicamente de un ducto cerrado con una compuerta que permite, restringe o regula el flujo de salida de almendras peladas. El accionamiento de la compuerta (figura 2.54) se realiza de forma manual, por medio de varillas roscadas que, a manera de tornillo de potencia, dan el avance lineal cuando se giran. En sentido horario para subir y en sentido antihorario para bajar, y así se logra obtener una calibración manual mas precisa de la cantidad de abertura que se requiera.

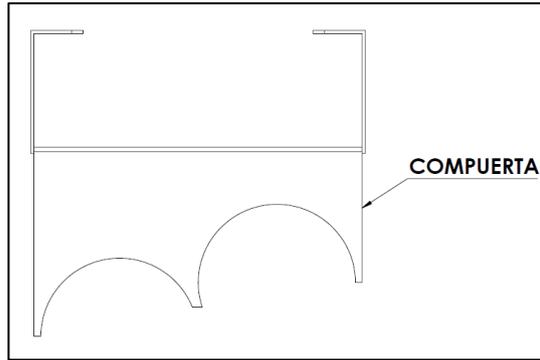


Figura 2.54. Compuerta de sistema de descarga.

Garcés, Pintado, 2017.

Elaboración propia.

El ducto cerrado (figura 2.55) se direcciona hacia afuera de la máquina, a una zona donde se puedan colocar recipientes para almacenar el producto final. El ángulo de caída del ducto se definió tomando como referencia el ángulo seleccionado para la tolva, que fue de aproximadamente 15° . Teniendo en cuenta que la almendra pelada tendrá menor resistencia al movimiento que la semilla con piel, el ángulo del ducto se fijó entre 16 y 22° .

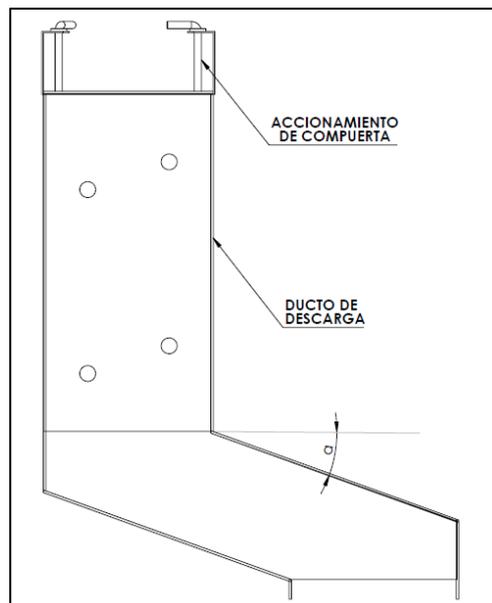


Figura 2.55. Esquema gráfico del ducto de succión.

Garcés, Pintado, 2017.

Elaboración propia.

2.9 Estructura

La máquina debe tener un soporte bien fabricado para que logre soportar las cargas a las que será sometida. Es por ello que, una vez obtenida las cargas a las que va a estar sometida, se realiza una simulación en ANSYS Static Structural con dichas cargas (tabla 2.22), y de esta manera validar que la estructura se encuentra en buen funcionamiento y no afectará a su vida útil (80 años).

Tabla 2.22. Cargas en la estructura.

Sector	Carga	Unidad	Sentido
Soporte (1) de rodillo de pelado	39.72	[N]	(-Y)
	247.33	[N]	(Z)
Soporte (2) de rodillo de pelado	39.72	[N]	(-Y)
	23.33	[N]	(Z)
Motor	100	[N]	(-Y)
Tolva	140	[N]	(-Y)
Soporte de polea para primera reducción de velocidad	72.15	[N]	(Y)
Soporte de polea para segunda reducción de velocidad	126.91	[N]	(Y)
	263.48	[N]	(Z)
Soporte de polea para transmisión de potencia a rodillos de nivel superior	239.77	[N]	(Z)
	263.48	[N]	(-Y)

Fuente: Pintado, Garcés, 2017

Elaboración propia.

Con las cargas generadas, se analizó el tipo de esfuerzo al que va a estar sometido la estructura; se consideraron dos tipos de cargas, en su mayor parte, la estructura estará sometida a esfuerzos estáticos por cargas puntuales de las partes mecánicas de cada sistema. Sin embargo, se realiza un análisis por fatiga porque a pesar que dichas cargas variarán lentamente.

Su vida útil es bastante significativa y a lo largo del tiempo las cargas variables pueden repercutir en dicha vida útil.

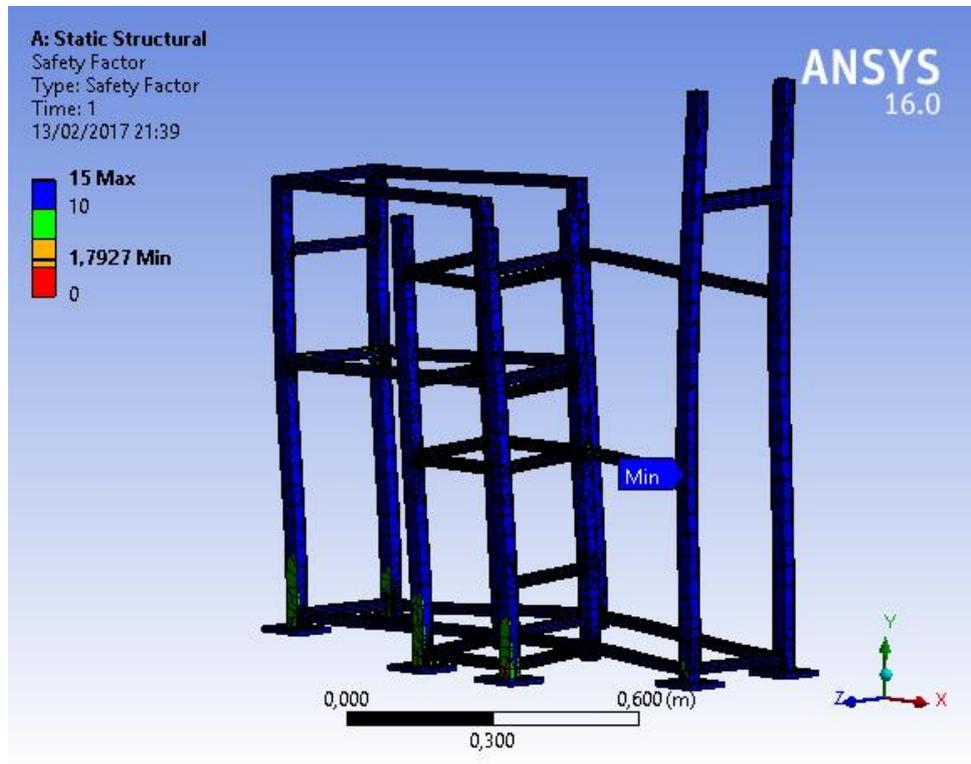


Figura 2.56. Factor de seguridad en toda la estructura.

Fuente: Pintado, Garcés, 2017

Elaboración propia.

En la figura 2.56 se observa el factor de seguridad para toda la estructura, donde se recalca que se encuentra muy bien en la mayor parte de la estructura (factor de seguridad mayor a 3).

Sin embargo, debido a los concentradores de esfuerzo, el factor de seguridad disminuye en las uniones de las vigas, obteniéndose en la sección crítica (figura 2.57), un factor de seguridad de 1.7; lo que igualmente es considerado aceptable para el diseño debido a que el mínimo aceptable acorde a Norton, es el de un factor de seguridad de 1,5, aunque se sugiere para diseños a fatiga que se ubice en el rango de 2 a 2,5 de factor de seguridad para elementos más críticos.

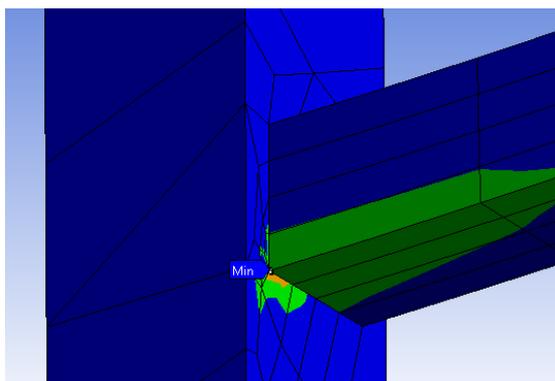


Figura 2.57. Sección crítica de la estructura.

Fuente: Pintado, Garcés, 2017

Elaboración propia

En la figura 2.58, se observa la deformación total de la estructura. Dicha deformación es menor a 0.01 [mm], lo que no implica algún riesgo por formación de fuerzas dinámicas dadas por la deformación de la estructura. Acotando a lo mencionado, se observa que la mayor sección que se mueve, es en el sistema de transmisión de potencia, y esto es debido a la tensión de las poleas.

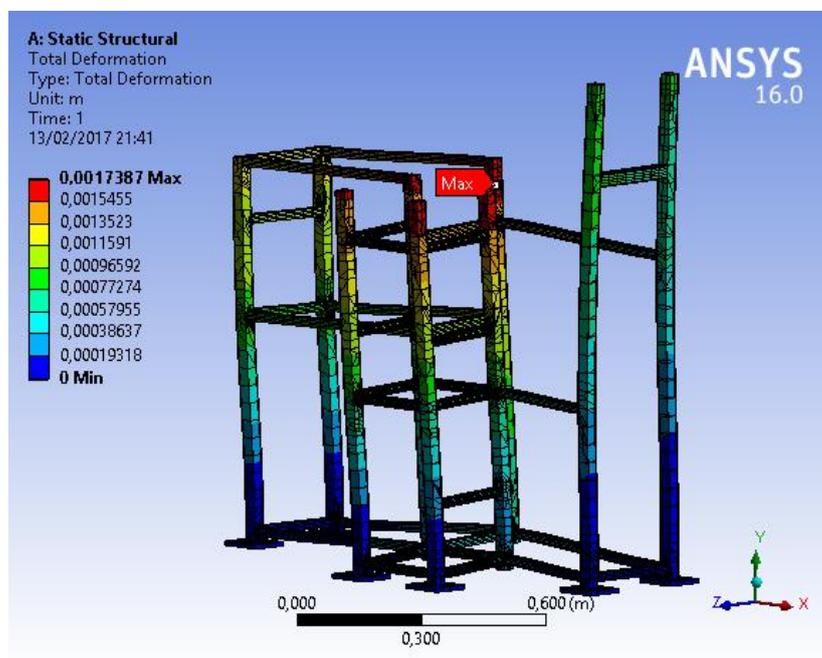


Figura 2.58. Deformación total de la estructura dada por las cargas a la que se encuentra sometido.

Fuente: Pintado, Garcés, 2017

Elaboración propia.

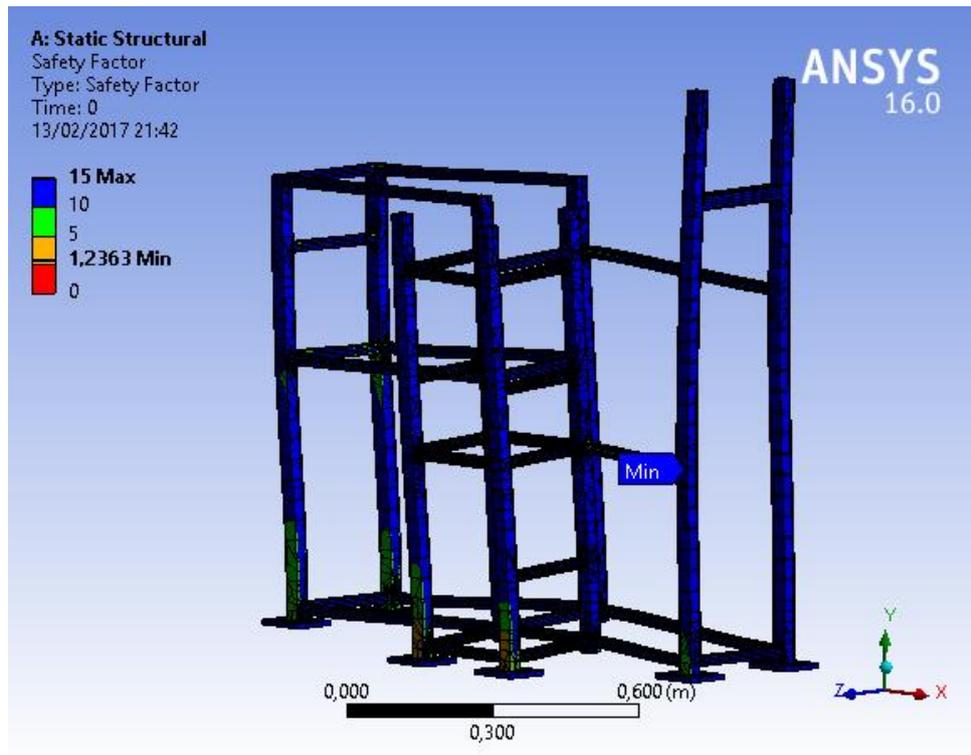


Figura 2.59. Factor de seguridad de la estructura dada por esfuerzos fluctuantes (Fatiga).

Finalmente, dado que la estructura va a ser cargada y descargada a medida que trabaja, se realizó un análisis de la estructura por fatiga con esfuerzos que varían de cero a un valor de trabajo (figura 2.59). Dicho análisis sirve para observar el efecto que podría tener a su vida útil. Sin embargo, se observa que se obtiene un factor de seguridad mayor a 1, lo que indica que tiene vida infinita, inclusive en los concentradores de esfuerzos, y por lo tanto se concluye que la vida útil no será afectada, donde de acuerdo a la literatura específica una vida útil de 80 años para una estructura común.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS

3.1 Resultados del proyecto

Los resultados obtenidos luego de desarrollar la metodología de diseño descrita en el capítulo 2 se muestran en esta sección. Se diseñaron todos los sistemas que integran la máquina peladora de almendras, obteniéndose dimensiones de los componentes principales y variables esenciales que describen el comportamiento de los mismos.

Tabla 3.1. Componentes principales del sistema de transmisión (Motor).

MOTOR	
Parámetro	Descripción
Potencia Nominal	0.5 [HP]
Velocidad de rotación nominal	900 [rpm]
Eficiencia	63.2 [%]
Capacidad del motor	75 [%]
Factor de Potencia	0.58
Peso	10 [kg]

Fuente: Pintado, Garcés, 2017

Elaboración propia.

Tabla 3.2. Componentes principales del sistema de transmisión (Bandas).

BANDAS	
Tipo	Banda convencional A
Longitud	Banda para el sistema de transmisión de potencia. Longitud: 26". Cantidad: 3.
Longitud	Banda para el sistema de transmisión de potencia. Longitud: 16". Cantidad: 2
Potencia por banda	4 [HP / Banda]

Fuente: Pintado, Garcés, 2017.

Elaboración propia.

Tabla 3.3. Componentes principales del sistema de transmisión (Poleas).

POLEAS	
Tamaño	Polea conductora: 2.5 [in]. Polea conducida: 5.3 [in]
Ancho de polea	1 ½ [in]
Distancia entre centros	Para banda de 26". Distancia: 156 [mm] Para banda de 16". Distancia: 107 [mm]
Número de rieles	1 riel, para poleas de 2.5 [in] y de 6 [in] 2 rieles, para poleas de 2.5 [in]
Peso	Polea 2.5 in 0.6[kg] Polea 5.3 in 2.49[kg]

Fuente: Pintado, Garcés, 2017.

Elaboración propia.

En la tabla 3.1 se muestran los resultados principales obtenidos en el sistema de transmisión de potencia, cuyo principal componente es el motor. Se usará un motor de ½ [HP], suficiente para mover todos los componentes de la transmisión de potencia y de los rodillos, considerando que no se debe aplicar fuerzas de gran magnitud para extraer únicamente la corteza de la semilla. Se transmitirá toda la potencia mediante bandas (tabla 3.2) y poleas (tabla 3.3), ya que estas pueden desempeñar la función de elementos de transmisión de potencia, como switches mecánicos, para así proteger el motor de cualquier sobrecarga.

Una de las consideraciones de diseño es que la máquina no mida más de dos metros. Para ello se eligió un motor que genere un movimiento rotacional a bajas revoluciones por minuto, haciéndose necesario el uso de dos reducciones para obtener la velocidad requerida en los rodillos (200 [RPM]) con poleas y bandas de dimensiones acorde al tamaño total de la máquina.

En la tabla 3.4 se muestran los resultados obtenidos del sistema de admisión de la máquina peladora de almendras, que comprende básicamente la tolva. Las dimensiones finales, y por ende, la capacidad neta, se definieron en función de la producción de almendras por unidad de tiempo establecida dentro de las bases y consideraciones para el diseño. La capacidad de la tolva permite almacenar hasta siete lotes de producción que equivalen a 14 kg de

almendra. Debido a que se trata de una aplicación alimenticia donde el recipiente estará en contacto directamente con las semillas, se seleccionó como material un acero inoxidable con especificación L316 (grado alimenticio) para la fabricación de la tolva, en formato de placa de 1.5 mm de espesor.

Tabla 3.4. Resultados obtenidos del sistema de admisión.

TOLVA	
Parámetro	Descripción
Altura máxima	350 [mm]
Ancho máximo	300 [mm]
Profundidad máxima	250 [mm]
Capacidad neta	0.022 [m ³]
Capacidad de Carga	14 [kg]
Peso propio	7 [Kg]
Peso con carga máxima	21 [Kg]
Mínimo ángulo de caída	14[deg]
Pernos de sujeción	Tipo:M5 Clase: 4.6 Longitud: 25 mm
Material	Acero Inoxidable L316 Formato: Plancha. Espesor: 1.5 mm.

Fuente: Pintado, Garcés, 2017.

Elaboración propia.

El peso de la tolva soportando su carga máxima es alrededor de tres veces más que cuando esta vacía.

El ángulo mínimo detallado en la figura 2.30 garantiza que las semillas de almendras se deslizarán hacia la compuerta de salida, evitándose de esta forma obstrucciones y estancamientos tal y como se muestra en la tabla 3.4, junto con las características de los pernos de sujeción del sistema a la estructura de la máquina.

Tabla 3.5. Resultados obtenidos del sistema de pelado (rodillos abrasivos).

RODILLOS ABRASIVOS	
Parámetro	Descripción
Diámetro externo	102 [mm]
Diámetro interno	95.9 [mm]
Espesor de Pared	3.05 [mm]
Longitud	400 [mm]
Distancia entre centros (Nivel 1)	108 [mm]
Distancia entre centros (Nivel 2)	105 [mm]
Peso	3.35 [Kg]
Material	Acero Inoxidable L316 Formato: Tubería Longitud: 6000 mm.

Fuente: Pintado, Garcés, 2017.

Elaboración propia.

Tabla 3.6. Resultados obtenidos del sistema de pelado (eje).

EJE DEL TAMBOR	
Parámetro	Descripción
Diámetro menor	17 [mm]
Diámetro mayor	19 [mm]
Longitud	723 [mm]
Concentrador geométrico de esfuerzo	Radio: 0.3 [mm]
Peso	1.59 [Kg]
Material	Acero AISI 1018 Formato: Barra circular recta

Fuente: Pintado, Garcés, 2017.

Elaboración propia.

Tabla 3.7. Resultados obtenidos del sistema de pelado (rodamientos).

RODAMIENTOS	
Tipo	Rodamientos rígidos de bolas
Código	6703
Diámetro pista interna	17 [mm]
Diámetro pista externa	30 [mm]
Capacidad básica de carga dinámica	1 [kN]
Capacidad básica de carga estática	0.66 [kN]
Peso	0.0025 [Kg]

Fuente: Pintado, Garcés, 2017.

Elaboración propia.

Tabla 3.8. Resultados obtenidos del sistema de pelado (tambor).

SOLDADURA DEL TAMBOR	
Tipo de junta	Filete
Garganta del cordón	2.24 [mm]
Pierna del cordón	3.18 [mm]
Longitud de cordón	320 [mm] (diametral)
Material de aporte	Electrodo: E7018
Material base	Acero al carbono A-36 Formato: Plancha. Espesor: 4 mm

Fuente: Pintado, Garcés, 2017.

Elaboración propia.

El sistema de pelado se compone principalmente del rodillo abrasivo y el eje de soporte con sus respectivos apoyos. En la tabla 3.5 se muestran los resultados obtenidos en relación a las dimensiones del segmento de tubería que se utiliza para formar los rodillos abrasivos, incluyendo el peso de dicho

elemento. La distancia entre centros de los rodillos resulta ser un factor de influencia fundamental en el diseño debido a que influye directamente en la calidad del pelado. Teniendo como base el análisis estadístico realizado para establecer dimensiones generales de la almendra, se estableció una distancia entre centros de los rodillos para cada uno de los niveles de pelado en función de los valores promedio de la mínima dimensión de la almendra y su desviación estándar. Estos valores se incluyen en la tabla 3.5.

Al igual que la tolva en el sistema de admisión, los rodillos deben ser fabricados en acero inoxidable AISI 316 debido a que se encuentran directamente en contacto con las semillas de almendra. Por otro lado, el eje de soporte del tambor (tabla 3.6) se puede fabricar en acero de transmisión con especificación AISI 1018, tomando en cuenta las dimensiones mostradas en la tabla 3.6, las cuales se calcularon mediante un análisis por fatiga del elemento, sometido a un esfuerzo fluctuante desde cero hasta el valor máximo de la tensión en la polea correspondiente.

Los rodamientos o cojinetes antifricción para cada apoyo del eje se seleccionaron (tabla 3.7) tomando como base el diámetro del eje y las cargas equivalentes, tanto estáticas como dinámicas transmitidas desde el eje hasta los apoyos. De igual forma, las características principales de la junta soldada circunferencial del rodillo abrasivo se registran en la tabla 3.8, las cuales fueron determinadas considerando el fenómeno de fatiga, para obtener un diseño conservador y que garantiza durabilidad.

Se muestran los resultados obtenidos para el ducto de descarga de la semillas peladas en la tabla 3.9. Las dimensiones fueron definidas en función al espacio disponible en la estructura de la máquina. Un factor importante es que el ducto está conformado por dos tramos principales; uno vertical y uno con un ligero ángulo de inclinación para asegurar el flujo de caída de las almendras y dirigir las hacia la parte externa de la máquina, en donde se pueda colocar un reservorio para el producto de final de tal forma que no interfiera en las maniobras del operador de la máquina.

Tabla 3.9. Resultados obtenidos del sistema de descarga.

DUCTO DE DESCARGA	
Parámetro	Descripción
Ancho	206 [mm]
Alto	152 [mm]
Sección transversal	0.032 [m ²]
Tramos	Dos tramos: Tramo 1: Vertical. Tramo 2: Inclinado.
Longitud total	800 [mm]
Mínimo ángulo de caída	16 [deg]
Peso propio	8.4 [Kg]

Garcés, Pintado, 2017.

Elaboración Propia.

Para el sistema de selección se realizó un análisis de las medidas generales de una semilla de almendra (tabla 6.7) donde con la respectiva muestra (45 unidades) se obtuvieron valores para el orificio del tamiz, tal y como se muestra en la tabla 3.10. Estas dimensiones se definieron de tal forma que el 50% de las almendras puedan ingresar por el orificio del tamiz.

Tabla 3.10. Dimensiones del orificio en la malla electrosoldada.

Largo	22 [mm]
Ancho	13 [mm]

Garcés, Pintado, 2017.

Elaboración Propia.

Se realizó el análisis cinemático del mecanismo de cuatro barras que genera el movimiento oscilante del tamiz con la finalidad de conocer el comportamiento del mismo y su efecto en el proceso de selección de las semillas de almendras. Los resultados se presentan a continuación.

En la figura 3.1 se muestra la curva de la posición de la corredera en función de la posición angular de la manivela a lo largo de una vuelta completa de la misma (periodo).

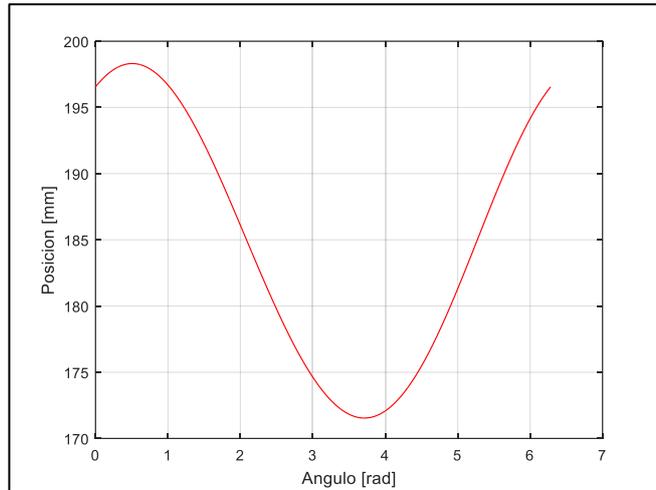


Figura 3.1. Curva de posición de la corredera del mecanismo de 4 barras

Fuente: Garcés, Pintado, 2017.

Elaboración propia.

El sistema de referencia se observa en la figura 2.41. Se puede observar una posición máxima de aproximadamente 198 [mm] y una posición mínima de 172 [mm], medidas desde el punto de referencia, que en este caso es el pivote de la manivela. Esto demuestra que el tamiz tendrá un desplazamiento de 26 [mm] en cada periodo del movimiento, lo cual resulta aceptable considerando el tamaño de las almendras y la velocidad de rotación de la manivela para evitar que las semillas salgan disparadas del tamiz.

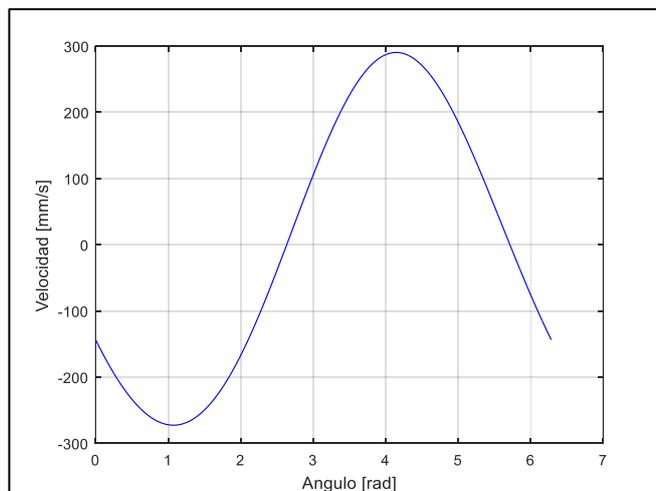


Figura 3.2. Curva de velocidad de la corredera del mecanismo de 4 barras.

Fuente: Garcés, Pintado, 2017.

Elaboración propia.

La velocidad de la corredera en función de la posición angular de la manivela se muestra en la figura 3.2. Se puede observar el comportamiento opuesto con respecto a la posición, es decir, cuando la posición de la corredera es mínima, su velocidad es máxima y viceversa. Sin embargo, existe un pequeño desfase entre ambos parámetros debido a la excentricidad que presenta la configuración instalada en la máquina. La velocidad máxima alcanzada por la máquina es de aproximadamente 298 [mm/s].

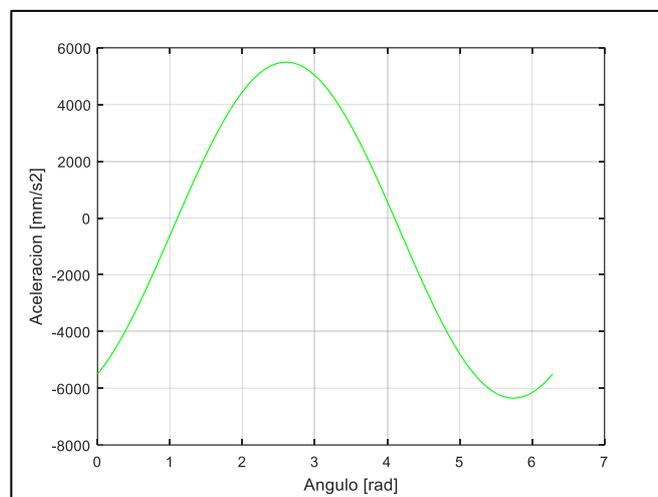


Figura 3.3. Curva de aceleración de la corredera del mecanismo de 4 barras.

Fuente: Garcés, Pintado, 2017.

Elaboración propia.

La aceleración de la corredera en función de la posición angular de la manivela se muestra en la figura 3.3. Se puede observar la similitud del comportamiento con respecto a la posición, es decir, cuando la posición de la corredera es mínima su aceleración casi alcanza el valor mínimo, solo que también se hace presente el efecto de la excentricidad con un pequeño retraso o desfase.

La aceleración máxima alcanzada por el tamiz es de aproximadamente 5000 [mm/s]. La aceleración del mecanismo permite pasar de un análisis cinemático al comportamiento dinámico de la corredera, es decir, con la aceleración se puede determinar la fuerza dinámica que ejerce la corredera sobre el tamiz en cada una de las posiciones de su movimiento, o en este caso, en el punto crítico.

Finalmente, el sistema de almacenamiento esta conformado por tres elementos: el ducto, el extractor de aire y el reservorio de la piel de la semilla de almendra.

Tabla 3.11 Sistema de almacenamiento de piel. (Ducto).

DUCTO DE ALMACENAMIENTO DE PIEL	
Parámetro	Descripción
Ancho	65 [mm]
Alto	60 [mm]
Longitud total	345 [mm]
Tramos	Dos tramos: Tramo 1: Sección transversal variable. Tramo 2: Inclinado.
Sección transversal mínima	0.004 [m ²]
Mínimo ángulo de caída	16 [deg]
Peso propio	4.94 [Kg]

Fuente: Pintado, Garcés, 2017.

Elaboración propia.

En la tabla 3.11 se observa los parámetros generales del ducto que se encargará de dirigir la piel hacia el reservorio, mediante un efecto de succión, el mismo que necesita ser lo suficientemente capaz de acoger piel de semilla de almendra durante todo un día de producción.

El extractor de aire se lo evaluó mediante una simulación de fluidos (CFD) y se observó que estaba en el rango de trabajo que especifica el análisis, lo que comprueba que se realizó una correcta selección. Adicionalmente se debe tener en cuenta que dicho extractor es bastante compacto y tiene bajo peso (1.2 [Kg]).

Tabla 3.12. Sistema de almacenamiento de piel. (Reservorio).

ALMACENAMIENTO DE PIEL	
Parámetro	Descripción
Ancho	250 [mm]
Alto	360 [mm]
Longitud total	430 [mm]
Volumen total	0.039 [m ²]
Peso propio	21.5 [Kg]

Fuente: Pintado, Garcés, 2017.

Elaboración propia.

Tabla 3.13. Sistema de almacenamiento de piel. (Extractor de aire).

EXTRACTOR DE AIRE	
Parámetro	Descripción
Presión requerida	70 [Pa]
Caudal necesario	75 [m ³ /hr]
Tipo de Extractor	NEOLINEO
Peso	1.2 [Kg/ extractor]
Diámetro de succión	100 [mm]

Fuente: Pintado, Garcés, 2017.

Elaboración propia.

Los elementos que conforman la estructura fueron verificados mediante el análisis estructural de ANSYS. Para esto se colocaron todas las cargas en su lugar y se obtuvo un factor de seguridad bajo la aplicación de cargas fluctuantes (fatiga). Los materiales que se utilizaron para el diseño de la estructura se redactan en la tabla 3.14.

Como se mencionó en las bases y consideraciones de diseño, la portabilidad del equipo es un aspecto fundamental, razón por la cual el peso total debe ser analizado durante el proceso de diseño. Se obtuvo el peso individual de cada

sistema, para finalmente sumar cada uno de estos pesos y obtener un peso total de la máquina de 146 [kg] aproximadamente

Tabla 3.14. Resultados de la estructura.

ESTRUCTURA	
Parámetro	Descripción
Tubo Cuadrado 30x20x2	1 tubo de 6 metros
Tubo Cuadrado 20x20x2	1 tubo de 6 metros
Alto	1,220 [mm]
Ancho	550 [mm]
Largo	1,270 [mm]
Peso	49.5 [Kg]

Fuente: Pintado, Garcés, 2017.

Elaboración propia.

3.2 Análisis de costos

En esta parte se analizará la factibilidad del proyecto que se medirá mediante un análisis de costos, en el cual se hace un listado del costo que implica la fabricación de la máquina, el costo de instalación, de traslado, de operación, mano de obra, materia prima, mantenimiento y salario de operador. Luego de esto se hace una estructura de costos proyectada al primer año de producción para estimar indicadores como TIR (Tasa interna de retorno) y VAN (valor actual neto), este último estará sujeto a la tasa de rentabilidad que se espera de la industria de alimentos procesados, obtenido de la data de Damodaran el ROE (return on equity) de empresas en mercados emergentes 11.42%.

En la siguiente tabla 3.15 se muestra la tabla de costos de los materiales que se utilizarán en la fabricación de la máquina, para la elaboración de la misma se necesitó de realizar cotizaciones en distintas empresas proveedoras de los productos que en la tabla se colocaron. Asimismo, se necesitó de realizar algunas cotizaciones para cada producto para verificar la veracidad de los precios.

Tabla 3.15. Lista de materiales.

MATERIAL	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Tolva	1	\$ 76.00	76
Tamiz	1	\$ 8.00	8
Estructura metálica	1	\$ 105.00	105
Rodillo Abrasivo	4	\$ 69.00	276
Ejes	4	\$ 28.00	112
Cubierta Transparente	1	\$ 22.00	22
Ducto de descarga	1	\$ 45.00	45
Ducto de Cascarilla	1	\$ 34.00	34
Reservorio de Cascarilla	1	\$ 67.00	67
Chumaceras y Rodamientos	14	\$ 19.00	266
Polea Ø 76 mm (Simple)	4	\$ 16.00	64
Polea Ø 76 mm (Doble riel)	4	\$ 25.00	100
Polea Ø 152 mm (Doble riel)	2	\$ 32.00	64
Banda Tipo A Long: 660 mm	4	\$ 16.00	64
Banda Tipo A Long: 406 mm	2	\$ 12.00	24
Mecanismo vibrador	1	\$ 12.00	12
Motor Eléctrico	1	\$ 234.00	234
Motor Extractor	1	\$ 160.00	160
Pernos M10	8	\$ 0.40	3.2
Tornillos M3	30	\$ 0.20	6
Riel de metal	2	\$ 9.00	18
Bisagras	4	\$ 2.00	8
		Inversión inicial	1768.2

Pintado, Garcés, 2017.

Elaboración propia.

En la siguiente

tabla 3.16 se plantea la vida útil de cada uno de los materiales. Para la elaboración del flujo proyectado mensualmente, se tuvo que utilizar de una depreciación asumida lineal para el modelo usado.

Para esto se tuvo que realizar la siguiente operación, se divide el valor de cada material obtenida en la cotización y se la divide para su vida útil; luego para 12, y con este cálculo se obtiene el valor mensual de la depreciación \$38.7.

Tabla 3.16. Vida útil y depreciación de cada material.

MATERIAL	VIDA UTIL	Depreciacion anual	Depreciacion mensual
Tolva	9	8.44	0.70
Tamiz	8	1.00	0.08
Estructura metálica	80	1.31	0.11
Rodillo Abrasivo	8	34.50	2.88
Ejes	8	14.00	1.17
Cubierta Transparente	3	7.33	0.61
Ducto de descarga	5	9.00	0.75
Ducto de Cascarilla	5	6.80	0.57
Reservorio de Cascarilla	6	11.17	0.93
Chumaceras y Rodamientos	2	133.00	11.1
Polea Ø 76 mm (Simple)	3	21.33	1.78
Polea Ø 76 mm (Doble riel)	3	33.33	2.78
Polea Ø 152 mm (Doble riel)	3	21.33	1.78
Banda Tipo A Long: 660 mm	1	64.00	5.33
Banda Tipo A Long: 406 mm	1	24.00	2.00
Mecanismo vibrador	5	2.40	0.20
Motor Eléctrico	8	29.25	2.44
Motor Extractor	10	16.00	1.33
Pernos M10	1	3.20	0.27
Tornillos M3	1	6.00	0.50
Riel de metal	2	9.00	0.75
Bisagras	1	8.00	0.67
total		464.41	38.7

Pintado, Garcés, 2017.

Elaboración propia.

Para este costo se toma en cuenta el valor de la instalación que consiste solo en el traslado de la máquina a la planta (tabla 3.17), lo que da un total de \$35 dólares, valor que se añadirá al costo inicial ya que solo se realizará una vez y se medirá por hombre-hora. De tal manera que el costo de instalación no es algo considerable con respecto al de la construcción.

Tabla 3.17. Costo de instalación.

Número de personas	Hora Hombre	Tiempo de Instalacion	Costo de Instalacion
2	3.5	5	35

Pintado, Garcés, 2017.

Elaboración propia.

En la tabla 3.18 se considera el consumo mensual de electricidad que se proyectará a doce meses como costo fijo, 160 horas a la semana, \$0.09 [kWh]. También se detalla como costo fijo el costo de la materia prima (tabla 3.19) con una capacidad mensual de producción de 1000 [kg].

Tabla 3.18. Costo de electricidad.

ITEM	kWh	Valor unitario	Horas
Electricidad	1	\$0.09	160
		COSTO FIJO	\$ 14.40

Pintado, Garcés, 2017.

Elaboración propia.

Tabla 3.19. Costo de materia prima.

Materia prima			
	unidad	Costo por unidad	total mensual
Unidades KG	1000	10	10000

Pintado, Garcés, 2017.

Elaboración propia.

Para el costo en el que incurre la producción se considera el salario por hora del operador (tabla 3.20) de la máquina considerando un pago de \$2.5 hh y el mantenimiento que requiere la máquina al menos una vez al mes (tabla 3.21).

Tabla 3.20. Costo de mano de obra.

Número de operadores	Hombre hora	Costo unitario	costo total
1	2.5	160	400

Pintado, Garcés, 2017.

Elaboración propia.

Tabla 3.21. Costo de mantenimiento.

Material	Lubricante	Bandas	Topax	Agua	rodamientos
Costo	5	10	10	5	10
				Mantenimiento	40

Pintado, Garcés, 2017.

Elaboración propia.

Con la implementación de esta máquina la empresa se va a ahorrar el sueldo de un trabajador que hace este trabajo artesanal con más recursos y en menos tiempo (tabla 3.22). Se detalla en la siguiente tabla el impacto en el ahorro de la implementación del proyecto, más el ingreso que obtendría por la venta de la almendra pelada por kilogramo y la piel que se logra almacenar para reutilizarla.

Tabla 3.22. Detalle del ahorro en la empresa.

Ítem	Ahorro
Operador	400
vnta. Alm.	10420
vnta. Piel	10
Total ahorro	10830

Pintado, Garcés, 2017.

Elaboración propia.

En el flujo de caja proyectado mensualmente se puede ver el primer trimestre de producción (tabla 3.23). Se asume que todos los supuestos anteriores se cumple, y la proyección indica ganancias al primer mes de producción de 336.9 USD según lo que indica la estructura de costos.

Tabla 3.23. Flujo de efectivo del mes cero al tercer mes.

Ítem	0	1	2	3
Ahorro		10830	10830	10830
Gasto		10454.4	10454.4	10454.4
Depreciación		38.70	38.70	38.70
Flujo efectivo	-1803.2	336.9	336.9	336.9
Flujo neto	-1803.2	-1466.3	-1129.4	-792.5

Pintado, Garcés, 2017.

Elaboración propia.

Al sexto mes se recupera la inversión inicial (tabla 3.24) y se obtiene 218.2 USD para la ganancia acumulada, a partir de ese mes el proyecto es rentable.

Tabla 3.24. Flujo de efectivo del cuarto mes al sexto mes.

Ítem	4	5	6
Ahorro	10830	10830	10830
Gasto	10454.4	10454.4	10454.4
Depreciación	38.70	38.70	38.70
Flujo efectivo	336.9	336.9	336.9
Flujo neto	-455.6	-118.7	218.2

Pintado, Garcés, 2017.

Elaboración propia.

Tabla 3.25. Flujo de efectivo del séptimo mes al noveno mes.

Ítem	7	8	9
Ahorro	10830	10830	10830
Gasto	10454.4	10454.4	10454.4
Depreciación	38.70	38.70	38.70
Flujo efectivo	336.9	336.9	336.9
Flujo neto	555.1	892.0	1228.9

Pintado, Garcés, 2017.

Elaboración propia.

Tabla 3.26. Flujo de efectivo del décimo mes al décimo segundo mes.

Ítem	10	11	12
Ahorro	10830	10830	10830
Gasto	10454.4	10454.4	10454.4
Depreciación	38.70	38.70	38.70
Flujo efectivo	336.9	336.9	336.9
Flujo neto	1565.8	1902.7	2239.6

Pintado, Garcés, 2017.

Elaboración propia.

El análisis de costo en esta unidad se realiza mediante indicadores de rentabilidad TIR y VAN (tabla 3.27). Para el cálculo del TIR se toma en cuenta la inversión inicial (valor en el flujo negativo en el periodo cero) y los flujos proyectados de un año. En el mejor de los escenarios esta tasa tendrá que

mostrar un mayor porcentaje a la que se espera por los autores 11.42%. La tasa interna de retorno nos muestra el porcentaje de retorno de utilidad en el primer año de producción.

El Valor Actual Neto se calcula con la tasa de retorno esperada para el proyecto que estará sujeta a supuesto por los autores (11.42% dato de sacado del Damodaran), seguido del flujo proyectado a doce meses, el VAN representa el valor de la máquina por lo que para que sea rentable tendrá que ser mayor a cero.

El TIR es mayor a la TMAR por lo tanto es un proyecto rentable y sostenible en el tiempo, que al sexto mes de producción se recupera la inversión y se empieza a obtener ganancias al final de su primer año operativo.

Tabla 3.27. Tabla de índices de rentabilidad.

TIR	15.30%
tmar	11.42%
VAN	\$2144.19

Pintado, Garcés, 2017.

Elaboración propia.

La máquina de pelado de almendras tiene una capacidad de producción por hora de 100 kg, lo que implicaría que si la máquina trabaja a toda su capacidad se podrá producir más y así reducir costos, lo cual resulta en una mayor producción a menor costo por unidad.

CAPÍTULO 4

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

A continuación, se presentan las conclusiones y recomendaciones de una forma concisa en la cual se explica lo que significan los resultados obtenidos en el capítulo anterior del proyecto, sus implicaciones, limitaciones y oportunidades de mejora para trabajos futuros.

4.1 Conclusiones

- Para el presente trabajo de graduación se planteó como objetivo principal diseñar una máquina para extraer la piel de la semilla de almendra de forma continua y automatizada, con la finalidad de mejorar la calidad e incrementar la producción interna de almendras peladas. Para cumplir con este propósito de forma satisfactoria se definieron cinco objetivos específicos.
- El primer objetivo específico consistió en diseñar el sistema mecánico mediante la utilización de ingeniería de precisión, factores de seguridad y herramientas digitales CAD Y CAE para seleccionar y dimensionar los componentes principales de la máquina. La metodología de diseño descrita en el capítulo 2 demuestra el cumplimiento de este objetivo en cada una de sus etapas, que incluyen los sistemas de admisión, transmisión de potencia, selección, pelado, descarga y el de almacenamiento de piel.
- Para el sistema de admisión se utilizó una tolva cuyas dimensiones fueron definidas en función de la producción de almendras peladas por unidad de tiempo, teniendo en cuenta que el tamaño de la misma no exceda las restricciones de altura y las condiciones de ergonomía indispensables en todo diseño. Los resultados demuestran que el sistema de admisión cumple con todos los requerimientos los cuales fueron definidos en la tabla 3.4.

- Se seleccionó un sistema de transmisión de potencia adecuado en función de la potencia requerida para el proceso de pelado, lo cual se muestra en la sección 2.3 de este trabajo. El sistema de banda y poleas es ideal para el tipo de aplicación de la máquina puesto que su implementación no implica mayor complicación y debido a su elevada eficiencia fue posible seleccionar un motor eléctrico de baja potencia, lo que deriva en un consumo general bajo del equipo.
- Mediante un análisis estadístico se determinaron dimensiones estándares de la semilla de almendra utilizando muestras locales para definir la forma y tamaño de los orificios del sistema de selección, compuesto por una malla electro soldada y un mecanismo de cuatro barras que aprovecha la energía de una de las poleas del sistema de transmisión para mover el tamiz de forma oscilante y de esta manera mejorar el proceso de selección, sección 2.6.1.
- Se seleccionó un proceso de pelado abrasivo debido a sus ventajas en cuanto a la confiabilidad y mantenibilidad del proceso. La rotación de los rodillos ocasiona que las almendras se muevan de forma aleatoria sobre la superficie abrasiva de las mismos, extrayendo por completo la piel de las semillas. Las dimensiones de los rodillos (diámetro y longitud) se establecieron para cumplir con el requerimiento de producción de almendras peladas, como se muestra en la sección 2.4. El eje para soporte de los rodillos se diseñó en base a criterios de fatiga en la sección 2.4.4 con un factor de seguridad igual a 3. Los resultados obtenidos se verificaron utilizando el software de simulación Ansys (versión 17), en donde los factores de seguridad resultantes fueron mayores a 3, lo cual asegura que definitivamente no tendrá lugar una falla en el sistema. Las diferencias entre los valores del factor de seguridad se dieron porque en el modelo matemático se consideraron las cargas puntuales, mientras que, en la simulación, las cargas fueron distribuidas por la misma forma de los componentes del sistema.

- La junta soldada a filete entre el disco externo y el tubo se diseñó considerando a la teoría de falla por fatiga con esfuerzos variables. En la sección 2.4.5 se seleccionaron los rodamientos de los apoyos del eje necesarios para la soportar las cargas del sistema.
- La estructura de soporte de la máquina se diseñó como un solo conjunto de elementos que sostienen todos los sistemas. Conociendo de antemano que la estructura no soportaría grandes cargas, se utilizaron perfiles de tubo cuadrado de 3 [mm] de espesor y 30 [mm] de lado en material de acero al carbono ASTM A36. Utilizando el software Ansys (versión 17) se realizó la simulación estática del conjunto estructural, obteniéndose una deformación máxima de 0.008 [mm], lo cual no genera ningún efecto negativo en el funcionamiento de la máquina.
- De igual manera, se llevó a cabo un análisis de fatiga para determinar los ciclos o la vida de la estructura estando sometida a una fuerza variable desde que el motor está apagado hasta que se desarrolla la operación de pelado. Se obtuvo un factor de seguridad por fatiga mayor a 1 lo que indica que cumple los requerimientos para vida infinita, sin embargo, la vida útil de una estructura esta predeterminada para 80 años, lo que para una empresa representa en tiempo de producción 700,000 horas operativas, lo cual resulta muy conservador, debido a que la máquina no va a operar ese tiempo.
- Las semillas de almendras peladas se dirigirán hacia un recipiente externo a la máquina mediante un sistema de descarga. Se realizó el diseño de un ducto para conducir las almendras blanqueadas hasta un reservorio de forma sencilla, considerando principalmente el espacio disponible en las estructuras de la máquina y la posición que requiere el operador para controlar la misma. Se definió un ángulo mínimo de 18° para el tramo inclinado del ducto, con la finalidad de garantizar que las almendras caigan al reservorio de forma continua, sin causar ningún tipo de acumulación.

- El segundo objetivo específico consistió en proporcionar especificaciones técnicas del diseño final de la máquina peladora de almendras. Esto se cumplió en el Capítulo 3, en donde se detalla claramente cada uno de los resultados y características técnicas de los sistemas que conforman la máquina, que incluyen dimensiones y peso de cada uno de los componentes principales, incluyendo también algunas características de operación destacables.
- El tercer objetivo específico planteado hace referencia a la elaboración de planos de detalle y de fabricación de los componentes principales del sistema, En la sección de Anexos de este informe se adjunta un compendio detallado de los planos de la máquina peladora de almendras. Se incluyen planos de corte y armado para cada uno de los sistemas que componen la máquina, los cuales contienen la información necesaria para que los componentes pueden ser fabricados sin ningún problema. Se proporciona además una vista explosionada de todos los sistemas, con la finalidad de mostrar de forma clara cada una de las piezas que forman parte de un conjunto, así como también el posicionamiento y ensamble de cada una de ellas.
- El cuarto objetivo específico fue realizar un análisis de costos de fabricación y comercialización de la máquina con la finalidad de determinar si existe o no viabilidad económica para la implementación del mismo. Esto se cumplió en la sección 3.2 de este informe, donde se registra un estudio de los costos de fabricación, instalación y operación de la máquina en comparación con el tiempo de recuperación de la inversión. Se determinaron indicadores económicos con el VAN y el TIR, con los cuales se comprobó que el proyecto tendría alta rentabilidad en caso ser implementado como tal.
- Una de las principales limitaciones que ha tenido la máquina, es respecto al peso total, que es de alrededor de 145 [Kg], lo que indica que se necesitan al menos 4 personas para alzar la máquina; sin embargo, el

diseño posee ruedas con altura regulable para facilitar la instalación y transporte del mismo.

4.2 Recomendaciones

- La labor del operador es fundamental para llevar a cabo un proceso pelado que cumpla con los requerimientos de calidad y producción para los cuales se diseñó la máquina. El tiempo que las almendras permanecen en los rodillos abrasivos debe ser regulado de forma muy precisa por parte del operador, mediante la apertura de las puertas del ducto de descarga. Si el pelado se realiza durante un periodo de tiempo excesivo no solo se extraerá la piel de la semilla, sino que también se perderá parte de la pulpa de la semilla. Por esta razón, las cubiertas del sistema de pelado son de material acrílico transparente, para permitir la visibilidad hacia los rodillos, y por ende, facilitar el control de la operación.
- Se recomienda limpiar los rodillos abrasivos frecuentemente conforme se lleva a cabo la operación de pelado. Lo más indicado es utilizar un cepillo con cerdas de acero colocado sobre la superficie de los rodillos mientras estos estén rotando. Esto posibilitará extraer de forma rápida los residuos de piel de semilla de almendra que se acumulan en la superficie de los rodillos (debido a la forma del moleteado), ya que una cantidad excesiva de residuos disminuye la calidad del proceso.
- Se sugiere a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción y a ESPOL continuar impulsando el sector industrial alimenticio dando apertura para el desarrollo de proyectos relacionados con la inclusión de maquinaria tecnificada y nuevas tecnologías a los procesos productivos de mayor potencial en el país.
- Sería recomendable realizar un análisis de la planificación de la materia integradora en cada semestre, en lo que se refiere a los tiempos disponibles para llevar a cabo una investigación o un proyecto integrador de saberes. En muchos casos, la fabricación de los prototipos que se

diseñan sería fundamental para la comprobación de los resultados obtenidos, lo cual por cuestiones de tiempo no puede llevarse a cabo

BIBLIOGRAFÍA

1. AB, O. F. (2013). *España Patente nº A23N 7/02*. Recuperado el Diciembre de 2016
2. ABB Group. (2016). *Motores para aplicaciones industriales*. Ecuador. Recuperado el Enero de 2017
3. ADELCA. (2016). *Catálogo de Productos*. Informativo, Guayaquil. Recuperado el Enero de 2017
4. ANSYS. (2011). *CFD- Turbulencias en maquinarias*. Recuperado el Febrero de 2017
5. Arévalo Vecillas, D. (2009). *Proyecto de Inversión para la Implementación de una Empresa Importadora de Maquinaria Agrícola*. Facultad de Ciencias Humanísticas y Económicas, Marketing y Comercio Internacional. Guayaquil: ESPOL.
6. Cámara de Industrias de Guayaquil. (2009). *Sector Industrial del Ecuador*. Guayaquil: Estadísticas Económicas. Recuperado el Octubre de 2016
7. Celestine, I., James, O., Blessing, I., & Tenitope, R. (April de 2014). Design and Development of Manually Operated Roasted Groundnut Seeds Peeling Machine. *Internacional Journal of Recent Development in Engineering and Technology*, 2(4), 4. Recuperado el December de 2016
8. Chiliguana, K. J., & Villavicencio, J. M. (2016). *Rediseño de una dosificadora de cereal de tipo volumétrico a una de tipo gravimétrico*. ESPOL, FIMCP. Guayaquil: ESPOL. Recuperado el Enero de 2017
9. Dieter, G. E. (2000). *Engineering Design* (Vol. 3). United States: McGraw Hill. Recuperado el January de 2017
10. DIN. (2012). *Moleteado*. Norma técnica. Recuperado el Diciembre de 2016
11. Dominguez, M., Dominguez, C., & Renedo, M. C. (2016). *Propiedades de la Almendra, Un Regalo Para la Salud*. Recuperado el Noviembre de 2016, de Vidanaturalia: <http://www.vidanaturalia.com/propiedades-de-la-almendra-un-regalo-para-la-salud/>
12. e3calor. (2013). *Tipos de Biomasa*. Recuperado el Enero de 2017
13. Fielke, J. (2012). Setting a Cracking Pace-Advances in Hulling and Shelling. *Australian Almond Conference* (pág. 23). University of South Australia. Recuperado el December de 2016

14. Food and Agricultural Industry. (1995). *Almond Processing*. Descriptive, California. Recuperado el December de 2016
15. González, L. (24 de Octubre de 2011). Cómo pelar almendras fácilmente. *Cocina Sana y Fácil*. (Ruqui, Ed.) La Rioja, Bilbao, España. Recuperado el Diciembre de 2016
16. Hatwar, R. G. (Agosto de 2015). Design and Analysis of Almond De-husking and De-shelling Machine. *International Journal of Engineering and Techniques*, 1(4), 77-79. Recuperado el Octubre de 2016
17. HILL., J. J. (1 de October de 1885). *United States Patente nº 328032*. Recuperado el Diciembre de 2016
18. Horna, L., Guachamín, M., & Osorio, N. (2009). Análisis de mercado del sector industrias manufactureras en base a CIU 3 bajo un enfoque de concentración económica en el periodo 2000-2008 en el Ecuador. *Revista Politécnica*, 30(1), 230-243. Recuperado el Octubre de 2016
19. Iannamico, L. (2012). *¿Y por qué no almendros?* Chile: Rompecabezas. Recuperado el Diciembre de 2016
20. INEN 883. (1990). *Acabado de superficies, Moleteado en superficies cilíndricas. Requisitos*. Guayaquil.
21. INKLERSA. (Diciembre de 2016). Producción de almendras en el Ecuador. (M. Pintado, & A. Garces, Entrevistadores)
22. INSHT. (2011). *Manipulación Manual de Cargas*. Madrid: Ministerio de Trabajo e Inmigración. Recuperado el Febrero de 2017
23. John Francis Kenney, E. S. (1947). *Mathematics of statistics*. Michigan: Van Nostrand.
24. Kamaraj, L. (Dirección). (2014). *Peanut Peeling Machine working* [Película]. India. Recuperado el Enero de 2017
25. Kendall, A., Marvinney, E., Brodt, S., & Zhu, W. (Diciembre de 2015). Life Cycle-based Assessment of Energy Use and Greenhouse Gas Emissions in Almond Production, Part I: Analytical Framework and Baseline Results. *Industrial Ecology*, 19(6), 1008-1018. doi:10.1111/jiec.12332
26. Ledbetter, C. A. (2007). Shell cracking in almond. *Science Direct*, 7.
27. MARTIN. (2015). *Catálogo general*. Recuperado el Diciembre de 2016

28. Ministerio de Comercio Exterior. (2015). *Perfil sectorial para el inversionista*. Informativo, Instituto de Promoción de Exportaciones e Importaciones, PRO ECUADOR, Quito. Recuperado el Noviembre de 2016
29. National Electric Manufactures Association. (2016). *NEMA*. Obtenido de <http://www.nema.org/pages/default.aspx>
30. Norton, R. L. (2011). *Diseño de Máquinas* (Vol. IV). Estados Unidos: Pearson Education. Recuperado el December de 2016
31. NTN Corporation. (2004). *Rodamientos de Bolas y de Rodillos*. Catálogo. Recuperado el 2016
32. Smith, W. F. (27 de Febrero de 1951). *Estados Unidos Patente nº 2543537*. Recuperado el Noviembre de 2016
33. SODECA. (2013). *Extractores en línea de conductos*. Catálogo de productos, Barcelona. Recuperado el Febrero de 2017
34. Tayupanta, J., & Córdova, J. (1990). *Algunas alternativas agronómicas y mecánicas para evitar la pérdida del suelo*. INIAP, Departamento de Suelos. Quito: Estación Experimental Santa Catalina. Recuperado el Noviembre de 2016, de <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2690>
35. The Almond Board of California. (2015). California Almonds. En AlmondBoard.com, *California Almonds* (pág. 16). California. Recuperado el December de 2016
36. Trading Company. (August de 2010). *Alibaba.com*. Recuperado el December de 2016, de Peanut skin peeling machine: https://www.alibaba.com/product-detail/peanut-almond-broad-bean-peeling-soybean_612334379.html
37. UNILEVER. (2013). *Manual de Seguridad Higiene y Medio Ambiente para Contratistas*. Manual, Antartida, SHE, Guayaquil. Recuperado el Noviembre de 2016
38. UNILEVER. (2014). *Construction Safety Standards*. Guayaquil, Guayas, Ecuador: Unilever Engineering. Recuperado el Noviembre de 2016
39. UNILEVER. (2016). *Cubos de Almendra Tostados con Piel*. Reporte general, Antartida, Calidad, Guayaquil. Recuperado el Noviembre de 2016
40. United Nations. (2007). *UNECE standard DDP-18/Inshell Almonds*. New York, Geneva: UNECE. Recuperado el Diciembre de 2016
41. Universidad de Chile. (2007). *Cadena de la Almendra y su Relación con la Innovación*. Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Economía

Agraria. Valparaíso: Fundación para la Innovación Agraria. Recuperado el Diciembre de 2016

42. Universidad de Málaga. (2006). *Manipulación de Cargas*. Málaga: Servicios de Prevención de Riesgos Laborales (Sepruma). Recuperado el Enero de 2017
43. Universidad del Trabajo de Uruguay. (2014). *Moleteados*. Montevideo: Campus virtual CETP. Recuperado el Diciembre de 2016
44. Universidad Nacional de Río Cuarto. (2010). *Procedimiento de Manipulación manual de Cargas*. Manual, Córdoba. Recuperado el Enero de 2017
45. Wang, M. W. (2005). *21food*. Recuperado el Diciembre de 2016, de Food and Beverage Online: <http://www.21food.com/products/high-quality-automatic-potato-washing-and-peeling-machine-807064.html>

APÉNDICES

5. APENDICE A: METODOLOGÍA DE DISEÑO

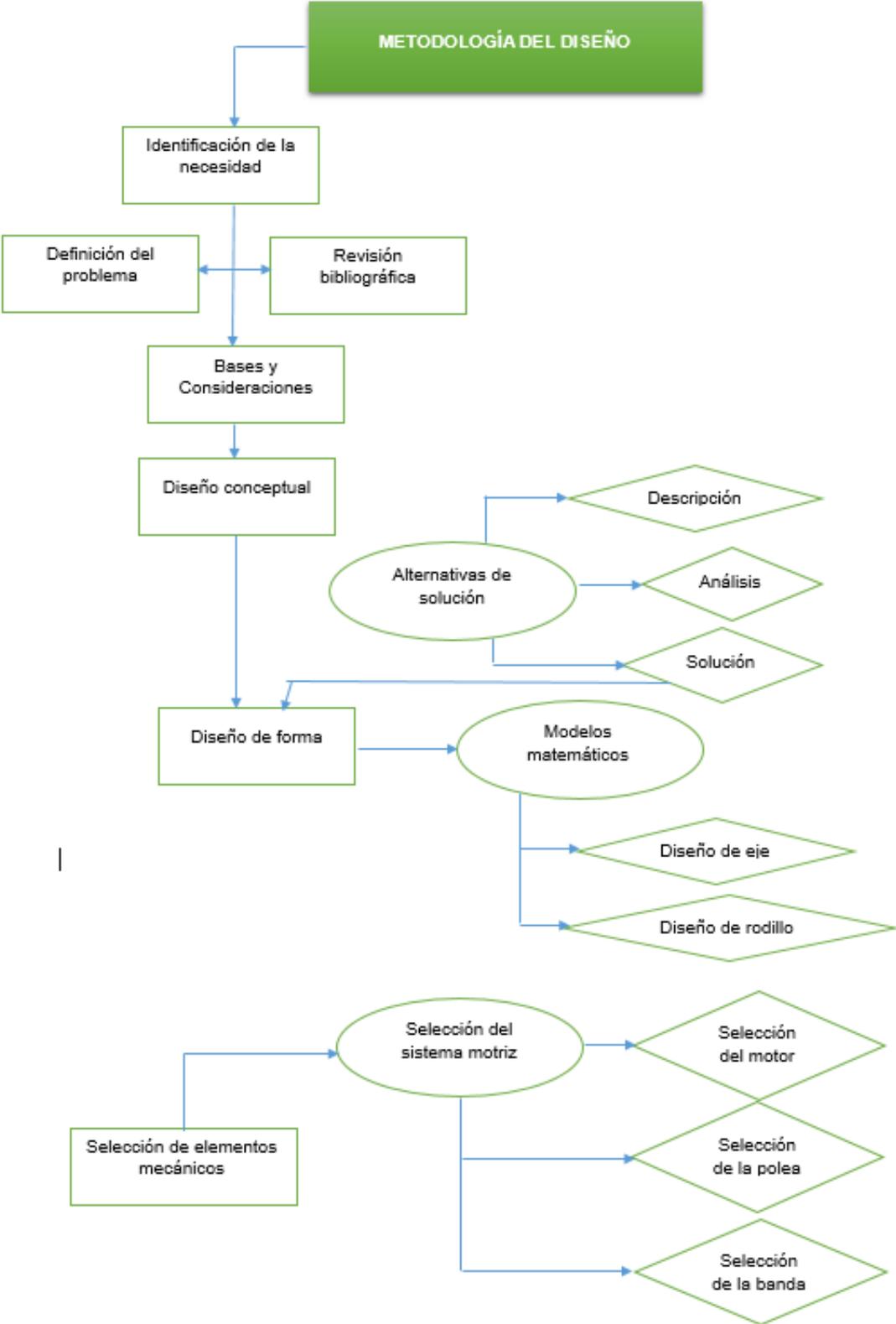


Figura 5.1. Metodología de Diseño Completa (Parte 1)

Fuente: Pintado. Garcés. 2016

Elaboración propia

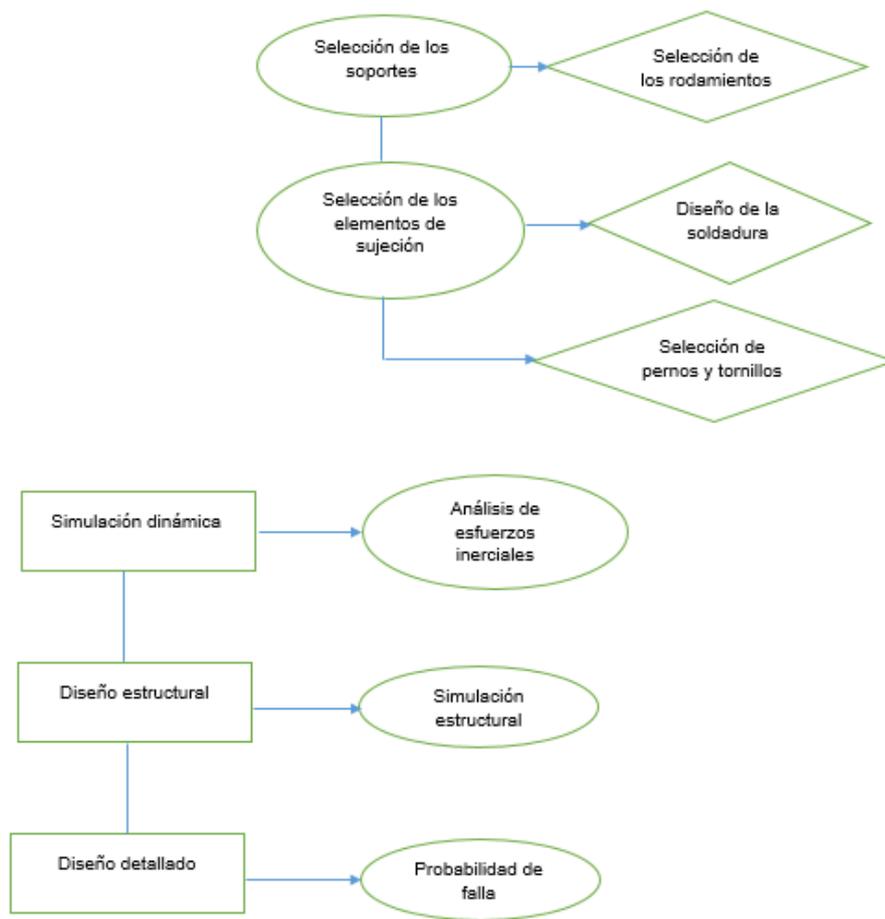


Figura 5.2. Metodología de Diseño Completa (Parte 2)

Fuente: Pintado. Garcés. 2016

Elaboración propia

6. APENDICE B: TABLAS PARA DISEÑO Y SELECCIÓN DE MATERIALES EN SISTEMAS

Tabla 6.1. Factores de Servicios Típicos.

FACTORES DE SERVICIOS TÍPICOS		TIPOS DE UNIDADES MOTRICES			
TIPOS DE MÁQUINAS DE TRANSMISIÓN		MOTORES ELÉCTRICOS	MOTORES ELÉCTRICOS	SERVICIO INTERMITENTE	SERVICIO CONTINUO
Los tipos de máquinas impulsadas aquí listadas son solo una muestra representativa. Seleccione el equipo que se aproxime más a su aplicación. SI SE UTILIZAN RUEDAS LOCAS, AÑADA LO SIGUIENTE AL FACTOR DE SERVICIO: Rueda Loca en el lado suelto (adentro) Ninguno Rueda Loca en el lado suelto (afuera) 0.1 Rueda Loca en el lado apretado (adentro) 0.1 Rueda Loca en el lado apretado (afuera) 0.2		MOTORES ELÉCTRICOS AC Torque Normal Jaula de Ardilla y Síncrono AC Fase Dividida DC Devanado en Derivación Motores de Combustión Interna	MOTORES ELÉCTRICOS AC Alto Torque AC HI-Fase Dividida AC Repulsión-Inducción AC Monofásico Devanado en Serie AC Anillo de Deslizamiento DC Devanado Compuesto		
		AC Torque Normal Jaula de Ardilla y Síncrono AC Fase Dividida DC Devanado en Derivación Motores de Combustión Interna			
Agitadores para Líquidos Sopladores y Aspiradoras Bombas centrífugas y Compresoras Ventiladores hasta 10 HP Transportadores de Trabajo Ligero		SERVICIO INTERMITENTE	SERVICIO CONTINUO		
		1.0	1.1	1.1	1.3
Transportadores de Banda para arena, grano, etc. Amasadora Ventiladores de más de 10 HP Generadores Ejes de Línea Máquinas de Lavandería Máquinas-Herramientas Taladros, Prensa, Cortadores Máquinas de Imprenta Bombas, Motores de Desplazamiento Positivo Cribas Giratorias y Vibratorias		SERVICIO INTERMITENTE	SERVICIO CONTINUO		
		1.1	1.2	1.2	1.4

Fuente: (MARTIN, 2015)

Martin

A Selección de Transmisión en Existencia

A

Tabla 6.2. Selección de transmisión en existencia para banda convencional A

Relación de Velocidad	Combinación de Poleas		Velocidades Impulsadas y HP por Banda												Distancia Nominal entre Centros y Factor de Corrección por Longitud y Arco							
			3500 RPM Motriz				1750 RPM Motriz				1160 RPM Motriz				26	31	35	38	42	46	51	
			Impuls. RPM	HP por Banda A	HP por Banda AX	Impuls. RPM	HP por Banda A	HP por Banda AX	Impuls. RPM	HP por Banda A	HP por Banda AX	HP por Banda A	HP por Banda AX									
1.94	3.6	7.0	1800	4.98	5.90	900	3.22	3.62	3.62	597	2.37	2.62	7.6	9.7	11.2	13.2	15.2	17.7				
1.94	6.2	12.8	1808	11.20	12.72	904	7.59	8.07	8.07	599	5.52	5.80	—	—	—	—	—	11.5				
1.95	4.2	8.2	1793	6.68	7.68	896	4.29	4.69	4.69	594	3.12	3.37	—	8.2	9.7	11.7	13.8	16.3				
1.96	4.6	9.0	1789	7.73	8.81	894	4.98	5.39	5.39	593	3.61	3.87	—	—	8.7	10.7	12.8	15.3				
1.96	5.4	10.6	1783	9.62	10.89	892	6.31	6.76	6.76	591	4.58	4.85	—	—	—	—	10.8	13.3				
				FACTOR DE CORRECCIÓN POR LONGITUD Y ARCO												0.0	0.74	0.78	0.81	0.84	0.87	0.90
2.00	3.0	6.0	1750	3.16	4.00	875	2.13	2.52	2.52	580	1.60	1.85	6.4	9.0	11.0	12.5	14.5	16.5	19.0			
2.00	3.2	6.4	1750	3.78	4.65	875	2.50	2.89	2.89	580	1.86	2.11	—	8.5	10.5	12.0	14.0	16.0	18.5			
2.00	3.8	7.6	1750	5.57	6.51	875	3.58	3.98	3.98	580	2.62	2.87	—	—	9.0	10.5	12.6	14.6	17.1			
2.00	6.0	12.0	1750	10.84	12.29	875	7.28	7.75	7.75	580	5.29	5.56	—	—	—	—	—	—	11.6			
2.00	6.6	13.2	1750	11.87	13.54	875	8.22	8.71	8.71	580	5.98	6.27	—	—	—	—	—	—	—			
				FACTOR DE CORRECCIÓN POR LONGITUD Y ARCO												0.69	0.75	0.79	0.82	0.85	0.87	0.90
2.04	5.2	10.6	1717	9.18	10.40	858	5.99	6.42	6.42	569	4.34	4.61	—	—	—	—	—	10.9	13.5			
2.05	4.0	8.2	1707	6.14	7.11	854	3.94	4.34	4.34	566	2.87	3.13	—	8.3	9.8	11.9	13.9	16.4	19.0			
2.05	4.4	9.0	1711	7.22	8.26	856	4.64	5.05	5.05	567	3.37	3.63	—	—	8.8	10.9	12.9	15.5	18.1			
2.06	3.2	6.6	1697	3.79	4.65	848	2.50	2.89	2.89	562	1.86	2.11	—	8.3	10.3	11.8	13.8	15.9	18.4			
2.06	3.4	7.0	1700	4.40	5.29	850	2.87	3.26	3.26	563	2.11	2.36	—	7.8	9.8	11.3	13.4	15.4	17.9			
				FACTOR DE CORRECCIÓN POR LONGITUD Y ARCO												0.0	0.75	0.79	0.81	0.84	0.87	0.90
2.06	6.4	13.2	1697	11.55	13.15	848	7.91	8.40	8.40	562	5.75	6.03	—	—	—	—	—	—	—			
2.07	3.0	6.2	1694	3.16	4.01	847	2.13	2.52	2.52	561	1.60	1.85	6.2	8.8	10.8	12.3	14.3	16.3	18.9			
2.07	5.8	12.0	1692	10.46	11.84	846	6.97	7.43	7.43	561	5.06	5.33	—	—	—	—	—	—	11.8			
2.11	3.6	7.6	1658	5.00	5.91	829	3.23	3.62	3.62	549	2.37	2.62	—	—	9.1	10.7	12.7	14.7	17.2			
2.12	5.0	10.6	1651	8.72	9.89	825	5.66	6.09	6.09	547	4.10	4.37	—	—	—	—	—	—	11.0			
				FACTOR DE CORRECCIÓN POR LONGITUD Y ARCO												0.0	0.75	0.79	0.81	0.84	0.87	0.90

Fuente: (MARTIN, 2015)

Tabla 6.3. Datos técnicos para motores trifásicos del tipo de jaula de ardilla.

Potencia [kW]	[HP]	Tipo	r/min	Eficiencia [%]				Factor de potencia			Corriente			Torque		Momento de inercia		Peso [kg]	Ruido [dBA]
				50	75	100	100	50	75	100	In [A]	Is	Ivacio	Tn [Nm]	Ts	Tmax	J=1/4GD2 [kgm2]		
6 polos = 1000 r/min																			
400.V 50.Hz																			
0,37	0,5	M2QA	930	58,6	63,2	63,0	0,46	0,58	0,66	1,15	1,3	5,0	1,0	3,8	1,9	2,0	0,00159	17	45
0,55	0,74	M2QA	925	60,0	65,1	65,0	0,48	0,59	0,68	1,15	1,8	5,0	1,4	5,7	1,9	1,8	0,00196	18	45
0,75	1	M2QA	920	66,4	70,2	71,0	0,52	0,65	0,72	1,15	2,1	5,0	1,5	7,8	2,0	2,3	0,00292	21	48
1,1	1,5	M2QA	920	71,2	73,1	73,0	0,53	0,67	0,74	1,15	2,9	5,0	2,1	11,4	2,0	2,6	0,00379	25	48

Fuente: (ABB Group, 2016)

Tabla 6.4. Eficiencias típicas de bandas comerciales

Table 2 Industrial Belt Efficiency at Rated Power													
Belt Cross Section	Percent Efficiency		Horsepower Loss		Percent Slip		Temp Above Ambient (°F)		DR and DN Pitch Dia (In)	Rated Torque (Lb-Ft)	Total Tension (Lbs)	Nominal RPM	No. of Tests
	Wrap	Cog	Wrap	Cog	Wrap	Cog	Wrap	Cog					
Classical-V													
A	91.4	93.4	.17	.13	1.26	1.03	33	21	3.0	5.5 P [^]	66	1750	32
A	90.6	93.2	.25	.17	1.31	.98	39	22		7.1 C	85		16
2A	90.7	93.3	.38	.27	1.34	1.0	48	28		11.0 P	132		16
A	97.3	97.7	0.16	0.14	0.67	0.4	15	9	6.2	16.7 P	97		8
A	96.9	97.5	.23	.18	.77	.56	22	12		21.2 C	123		8
B	90.8	95.6	.12	.11	1.34	.79	23	14	3.4	3.9 S	42	1750	38
B	90.1	95.1	.19	.09	1.54	1.06	29	18		5.4 P	57		100
B	92.1	95.3	.32	.19	2.31	1.40	45	27		11.4 C	121		14
2B	89.7	95.7	.30	.12	1.48	.71	29	19		7.8 S	84		12
B Joined-V*	86.2	94.4	.40	.15	1.48	.78	39	18		7.8 S	84		6
B	94.7	96.3	.24	.17	1.28	1.07	26	18	5.0	13.2 S	93	1750	13
B	95.7	96.8	.23	.18	1.45	1.17	28	21		15.7 P	113		36
B	95.9	96.5	.31	.28	1.79	1.40	39	32		21.6 C	156		13
B	96.9	97.5	.23	.18	.85	.64	24	20	6.6	21.1 S	115	1750	10
B	96.9	97.5	.26	.21	.96	.71	29	23		25.0 P	136		10
B	96.9	97.6	.33	.25	1.14	.83	33	28		30.9 C	169		10
C	97.4	99.6	.41	.08	2.04	1.38	42	22	8.0	68.3 C	308	1160	16
2C	97.4	99.3	.58	.16	1.48	1.06	37	20		100.5 P	452		8
5C	97.4	98.9	1.49	.63	1.45	1.01	54	27		251.2 P	1130		16
5C	96.9	98.8	2.37	.99	1.91	1.13	78	38		341.7 C	1538		8
C Joined-V**	97.5	98.5	1.42	.85	1.13	1.17	58	38		251.2 P	1130		8
D	96.9	97.4	.80	.70	.89	.53	37	27	12.0	113.6 P	341	1160	8
4D	96.8	97.5	3.35	2.55	.83	.55	62	45		454.4 P	1364		8
Synchronous													
L075		97.0		.05		.00		5	3.342	5.0	50	1750	24
L038		98.2		.04		.00		8	4.775	7.2	50		8
L075		98.1		.05		.00		6		7.2	50		16
L075		97.3		.07		.00		9		7.2	80		15
XH400		99.4		.42		.00		25	8.356	272.2	1040	1750	8

^ S, P, and C denote standard, premium, and cog ratings; 1972 Dayco PT Handbook.

* 2-rib wrapped, 2-rib cog.

** 5-rib wrapped, 4-rib cog.

Tabla 6.5. Aplicaciones en maquinarias y vida requerida para rodamientos

Clasificación del servicio	Aplicaciones en maquinarias y vida requerida (referencia) L_{10h}				$\times 10^3 h$
	~ 4	4 ~ 12	12 ~ 30	30 ~ 60	
Máquinas usadas por periodos cortos q utilizadas sólo ocasionalmente.	<ul style="list-style-type: none"> ● Aplicaciones domésticas ● Herramientas de mano eléctricas 	<ul style="list-style-type: none"> ● Maquinaria agrícola ● Equipos de oficina 			60 ~
Utilización durante periodos cortos e intermitentemente, pero con requerimientos de alta confiabilidad.	<ul style="list-style-type: none"> ● Equipos médicos ● Instrumentos de medición 	<ul style="list-style-type: none"> ● Motores de acondicionadores de aire residenciales ● Equipos de construcc. ● Elevadores ● Grúas 	<ul style="list-style-type: none"> ● Grúas (Poleas) 		
Máquinas que no se usan constantemente, pero se utilizan por periodos largos.	<ul style="list-style-type: none"> ● Automóviles ● Vehículos de dos ruedas 	<ul style="list-style-type: none"> ● Motores pequeños ● Buses/camiones ● Transmisiones de engranes en general ● Máquinas madereras 	<ul style="list-style-type: none"> ● Husillos de máquinas ● Motores industriales ● Trituradores ● Cribas vibratorias 	<ul style="list-style-type: none"> ● Transmisiones de engranes principales ● Máquinas de caucho/plástico ● Rodillos de calandrias ● Máquinas de impresión 	
Máquinas en constante uso durante las 8 horas del día.		<ul style="list-style-type: none"> ● Laminadores ● Escaleras eléctricas ● Transportadores ● Centrifugas 	<ul style="list-style-type: none"> ● Ejes de vehículos ferroviarios ● Acondicionadores de aire ● Motores grandes ● Centrifugas 	<ul style="list-style-type: none"> ● Ejes de locomotoras ● Motores de tracción ● Elevadores mineros ● Volantes a presión 	<ul style="list-style-type: none"> ● Máquinas de fabricación de papel ● Equipos de propulsión para barcos
24 horas de operación continua, no interrumpible.					<ul style="list-style-type: none"> ● Equipos de abastecimiento de agua ● Bombas de drenaje/ventiladores para minería ● Equipos para generación de potencia

Fuente: (NTN Corporation, 2004)

Tabla 6.6. Rodamiento rígido de Bolas

Dimensiones principales			Capacidades básicas de carga			Factor		Velocidades límites				Números de rodamientos						
d	D	B	r _{ns} mm	C _r	C _{or}	kgf	f ₀	grasa		aceite		LLH	LLU	tipo abierto	con tapas	con sello de contacto	con sello de bajo torque	con sello de
								ZZ	LLB	Z	LB							
10	15	3	0.1	—	0.855	87	44	15.7	10 000	12 000	—	—	—	6700	—	—	—	—
	19	5	0.3	—	1.83	187	94	14.8	32 000	38 000	—	24 000	—	6800	ZZ	LLB	—	LLU
	22	6	0.3	0.3	2.7	275	129	14.0	30 000	36 000	—	21 000	—	6900	ZZ	LLB	—	LLU
	26	8	0.3	—	4.55	465	200	12.4	29 000	34 000	25 000	21 000	—	6000	ZZ	LLB	LLH	LLU
	30	9	0.6	0.5	5.10	520	244	13.2	25 000	30 000	21 000	18 000	—	6200	ZZ	LLB	LLH	LLU
	35	11	0.6	0.5	8.20	835	355	11.4	23 000	27 000	20 000	16 000	—	6300	ZZ	LLB	LLH	LLU
12	18	4	0.2	—	0.930	95	54	16.2	8 300	9 500	—	—	—	6701	—	LLF	—	—
	21	5	0.3	—	1.92	195	106	15.3	29 000	35 000	—	20 000	—	6801	ZZ	LLB	—	LLU
	24	6	0.3	0.3	2.89	295	149	14.5	27 000	32 000	—	19 000	—	6901	ZZ	LLB	—	LLU
	28	7	0.3	—	5.10	520	244	13.2	26 000	30 000	—	—	—	16001	—	—	—	—
	28	8	0.3	—	5.10	520	244	13.2	26 000	30 000	21 000	18 000	—	6001	ZZ	LLB	LLH	LLU
	32	10	0.6	0.5	6.10	620	280	12.7	22 000	26 000	20 000	16 000	—	6201	ZZ	LLB	LLH	LLU
15	37	12	1	0.5	9.70	990	425	11.1	20 000	24 000	19 000	15 000	—	6301	ZZ	LLB	LLH	LLU
	21	4	0.2	—	0.940	96	59	16.5	6 600	7 600	—	—	—	6702	—	LLF	—	—
	24	5	0.3	—	2.08	212	128	15.8	26 000	31 000	—	17 000	—	6802	ZZ	LLB	—	LLU
	28	7	0.3	0.3	3.65	375	204	14.8	24 000	28 000	—	16 000	—	6902	ZZ	LLB	—	LLU
	32	8	0.3	—	5.60	570	289	13.9	22 000	26 000	—	—	—	16002	—	—	—	—
	32	9	0.3	0.3	5.60	570	289	13.9	22 000	26 000	18 000	15 000	—	6002	ZZ	LLB	LLH	LLU
17	35	11	0.6	0.5	7.75	790	365	12.7	19 000	23 000	18 000	15 000	—	6202	ZZ	LLB	LLH	LLU
	42	13	1	0.5	11.4	1 170	555	12.3	17 000	21 000	15 000	12 000	—	6302	ZZ	LLB	LLH	LLU
	23	4	0.2	—	1.00	102	67	16.3	5 000	6 700	—	—	—	6703	—	LLF	—	—
	26	5	0.3	—	2.23	227	149	16.1	24 000	28 000	—	15 000	—	6803	ZZ	LLB	—	LLU
	30	7	0.3	0.3	4.65	475	263	14.7	22 000	26 000	—	14 000	—	6903	ZZ	LLB	—	LLU
	35	8	0.3	—	6.80	695	345	13.6	20 000	24 000	—	—	—	16003	—	—	—	—
17	35	10	0.3	0.3	6.80	695	345	13.6	20 000	24 000	16 000	14 000	—	6003	ZZ	LLB	LLH	LLU
	40	12	0.6	0.5	9.60	980	465	12.8	18 000	21 000	15 000	12 000	—	6203	ZZ	LLB	LLH	LLU
	47	14	1	0.5	13.5	1 380	665	12.2	16 000	19 000	14 000	11 000	—	6303	ZZ	LLB	LLH	LLU
	62	17	1.1	—	22.7	2 320	1 100	11.1	14 000	16 000	—	—	—	6403	—	—	—	—

Fuente: (NTN Corporation, 2004)

FIA) DATOS DE LA MANIPULACIÓN

1) PESO REAL DE LA CARGA: Kg.

2) DATOS PARA EL CÁLCULO DEL PESO ACEPTABLE:

2.1 PESO TEÓRICO RECOMENDADO EN FUNCIÓN DE LA ZONA DE MANIPULACIÓN Kg.



2.2 DESPLAZAMIENTO VERTICAL

	Factor corrección
Hasta 25 cm	1
Hasta 50 cm	0,91
Hasta 100 cm	0,87
Hasta 175 cm	0,84
Más de 175 cm	0

2.3 GIRO DEL TRONCO

	Factor corrección
Sin giro	1
Poco girado (Hasta 30°)	0,9
Girado (Hasta 60°)	0,8
Muy girado (90°)	0,7

2.4 TIPO DE AGARRE

	Factor corrección
Agarre bueno	1
Agarre regular	0,95
Agarre malo	0,9

2.5 FRECUENCIA DE MANIPULACIÓN

	Duración de la manipulación		
	≤ 1h/día	> 1h y ≤ 2h	> 2h y ≤ 8h
	Factor corrección		
1 vez cada 5 minutos	1	0,95	0,85
1 vez / minuto	0,94	0,88	0,75
4 veces / minuto	0,84	0,72	0,45
9 veces / minuto	0,52	0,30	0,00
12 veces / minuto	0,37	0,00	0,00
> 15 veces / minuto	0,00	0,00	0,00

3) PESO TOTAL TRANSPORTADO DIARIAMENTE Kg

4) DISTANCIA DE TRANSPORTE m

Figura 6.1. Ficha técnica para obtener la carga máxima de manipulación manual de carga.

	PESO	CELDA	LONGITUD	ANCHO
	kg	mm	m	m
Superior	8,30	8 x 20 apróx.	2,21	0,61
Estándar	6,50	10 x 20 apróx.	2,21	0,61

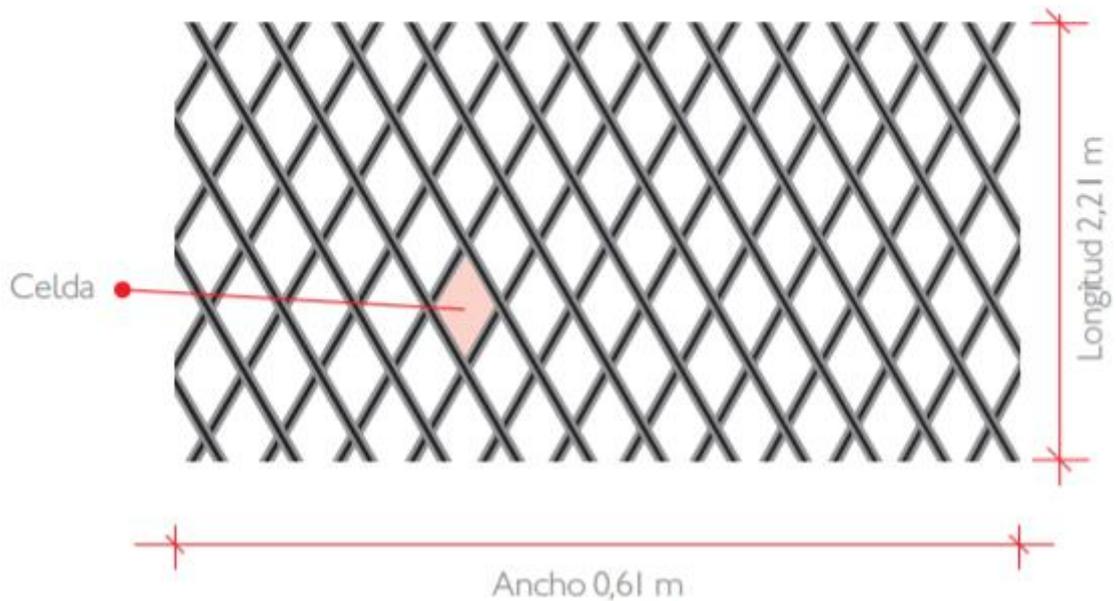


Figura 6.2. Malla electrosoldada ecuatoriana.

Fuente: (ADELCA, 2016)

Tabla 6.7. Muestra para toma de datos de las dimensiones de las almendras (Parte 1).

Dimensiones de la almendra		
Longitud [mm]	Ancho [mm]	Espesor [mm]
21.47	13.2	7.62
22.95	13.56	9.15
20.75	13.27	8.39
21.34	13.15	8.08
22.13	12.66	8.98
22.35	12.8	8.89
20.96	11.96	8.45
0.97	12.88	8.08
20.25	12.81	8.08

Fuente: Pintado. Garcés. 2016

Elaboración propia.

Tabla 35. Muestra para toma de datos de las dimensiones de las almendras (Parte 2).

Dimensiones de la almendra		
Longitud [mm]	Ancho [mm]	Espesor [mm]
21.08	11.62	8.68
21.24	13.5	7.88
22.6	13.12	9.21
21.88	12.53	6.57
22.13	12.75	9.72
19.43	12.36	8.68
19.8	11.67	7.64
19.12	12.81	8.32
21.81	12.56	8.77
21.81	12.32	7.24
21.47	12.95	7.6
20.7	13.5	8.36
21.96	13.13	8.05
21.72	13.27	8.85
23.5	13.89	8.64
23.2	13.34	9.66
22.24	13.03	7.94
23.68	13.81	7.8
23.33	13.69	8.03
21.85	12.72	9.06
23.02	13.02	10.1
22.72	13.45	8.6
20.16	12.61	7.59
22.34	12.7	8.32
22.25	12.95	8.6
22.71	13.14	7.86
22.85	13.16	8.36
22.63	12.58	9.09
22.89	12.76	8.12
21.49	12.37	8.37
21.23	12.9	8.55
21.32	12.56	7.79
23.55	12.88	7.84
21.9	12.49	8.38
22.62	12.69	8.43
22.57	12.74	9

Fuente: Pintado, Garcés. 2016

Elaboración propia.

Tabla 6.9. Parámetros estadísticos de la toma de medidas de las almendras.

Parámetros estadísticos.	<i>Longitud</i>	<i>Ancho</i>	<i>Espesor</i>
Media	21.87	12.89	8.37
Error típico	0.16	0.07	0.10
Mediana	21.90	12.88	8.37
Moda	21.47	13.27	8.08
Desviación estándar	1.08	0.49	0.69
Varianza de la muestra	1.18	0.24	0.48
Curtosis	0.04	0.62	0.56
Coefficiente de asimetría	-0.57	-0.35	0.05
Rango	4.56	2.27	3.53
Mínimo	19.12	11.62	6.57
Máximo	23.68	13.89	10.10
Suma	983.97	579.86	376.45
Cuenta	45.00	45.00	45.00
Nivel de confianza(95.0%)	0.33	0.15	0.21

Fuente: Pintado. Garcés. 2016

Elaboración propia.

Tabla 6.10. Características técnicas de extractores NEOLINEO.

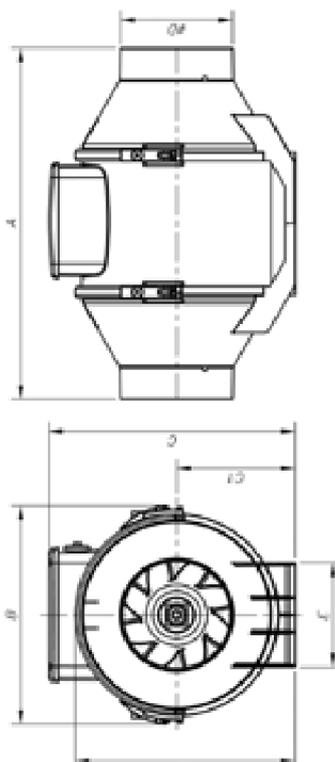
Modelo	Velocidad max / min (r/min)	Intensidad máxima admisible 230V (A)	Potencia instalada (W)	Caudal máximo (m³/h)	Nivel sonoro irradiado* dB(A)	Peso aprox. (Kg)
NEOLINEO-100-Q	2450/2070	0,07/0,05	15/12	200/155	29/25	1,2
NEOLINEO-100-Q T	2450/2070	0,07/0,05	15/12	200/155	29/25	1,2
NEOLINEO-100	2170/1590	0,11/0,09	23/20	255/180	30/25	1,8
NEOLINEO-100 T	2170/1590	0,11/0,09	23/20	255/180	30/25	1,8
NEOLINEO-125	2300/1600	0,15/0,11	33/25	365/250	33/27	1,8
NEOLINEO-125 T	2300/1600	0,15/0,11	33/25	365/250	33/27	1,8
NEOLINEO-150	2290/1520	0,26/0,18	58/40	550/385	33/28	2,4
NEOLINEO-150 T	2290/1520	0,26/0,18	58/40	550/385	33/28	2,4
NEOLINEO-160	2290/1520	0,26/0,18	58/40	550/385	34/28	2,4
NEOLINEO-160 T	2290/1520	0,26/0,18	58/40	550/385	34/28	2,4
NEOLINEO-200-Q	2720/1780	0,37/0,22	75/45	950/700	36/30	3,7
NEOLINEO-200	3120/1990	0,63/0,21	74/22	1060/790	38/32	3,7
NEOLINEO-200-Q T	2720/1780	0,37/0,22	75/45	950/700	36/30	3,7
NEOLINEO-250-Q	2520/1740	0,50/0,40	110/85	990/720	39/37	7,1
NEOLINEO-250	3010/1720	1,06/0,26	124/27	1250/650	57/43	5,3
NEOLINEO-315	2350/1800	1,60/0,83	240/119	1900/1400	60/53	9,5

*Los niveles de presión sonora irradiados, están obtenidos a 3 metros en campo libre, con tubos rígidos en aspiración y descarga.

Fuente: (SODECA, 2013)

Tabla 6.11. Dimensiones de los extractores acorde a SODECA.

Dimensiones mm



Modelo	A	B	C	C1	C2	øD	E
NEOLINEO-100-Q	231	156	174	82	152	96	95
NEOLINEO-100-Q T	231	156	174	82	152	96	95
NEOLINEO-100	303	188,5	211	101,5	189	96	90
NEOLINEO-100 T	303	188,5	211	101,5	189	96	90
NEOLINEO-125	258	188,5	211	101,5	189	122	90
NEOLINEO-125 T	258	188,5	211	101,5	189	122	90
NEOLINEO-150	294	214,5	234	112,5	212	146	110
NEOLINEO-150 T	294	214,5	234	112,5	212	146	110
NEOLINEO-160	272,5	214,5	234	112,5	212	156	110
NEOLINEO-160 T	272,5	214,5	234	112,5	212	156	110
NEOLINEO-200-Q	300	234,5	260,5	125,5	235	196	140
NEOLINEO-200	300	234,5	260,5	125,5	235	196	140
NEOLINEO-200 T	300	234,5	260,5	125,5	235	196	140
NEOLINEO-250-Q	385	300	317	152,5	292	247	176,5
NEOLINEO-250	385	300	317	152,5	292	247	176,5
NEOLINEO-315	448	361,5	392,5	188,5	359	312	220,5

Fuente: (SODECA, 2013)

7. APENDICE C: CÓDIGO MATLAB PARA SIMULACIÓN

```
%Biela-Manivela-Corredera%

N=1000;
r2=11.5;
r3=215.28;
e=110;
Omega2=21;
alpha2=0;
tetha2=(0:2*pi/N:2*pi);
tetha3=(2*pi)+asin(-(e-r2*sin(tetha2))/r3));
w=(tetha3*180/pi);
r1=r3*cos(tetha3)+r2*cos(tetha2);

for i=1:1:N+1
J=[r3*sin(tetha3(i)) 1;
   -(r3*cos(tetha3(i))) 0];
BV=[-(r2*(sin(tetha2(i)))*Omega2);(r2*(cos(tetha2(i)))*Omega2)];
Vvector=inv(J)*BV;
Omega3(i)=Vvector(1,1);
rldot(i)=Vvector(2,1);
BA=[-(r2*(cos(tetha2(i)))*Omega2^2)-(r2*(sin(tetha2(i)))*(alpha2))-
     (r3*(cos(tetha3(i)))*(Omega3(i)^2));
     -(r2*(sin(tetha2(i)))*Omega2^2)+(r2*(cos(tetha2(i)))*(alpha2))-
     (r3*(sin(tetha3(i)))*(Omega3(i)^2))];
Avector=inv(J)*BA;
alpha3(i)=Avector(1,1);
rlddot(i)=Avector(2,1);
end
figure(1);
plot(tetha2,tetha3);grid on;
figure(2);
plot(tetha2,Omega3);grid on;
figure(3);
plot(tetha2,rldot,'b');grid on;
ylabel('Velocidad [mm/s]');
xlabel('Angulo [rad]');
figure(4);
plot(tetha2,alpha3);grid on;
figure(5);
plot(tetha2,rlddot,'g');grid on;
ylabel('Aceleración [mm/s2]');
xlabel('Angulo [rad]');
figure(6);
plot(tetha2,r1,'r');grid on;
ylabel('Posición [mm]');
xlabel('Angulo [rad]');
```

APENDICE D: PROTOTIPO



Figura 7.1. Prototipo, sección de pelado

Pintado, Garcés, 2017

Elaboración propia



Figura 7.2. Prototipo, vista isométrica.

Pintado, Garcés, 2017.

Elaboración propia.



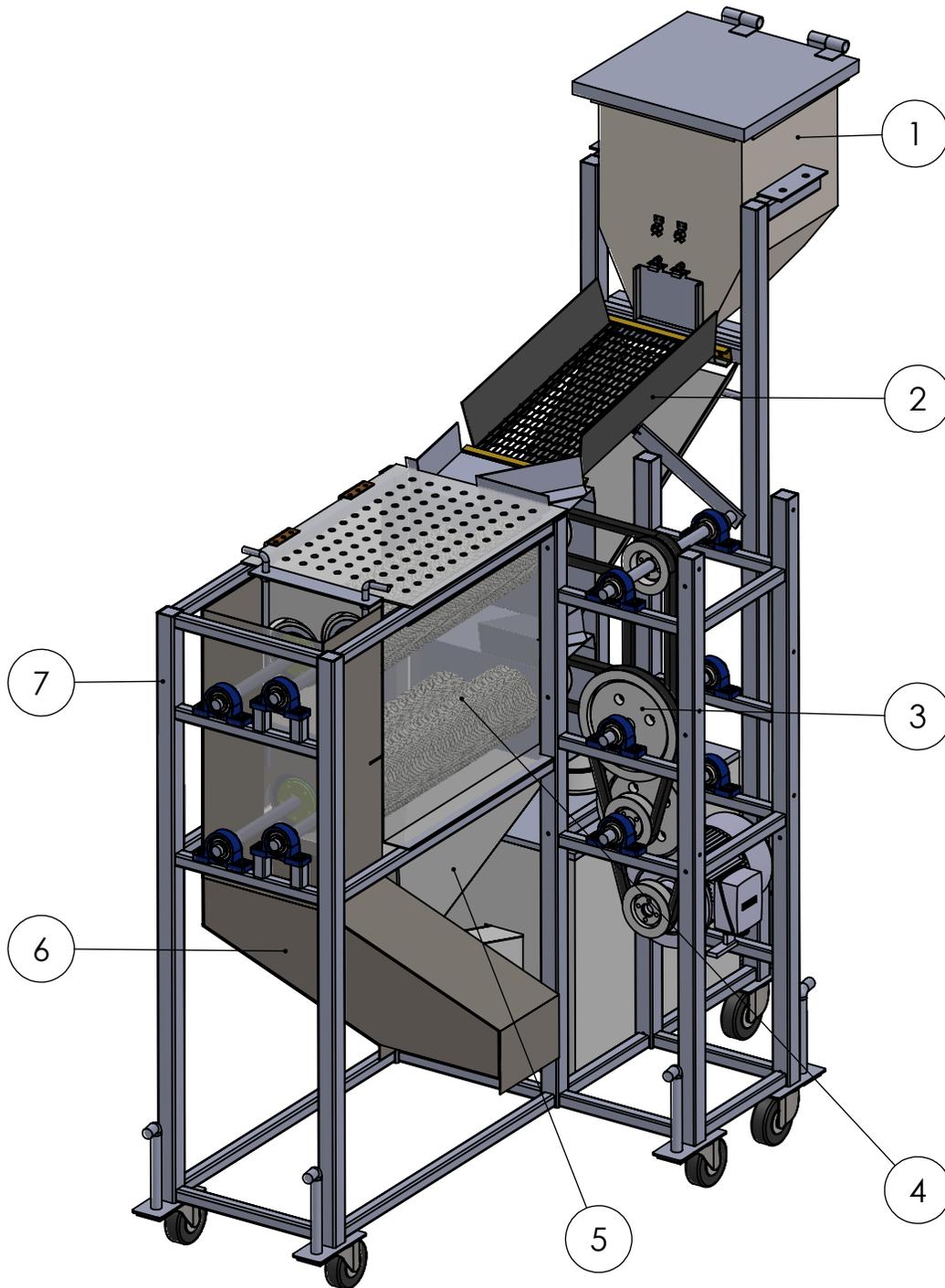
Figura 7.3. Fabricación de prototipo.

Pintado, Garcés, 2017

Elaboración propia.

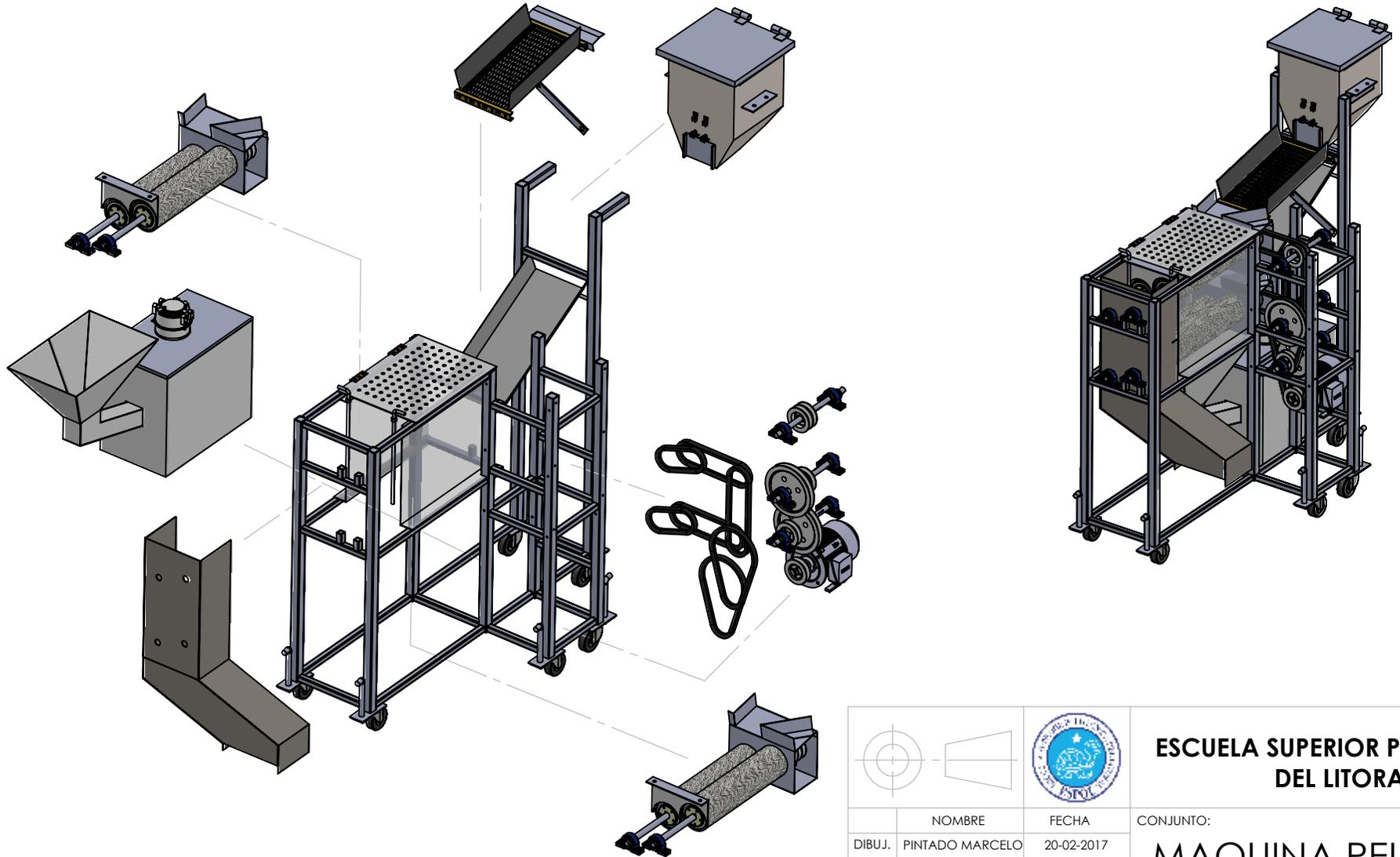
L

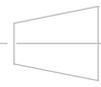
APÉNDICE E
Planos Esquemáticos



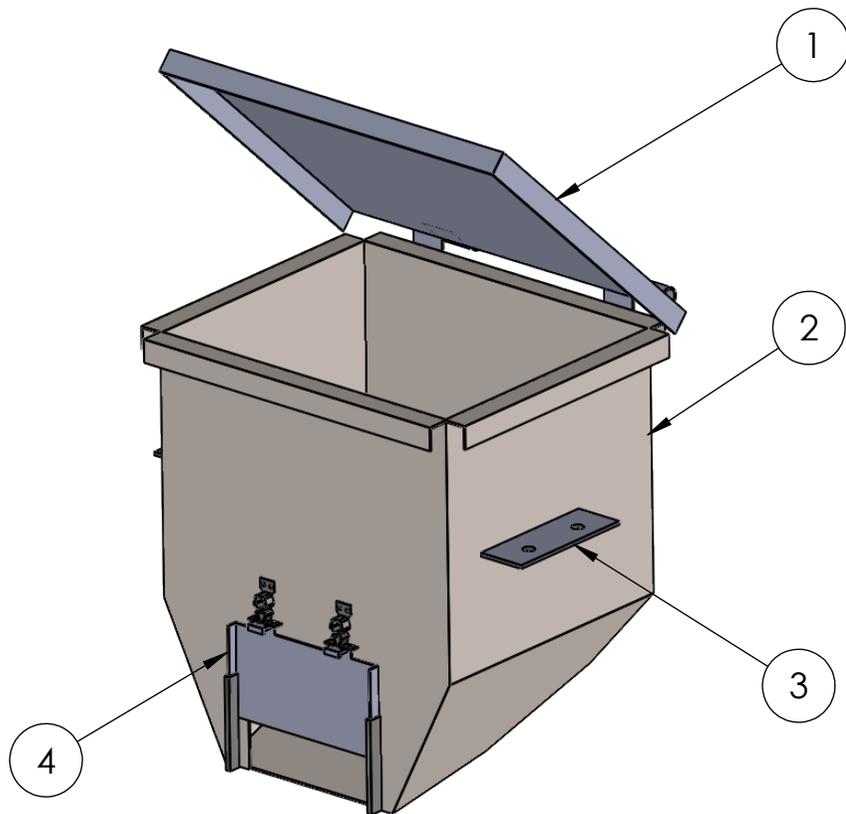
Nº DE ELEMENTO	DESCRIPCION
1	SISTEMA DE ADMISION
2	SISTEMA DE SELECCION
3	SISTEMA DE TRANSMISION DE POTENCIA
4	SISTEMA DE PELADO
5	SISTEMA DE ALMACENAMIENTO
6	SISTEMA DE DESCARGA
7	ESTRUCTURA

			ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL		
		CONJUNTO:		MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS	
DIBUJ.	PINTADO MARCELO	FECHA	20-02-2017		
DIBUJ.	GARCES ALAIN	FECHA	20-02-2017		
VERIF.	ING. L. CASTRO	FECHA	20-02-2017		
APROB.	ING. G. ALMEIDA	FECHA	20-02-2017	TITULO: ENSAMBLE GENERAL	
PLANO GENERAL				A4	
ESCALA: 1:10				HOJA 1 DE 1	

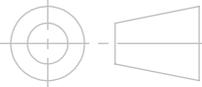


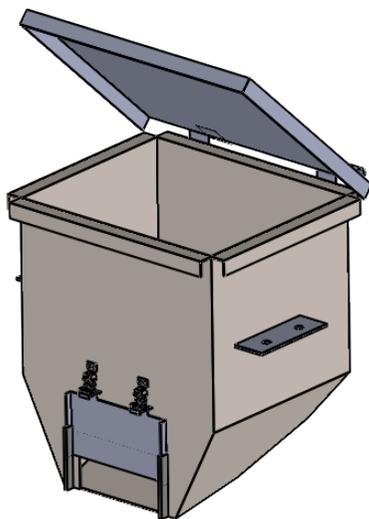
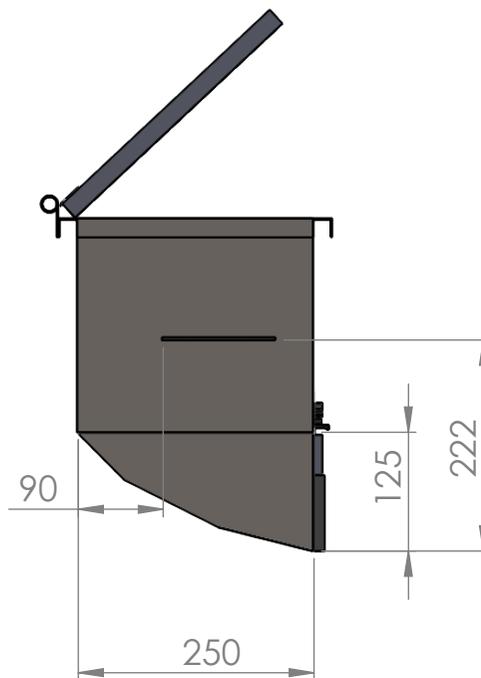
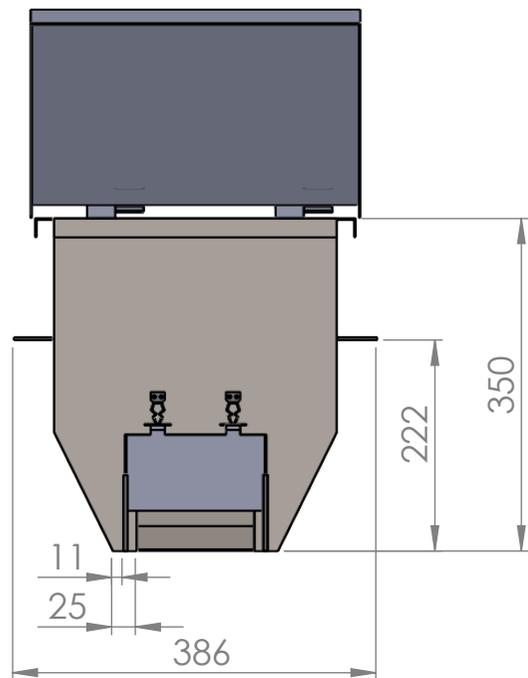
  		ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL		
	NOMBRE	FECHA	CONJUNTO:	
DIBUJ.	PINTADO MARCELO	20-02-2017	MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS	
DIBUJ.	GARCES ALAIN	20-02-2017		
VERIF.	ING. L. CASTRO	20-02-2017		
APROB.	ING. G. ALMEIDA	20-02-2017		
VISTA EXPLOSIONADA			TITULO:	ENSAMBLE GENERAL
			ESCALA: 1:20	HOJA 1 DE 1

A4

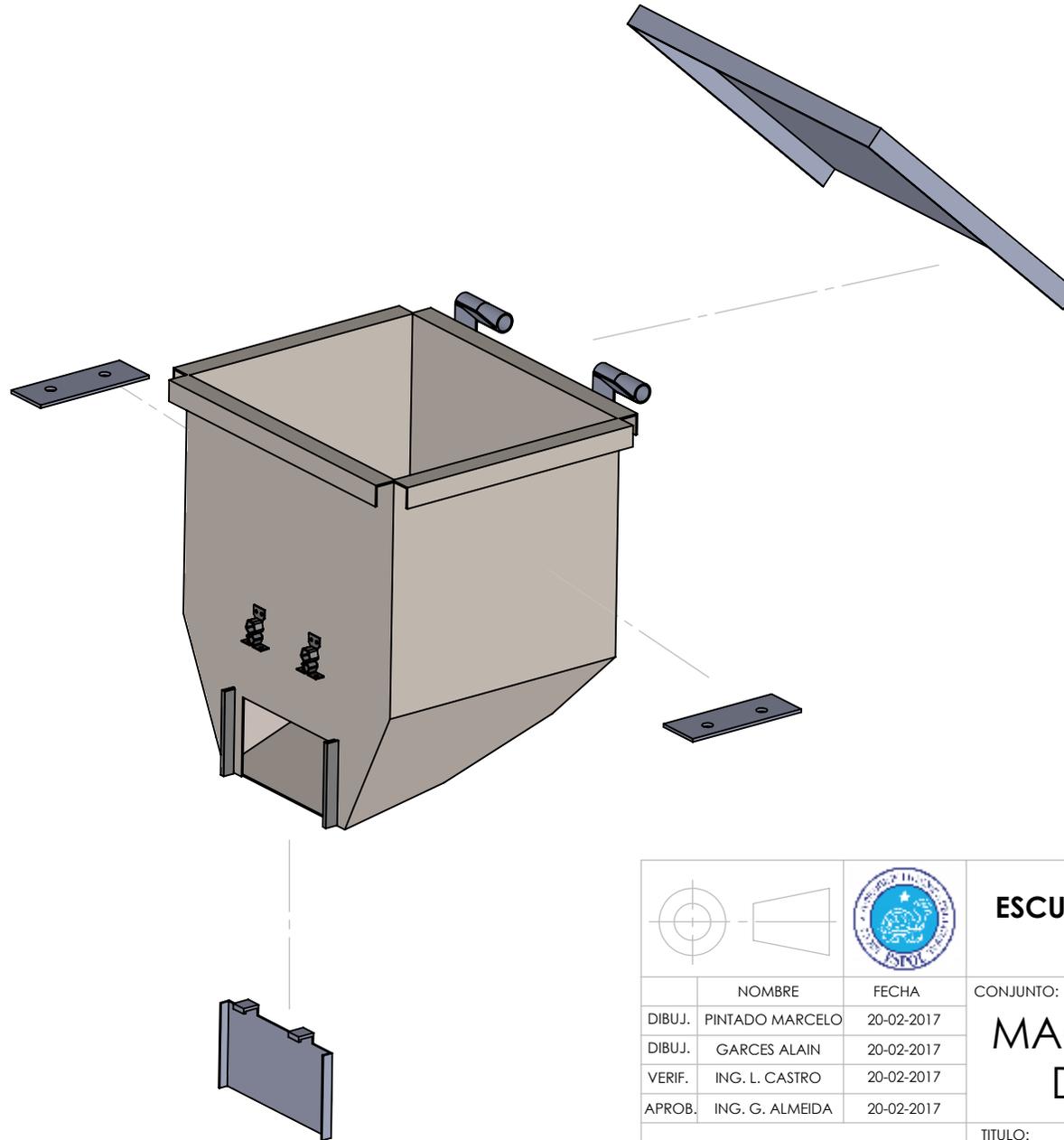


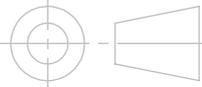
Nº DE ELEMENTO	DESCRIPCION	CANT.	MATERIAL
1	TAPA DE TOLVA	1	ACERO INOX. L316
2	CUERPO DE TOLVA	1	ACERO INOX. L316
3	PLACA DE AJUSTE	2	ACERO INOX. L316
4	PUERTA DE TOLVA	1	ACERO INOX. L316

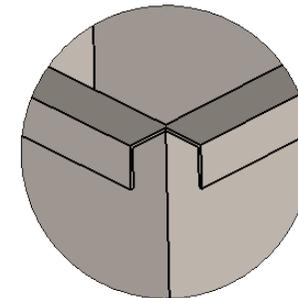
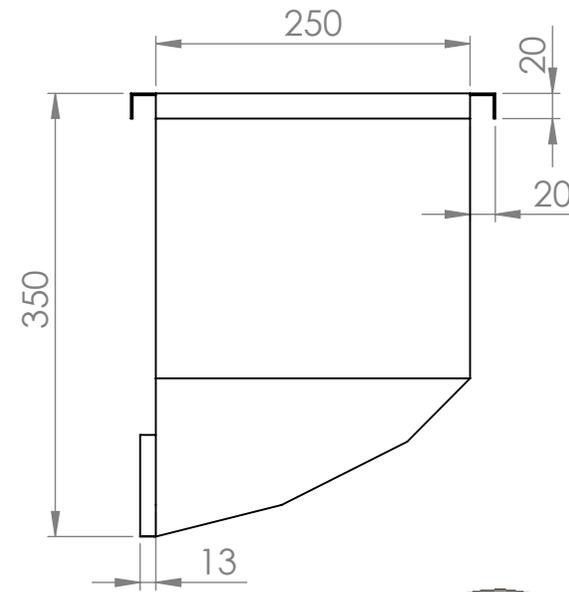
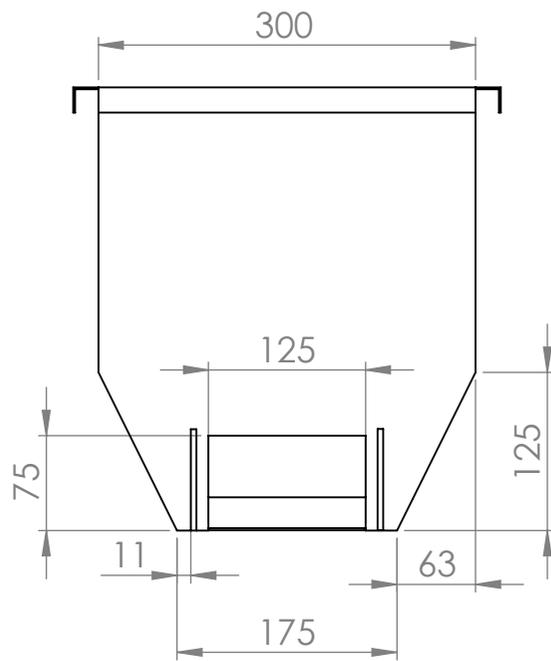
				ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
				CONJUNTO: MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS	
				TITULO: SISTEMA DE ADMISION	
PLANO GENERAL				A4	
		ESCALA: 1:6		HOJA 1 DE 1	



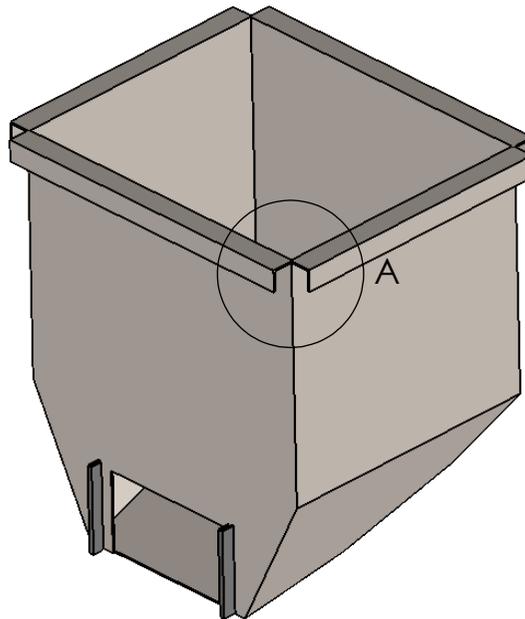
 				ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
	NOMBRE	FECHA	CONJUNTO:		
DIBUJ.	PINTADO MARCELO	20-02-2017	MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS		
DIBUJ.	GARCES ALAIN	20-02-2017			
VERIF.	ING. L. CASTRO	20-02-2017			
APROB.	ING. G. ALMEIDA	20-02-2017			
PLANO GENERAL ARMADO			TITULO:	SISTEMA DE ADMISION	A4
			ESCALA: 1:8	HOJA 1 DE 1	



				ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
	NOMBRE	FECHA	CONJUNTO:		
DIBUJ.	PINTADO MARCELO	20-02-2017	MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS		
DIBUJ.	GARCES ALAIN	20-02-2017			
VERIF.	ING. L. CASTRO	20-02-2017			
APROB.	ING. G. ALMEIDA	20-02-2017			
VISTA EXPLOSIONADA			TITULO:	SISTEMA DE ADMISION	A4
			ESCALA: 1:6	HOJA 1 DE 1	

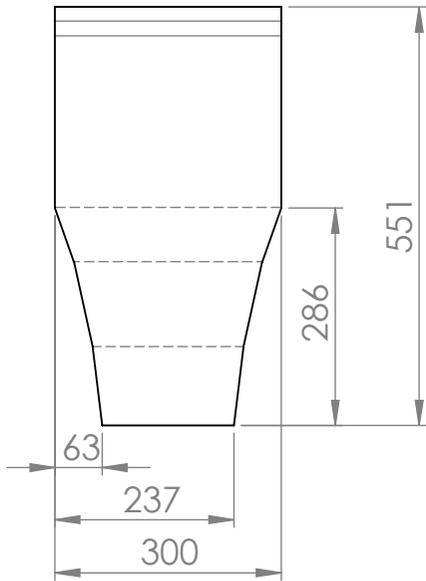


DETALLE A
ESCALA 1 : 3



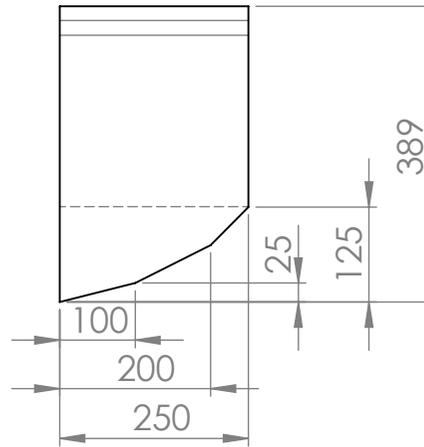
 			ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
	NOMBRE	FECHA	CONJUNTO:	
DIBUJ.	PINTADO MARCELO	20-02-2017	MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS	
DIBUJ.	GARCES ALAIN	20-02-2017		
VERIF.	ING. L. CASTRO	20-02-2017		
APROB.	ING. G. ALMEIDA	20-02-2017		
MATERIAL:		TITULO:		
ACERO INOX. L316		CUERPO DE TOLVA		A4 PG
ESCALA: 1:6			HOJA 1 DE 1	

1



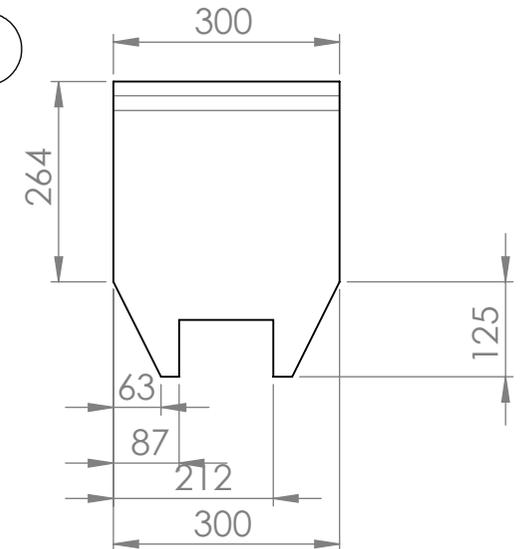
VISTA DESPLEGADA
ESPESOR: 2 mm
CANTIDAD: 1

2



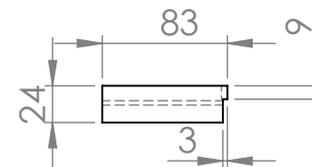
VISTA DESPLEGADA
ESPESOR: 2 mm
CANTIDAD: 2

4

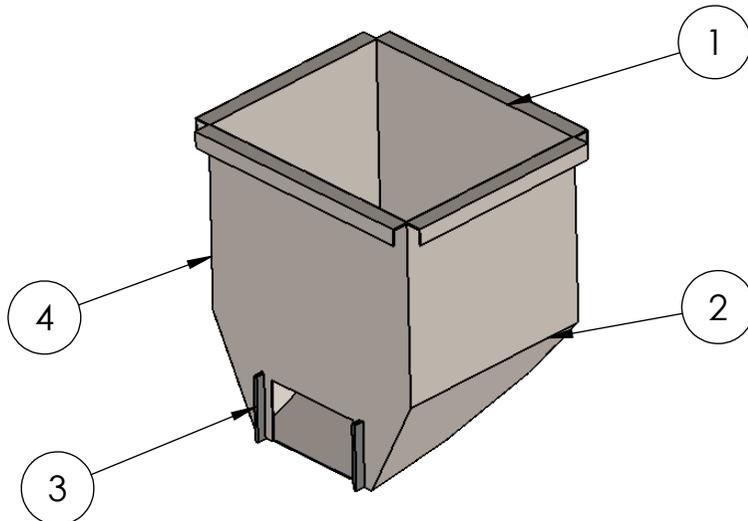


VISTA DESPLEGADA
ESPESOR: 2 mm
CANTIDAD: 1

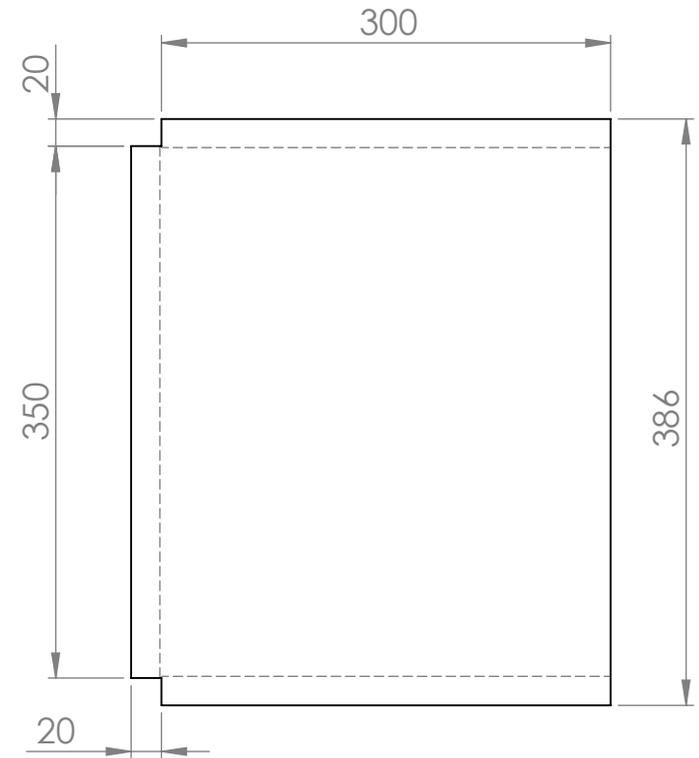
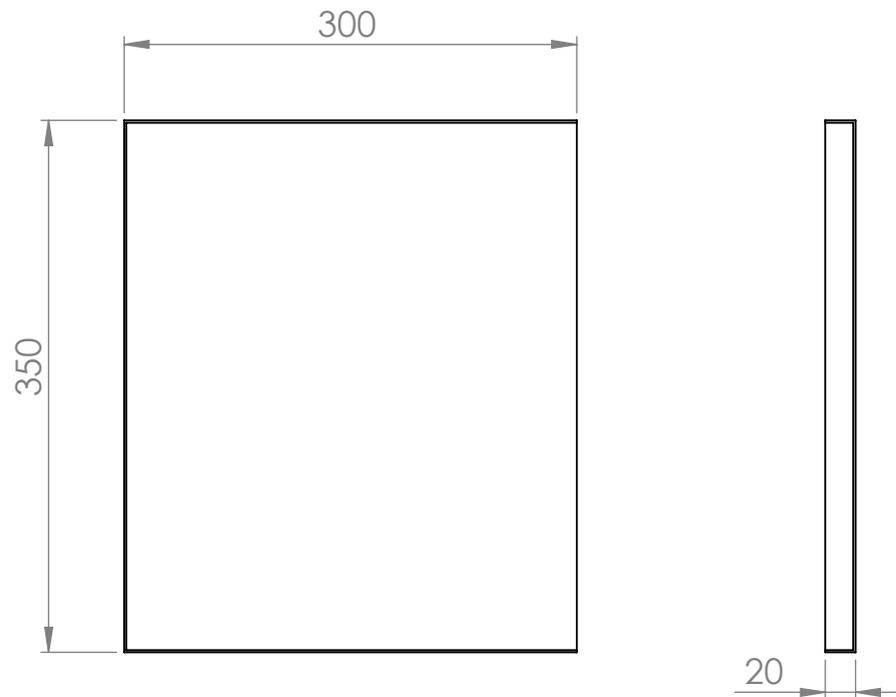
3



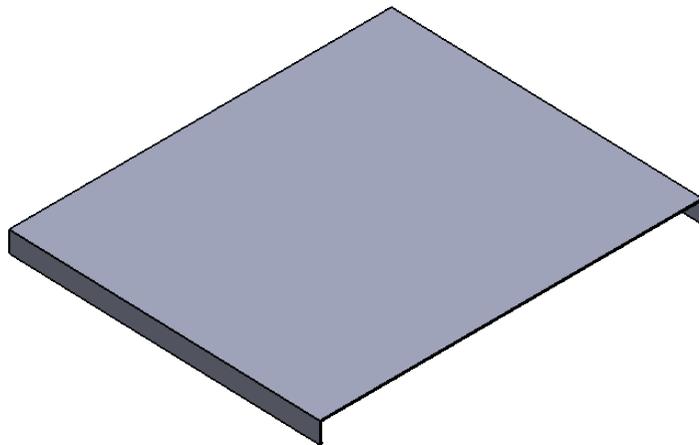
VISTA DESPLEGADA
ESPESOR: 2 mm
CANTIDAD: 1



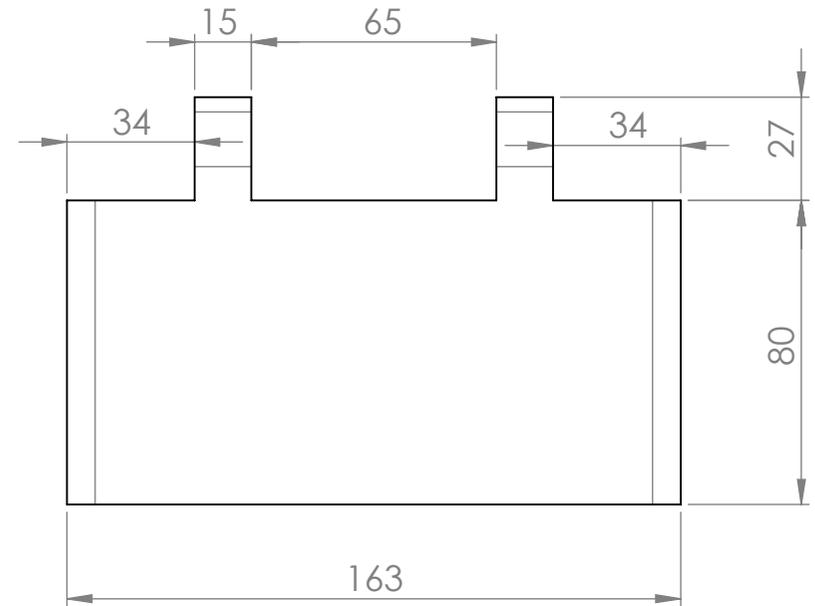
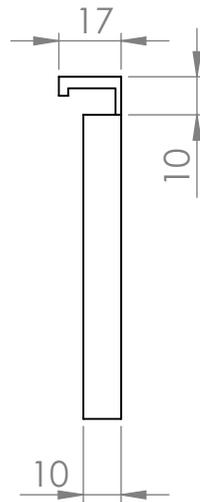
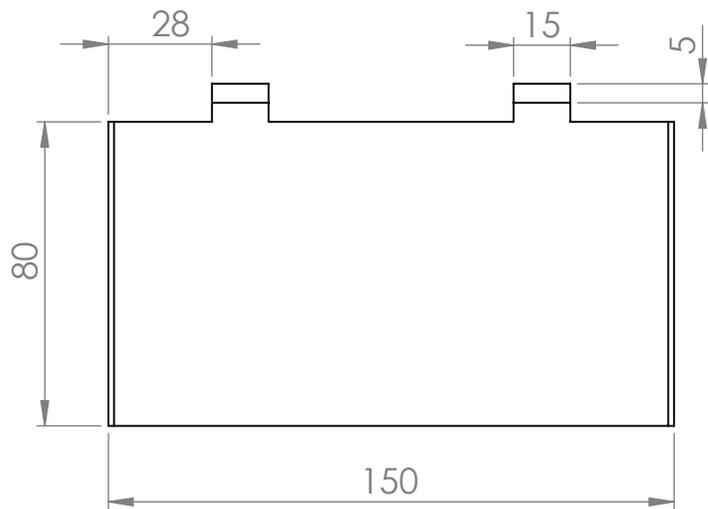
				ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL																
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>NOMBRE</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DIBUJ.</td> <td>PINTADO MARCELO</td> <td>20-02-2017</td> </tr> <tr> <td>DIBUJ.</td> <td>GARCES ALAIN</td> <td>20-02-2017</td> </tr> <tr> <td>VERIF.</td> <td>ING. L. CASTRO</td> <td>20-02-2017</td> </tr> <tr> <td>APROB.</td> <td>ING. G. ALMEIDA</td> <td>20-02-2017</td> </tr> </tbody> </table>			NOMBRE	FECHA	DIBUJ.	PINTADO MARCELO	20-02-2017	DIBUJ.	GARCES ALAIN	20-02-2017	VERIF.	ING. L. CASTRO	20-02-2017	APROB.	ING. G. ALMEIDA	20-02-2017	CONJUNTO: MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS			
	NOMBRE	FECHA																		
DIBUJ.	PINTADO MARCELO	20-02-2017																		
DIBUJ.	GARCES ALAIN	20-02-2017																		
VERIF.	ING. L. CASTRO	20-02-2017																		
APROB.	ING. G. ALMEIDA	20-02-2017																		
MATERIAL: ACERO INOX. L316		TITULO: CUERPO DE TOLVA		A4 PC																
		ESCALA: 1:8		HOJA 1 DE 1																



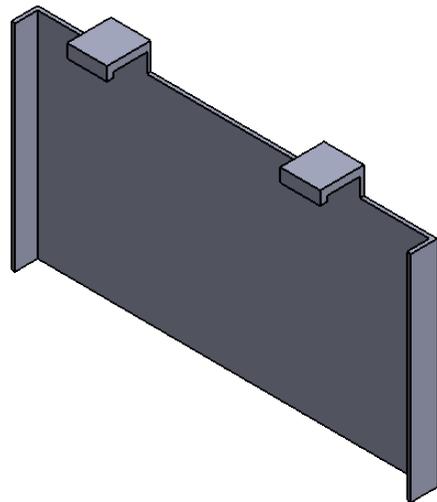
VISTA DESPLEGADA
ESPEJOR: 2 mm

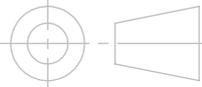


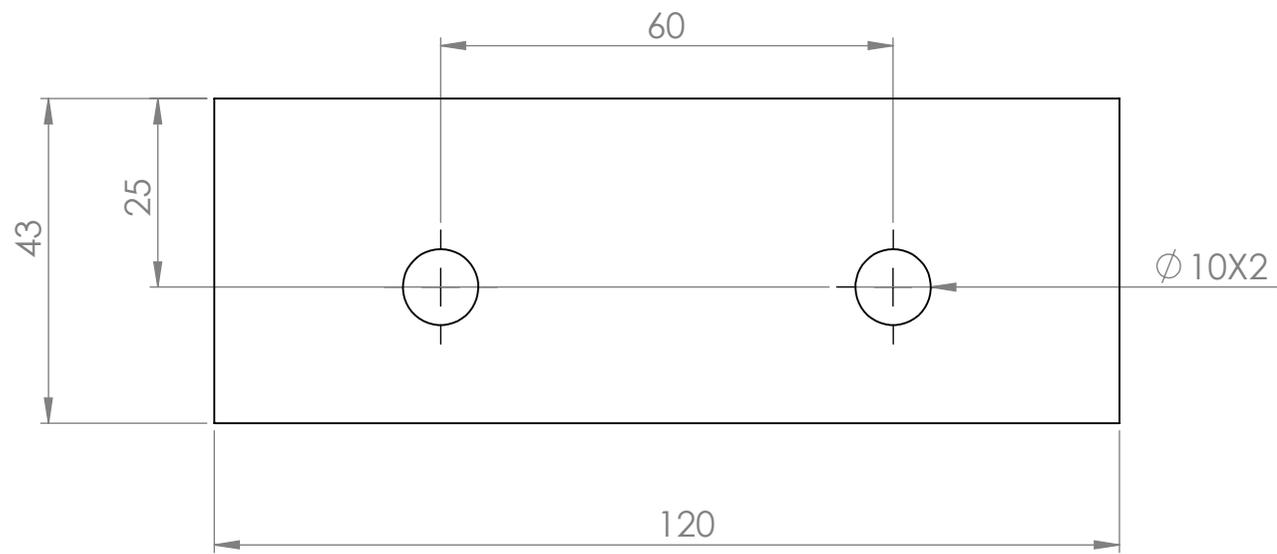
				ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
	NOMBRE	FECHA	CONJUNTO:		
DIBUJ.	PINTADO MARCELO	20-02-2017	MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS		
DIBUJ.	GARCES ALAIN	20-02-2017			
VERIF.	ING. L. CASTRO	20-02-2017			
APROB.	ING. G. ALMEIDA	20-02-2017			
MATERIAL:			TITULO:	TAPA DE TOLVA	A4 PG
ACERO INOX. L316			ESCALA: 1:5	HOJA 1 DE 1	



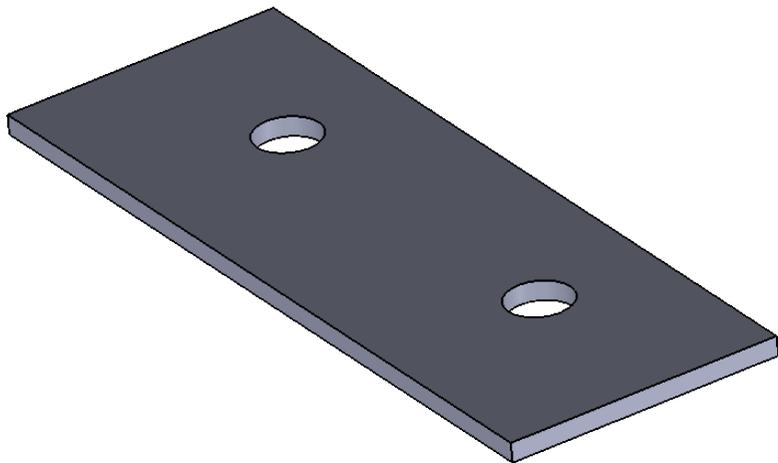
**VISTA DESPLEGADA
ESPESOR: 2 mm.**



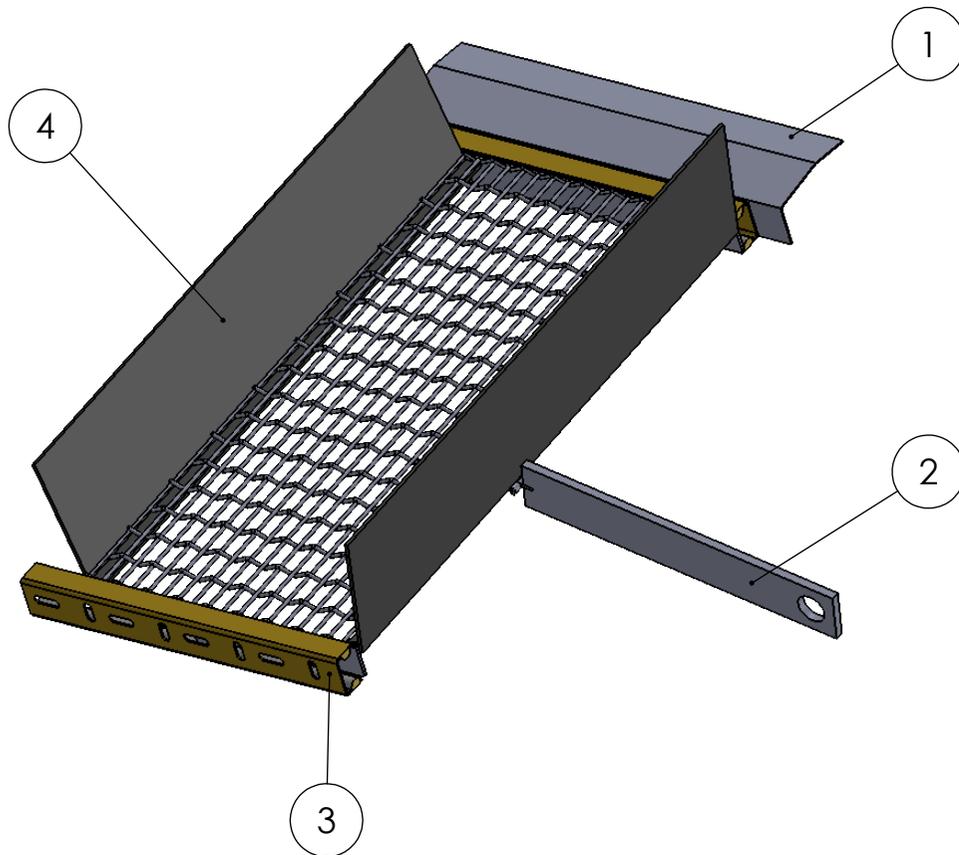
				ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
	NOMBRE	FECHA	CONJUNTO:		
DIBUJ.	PINTADO MARCELO	20-02-2017	MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS		
DIBUJ.	GARCES ALAIN	20-02-2017			
VERIF.	ING. L. CASTRO	20-02-2017			
APROB.	ING. G. ALMEIDA	20-02-2017			
MATERIAL:			TITULO:	PUERTA DE TOLVA	A4 PG
ACERO INOX. L316			ESCALA: 1:2	HOJA 1 DE 1	



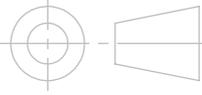
ESPESOR: 2 mm

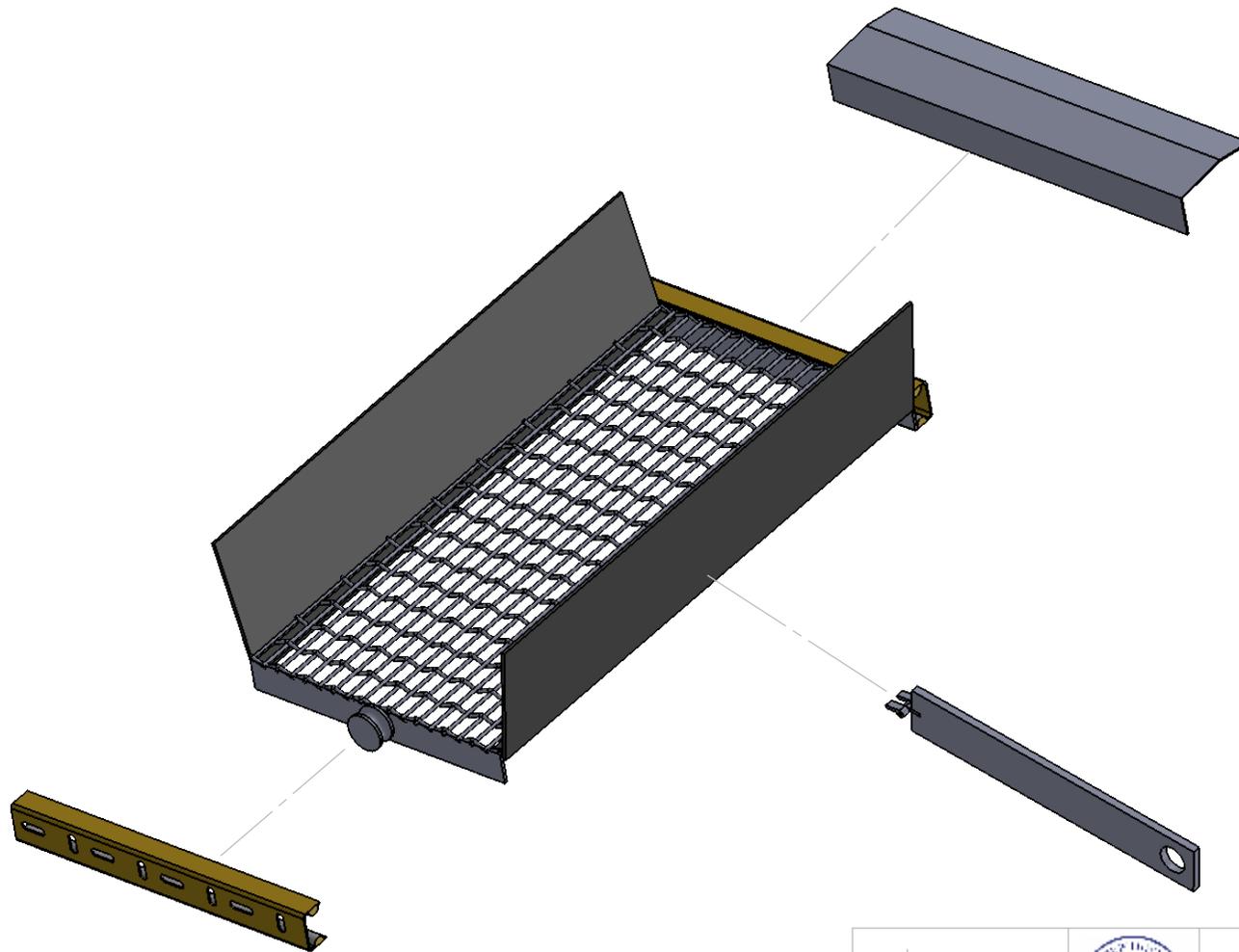


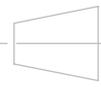
				ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
				CONJUNTO:	
				MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS	
				TITULO:	
		ACERO ASTM A36		PLACA SOPORTE	
				A4	PG
				ESCALA: 1:1	
				HOJA 1 DE 1	

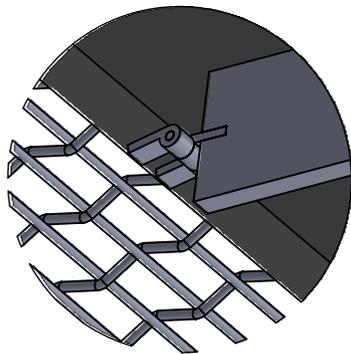
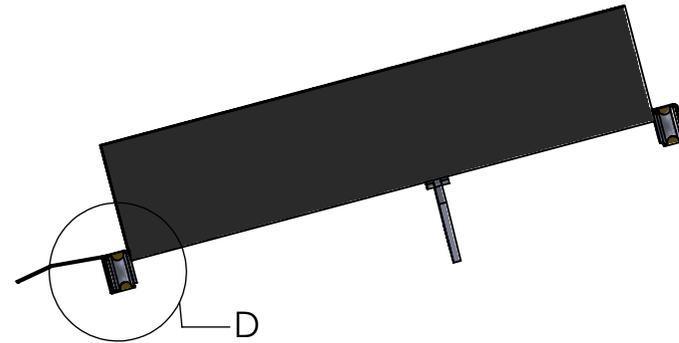
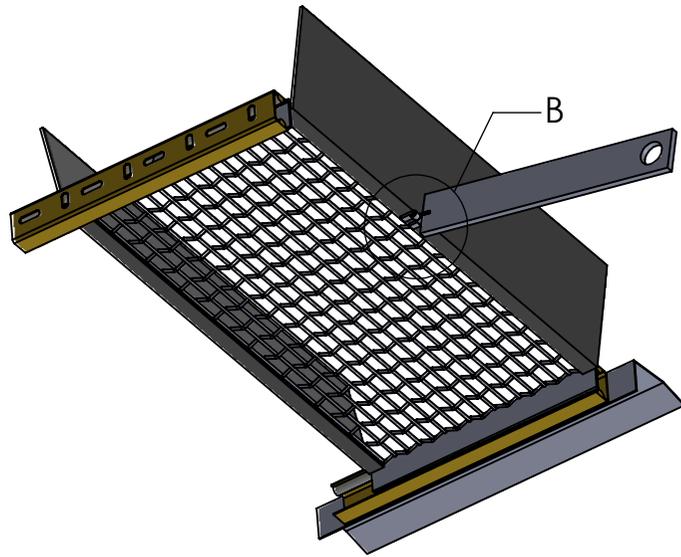


N° DE ELEMENTO	DESCRIPCION	CANT.	MATERIAL
1	RAMPA DE INGRESO	1	ACERO INOX. L316
2	BIELA	1	ACERO ASTM A36
3	RIEL	2	ALUMINIO
4	TAMIZ	1	ACERO INOX. L316

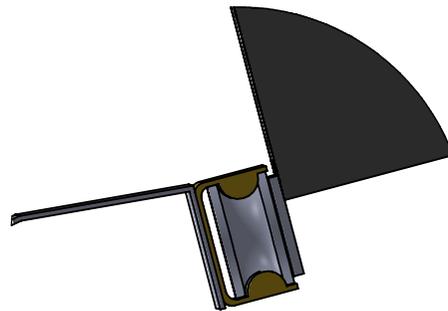
			ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
		CONJUNTO:		MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS
DIBUJ.	PINTADO MARCELO	FECHA	20-02-2017	
DIBUJ.	GARCES ALAIN	FECHA	20-02-2017	
VERIF.	ING. L. CASTRO	FECHA	20-02-2017	
APROB.	ING. G. ALMEIDA	FECHA	20-02-2017	
PLANO GENERAL			TITULO: SISTEMA DE SELECCION	
			ESCALA: 1:5	A4 HOJA 1 DE 1



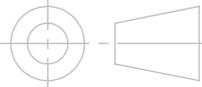
 				ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
	NOMBRE	FECHA	CONJUNTO:		
DIBUJ.	PINTADO MARCELO	20-02-2017	MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS		
DIBUJ.	GARCES ALAIN	20-02-2017			
VERIF.	ING. L. CASTRO	20-02-2017			
APROB.	ING. G. ALMEIDA	20-02-2017			
VISTA EXPLOSIONADA			TITULO:	SISTEMA DE SELECCION	A4
			ESCALA: 1:5	HOJA 1 DE 1	

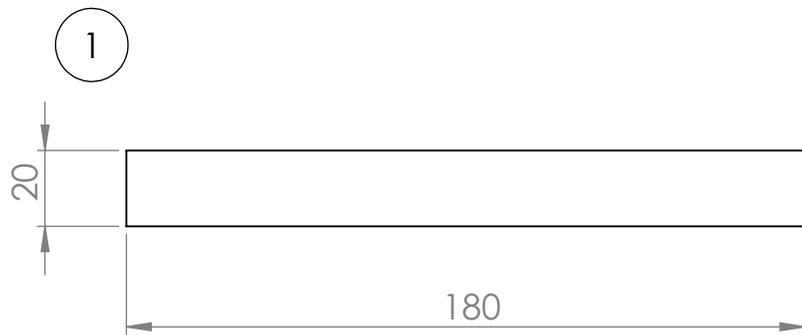


DETALLE B
ESCALA 1 : 1.5

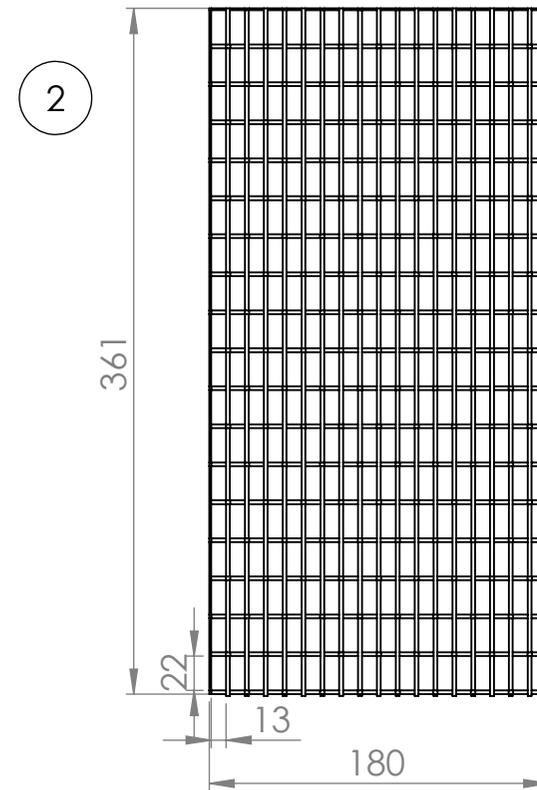


DETALLE D
ESCALA 1 : 1.5

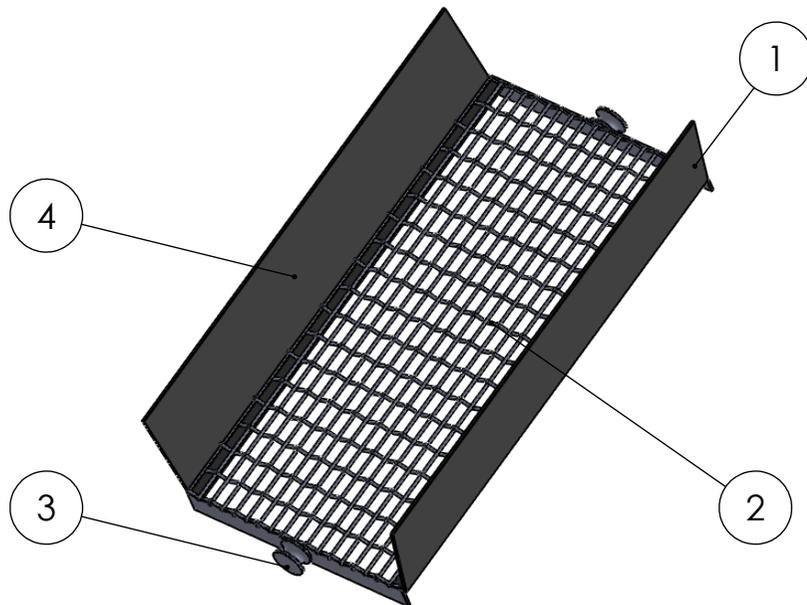
			ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
	NOMBRE	FECHA	CONJUNTO:	
DIBUJ.	PINTADO MARCELO	20-02-2017	MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS	
DIBUJ.	GARCES ALAIN	20-02-2017		
VERIF.	ING. L. CASTRO	20-02-2017		
APROB.	ING. G. ALMEIDA	20-02-2017		
VISTA DE DETALLE			TITULO:	SISTEMA DE SELECCION
			ESCALA: 1:5	A4 HOJA 1 DE 1



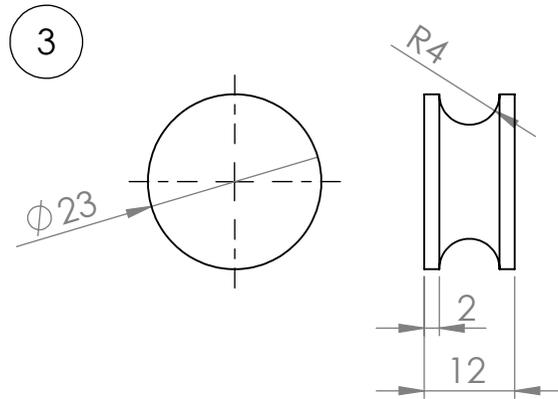
**ESPESOR: 1,5 mm.
CANTIDAD: 2**



**MALLA ELECTROSOLDADA
22 X 13 mm**



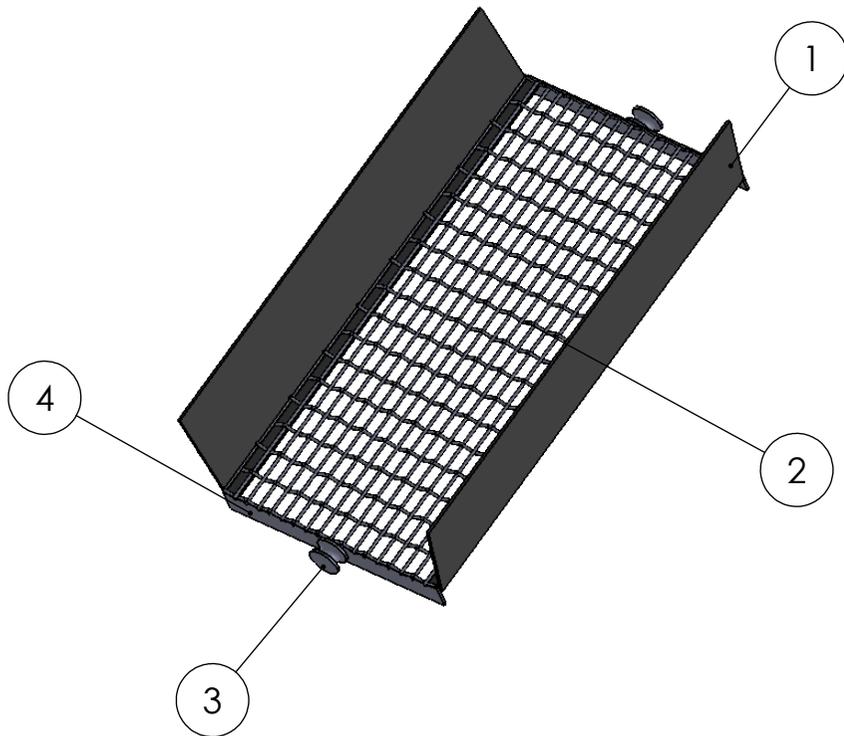
			ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
	NOMBRE	FECHA	CONJUNTO:	
DIBUJ.	PINTADO MARCELO	20-02-2017	MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS	
DIBUJ.	GARCES ALAIN	20-02-2017		
VERIF.	ING. L. CASTRO	20-02-2017		
APROB.	ING. G. ALMEIDA	20-02-2017		
MATERIAL:			TITULO:	
ACERO INOX. L316			TAMIZ	A4
			ESCALA: 1:5	HOJA 1 DE 2



ESCALA 1:1



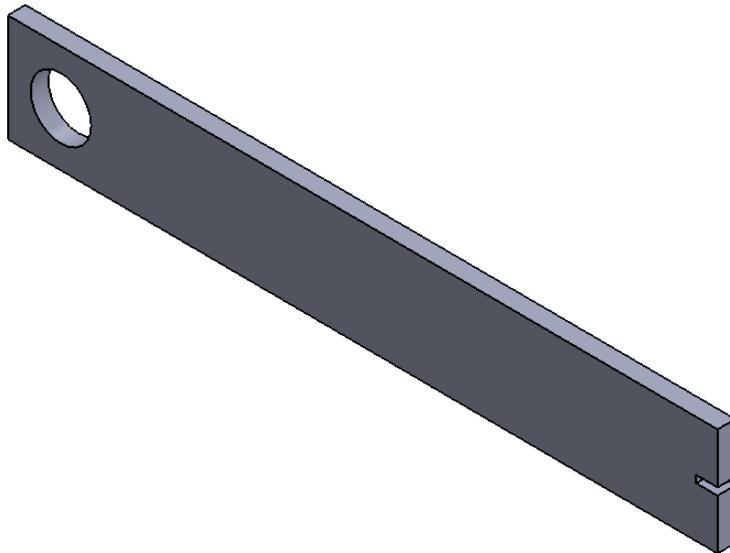
ESPEJOR: 1,5 mm.
CANTIDAD: 2
ESCALA: 1:2



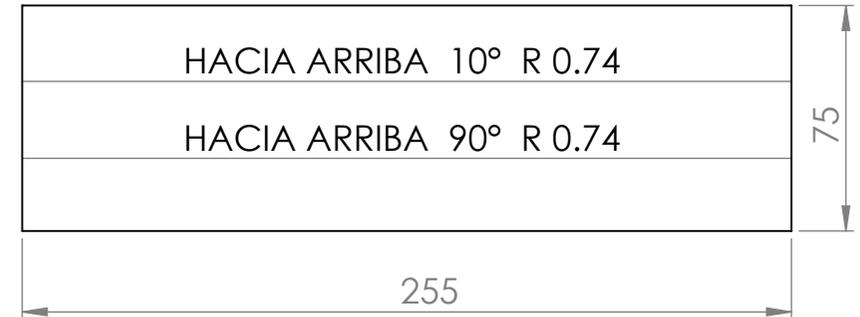
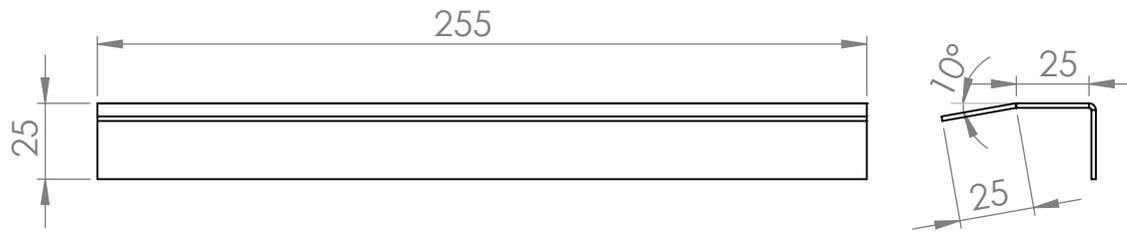
 			ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
	NOMBRE	FECHA	CONJUNTO:	
DIBUJ.	PINTADO MARCELO	20-02-2017	MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS	
DIBUJ.	GARCES ALAIN	20-02-2017		
VERIF.	ING. L. CASTRO	20-02-2017		
APROB.	ING. G. ALMEIDA	20-02-2017		
MATERIAL:			TITULO:	
ACERO ASTM A36			TAMIZ	A4
ESCALA: INDICADO EN PLANO			HOJA 2 DE 2	



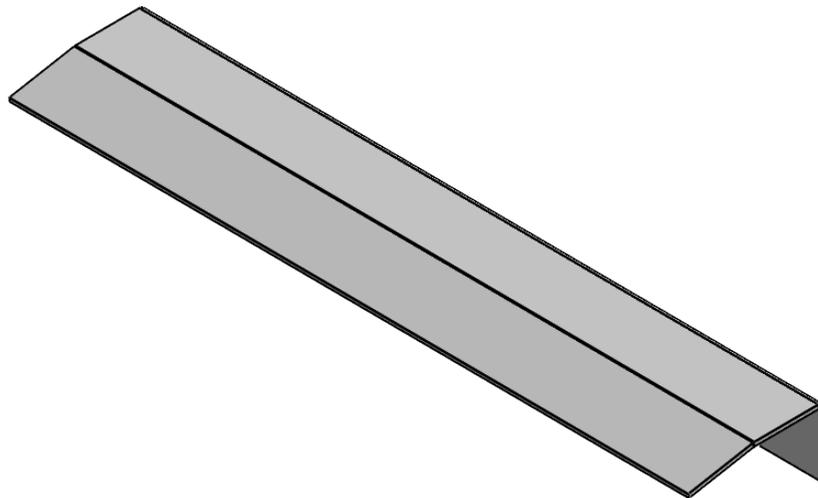
ESPESOR: 6,35 mm.



			ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL		
	NOMBRE	FECHA	CONJUNTO:		
DIBUJ.	PINTADO MARCELO	20-02-2017	MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS		
DIBUJ.	GARCES ALAIN	20-02-2017			
VERIF.	ING. L. CASTRO	20-02-2017			
APROB.	ING. G. ALMEIDA	20-02-2017			
MATERIAL:			TITULO:		
ACERO ASTM A36			BIELA		A4
			ESCALA: 1:2		HOJA 1 DE 1

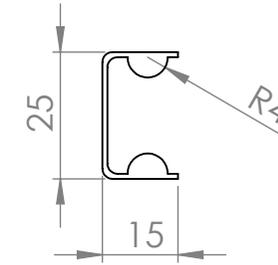
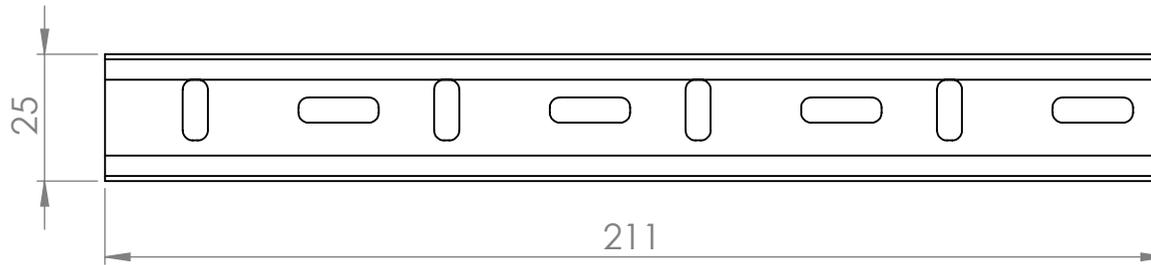


**CHAPA DESPLEGADA
ESPEJOR: 1,5 mm.**

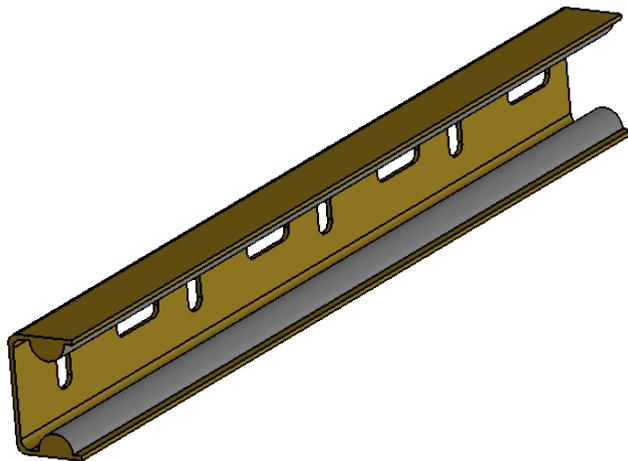


 				ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
	NOMBRE	FECHA	CONJUNTO:		
DIBUJ.	PINTADO MARCELO	20-02-2017	MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS		
DIBUJ.	GARCES ALAIN	20-02-2017			
VERIF.	ING. L. CASTRO	20-02-2017			
APROB.	ING. G. ALMEIDA	20-02-2017			
MATERIAL:			TITULO:	RAMPA DE INGRESO	
ACERO INOX. L316			ESCALA: 1:2		

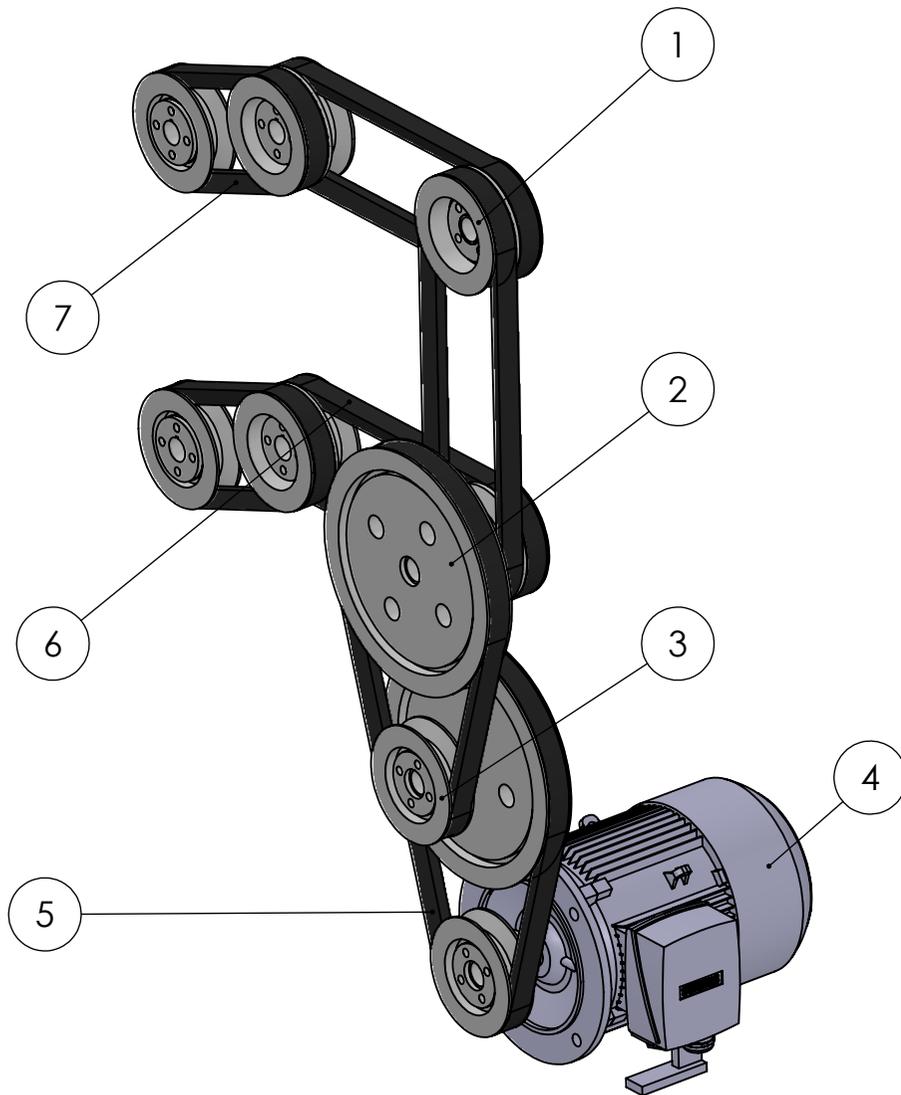
A4



**DIMENSIONES ESTANDAR
AGUJEROS Y RANURAS DE DIFERENTES MEDIDAS**

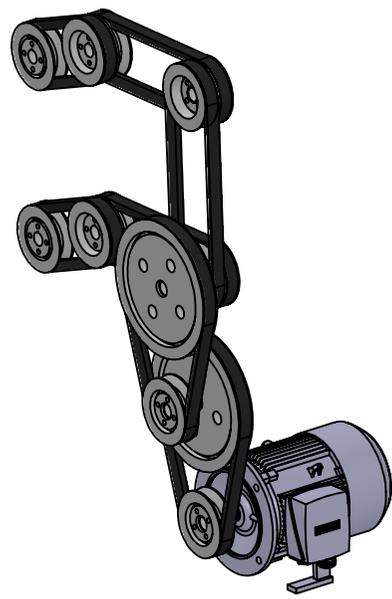
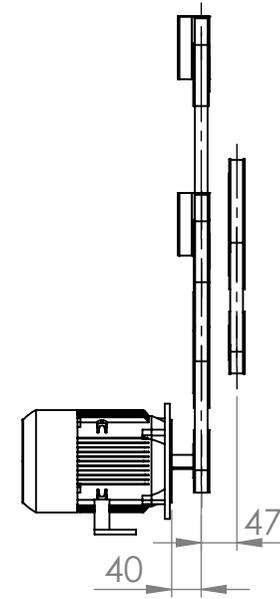
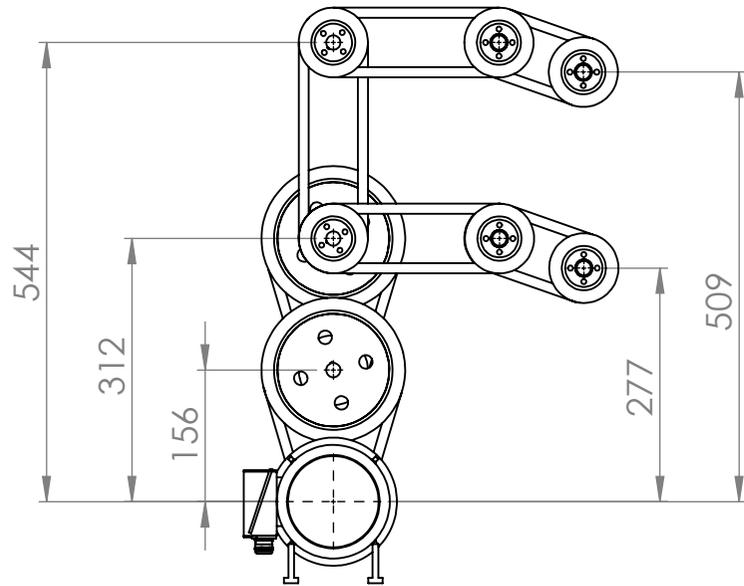


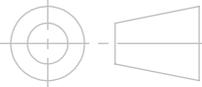
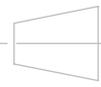
			ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL		
	NOMBRE	FECHA	CONJUNTO:		
DIBUJ.	PINTADO MARCELO	20-02-2017	MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS		
DIBUJ.	GARCES ALAIN	20-02-2017			
VERIF.	ING. L. CASTRO	20-02-2017			
APROB.	ING. G. ALMEIDA	20-02-2017			
MATERIAL:			TITULO:		
ALUMINIO			RIEL	A4	
			ESCALA: 1:2	HOJA 1 DE 1	

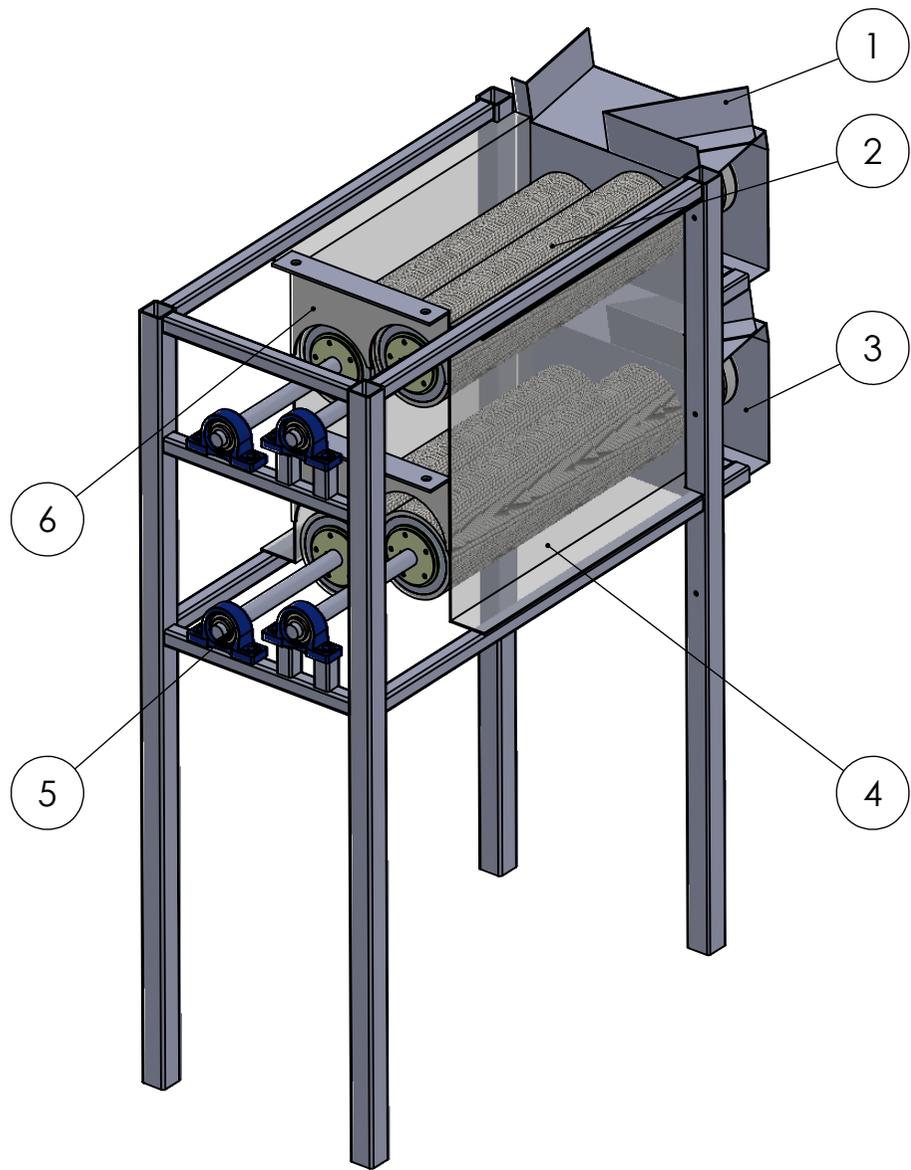


Nº DE ELEMENTO	DESCRIPCION	CANT.	MATERIAL
1	POLEA ϕ 2.5" (DOBLE CANAL)	4	FUNDICION DE HIERRO
2	POLEA ϕ 6" (UN CANAL)	2	FUNDICION DE HIERRO
3	POLEA ϕ 2.5" (UN CANAL)	4	FUNDICION DE HIERRO
4	MOTOR ELECTRICO 0.5 HP	1	-----
5	BANDA TIPO A LONG: 26"	2	-----
6	BANDA TIPO A LONG: 16"	3	-----
7	BANDA TIPO A LONG: 12"	2	-----

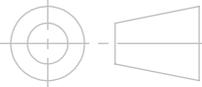
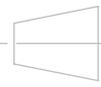
			ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL		
	NOMBRE	FECHA	CONJUNTO:		
DIBUJ.	PINTADO MARCELO	20-02-2017	MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS		
DIBUJ.	GARCES ALAIN	20-02-2017			
VERIF.	ING. L. CASTRO	20-02-2017			
APROB.	ING. G. ALMEIDA	20-02-2017			
PLANO GENERAL			TITULO:	SISTEMA DE TRANSMISION	A4
			ESCALA: 1:5	HOJA 1 DE 1	

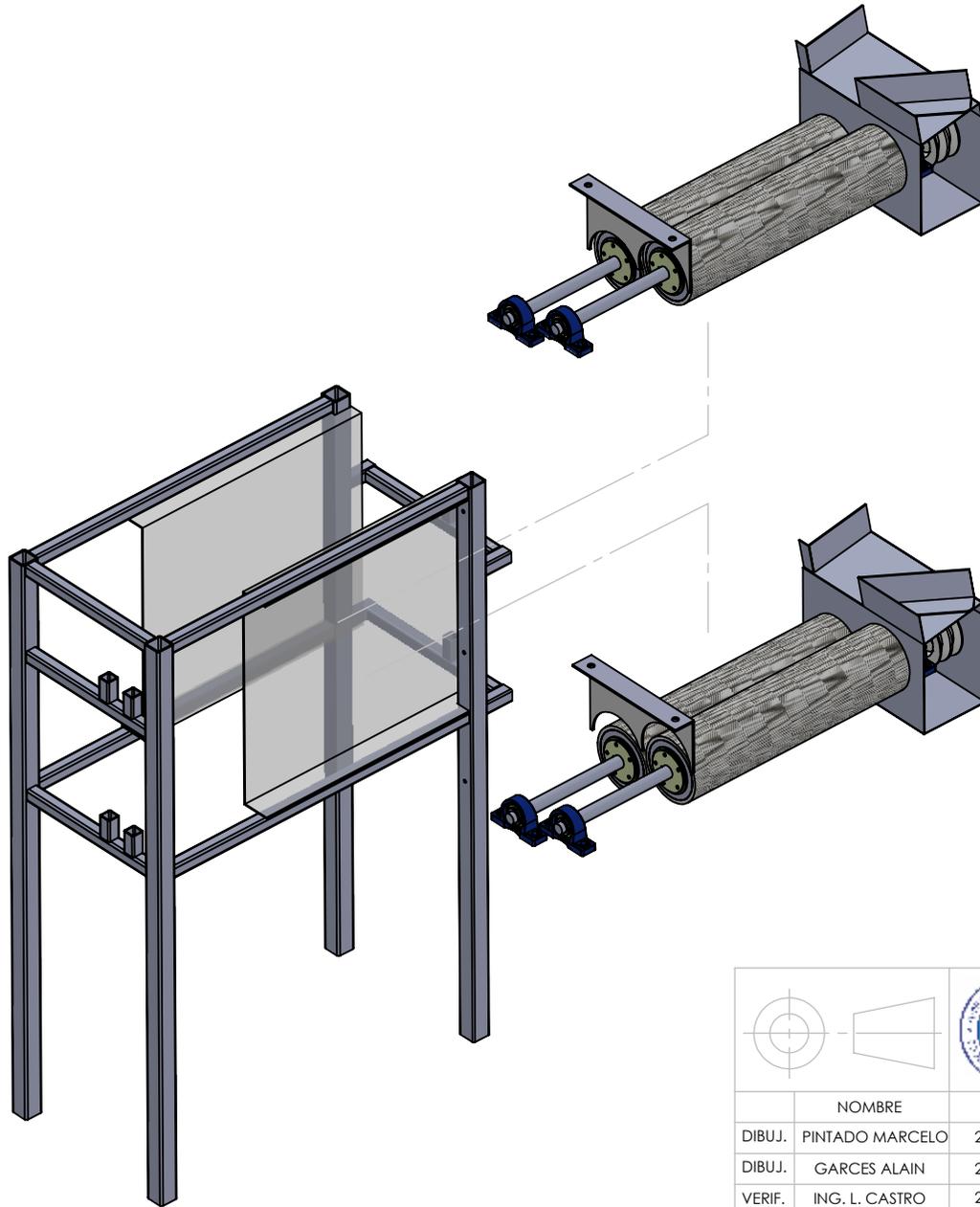


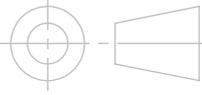
 			ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
	NOMBRE	FECHA	CONJUNTO:	
DIBUJ.	PINTADO MARCELO	20-02-2017	MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS	
DIBUJ.	GARCES ALAIN	20-02-2017		
VERIF.	ING. L. CASTRO	20-02-2017		
APROB.	ING. G. ALMEIDA	20-02-2017	TITULO:	SISTEMA DE TRANSMISION
PLANO ARMADO			ESCALA: 1:5	HOJA 1 DE 1
			A4	

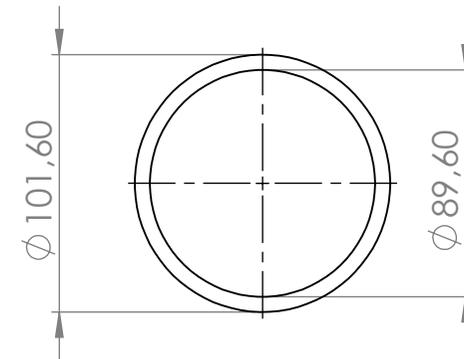
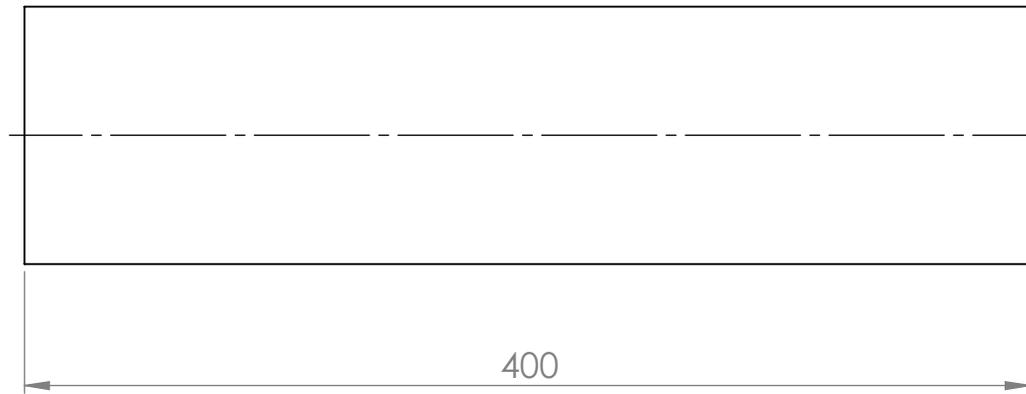


N° DE ELEMENTO	DESCRIPCION	CANT.	MATERIAL
1	GUIA DE ADMISION	2	ACERO ASTM A36
2	RODILLO ABRASIVO	4	ACERO INOX. L304
3	GUARDA DE POLEAS	2	ACERO ASTM A36
4	CUBIERTA LATERAL	2	ACERO ASTM A36
5	CHUMACERA Y RODAMIENTO 6703	8	-----
6	PUERTA DE DESCARGA	2	ACERO ASTM A36

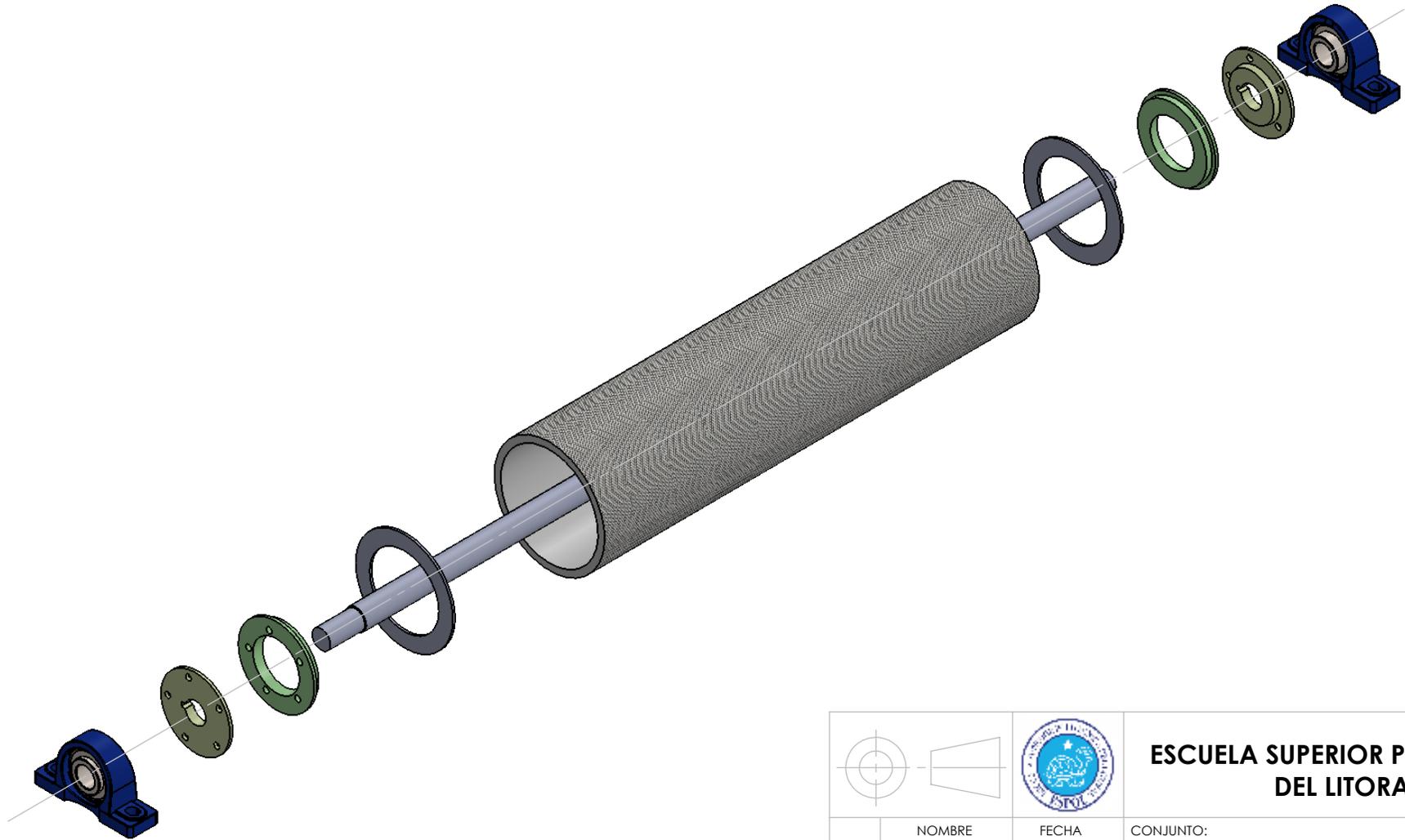
  		ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
		CONJUNTO:	
		MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS	
PLANO GENERAL		TITULO: SISTEMA DE PELADO	
		A4	
		ESCALA: 1:5	HOJA 1 DE 1

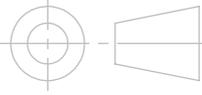


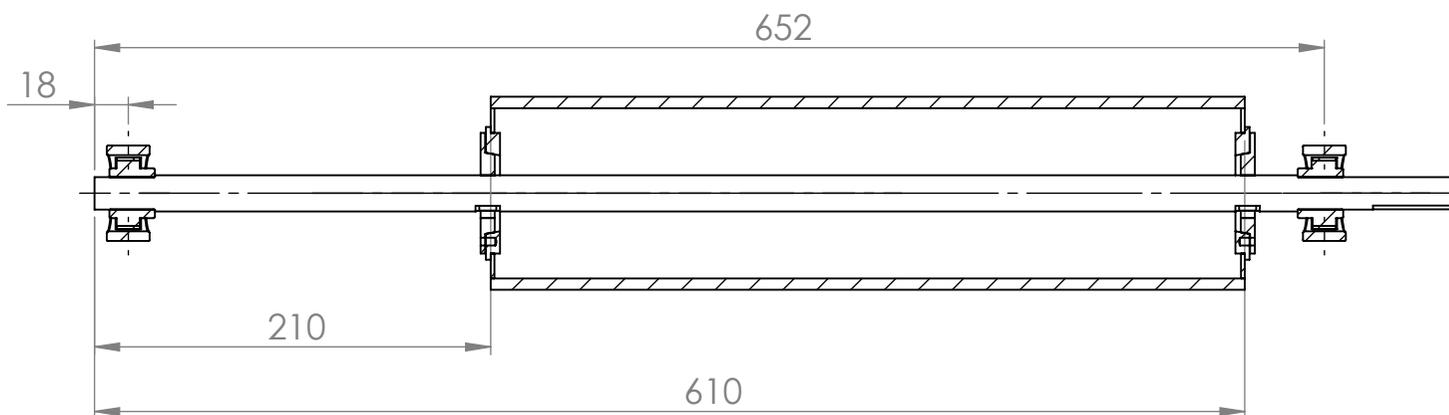
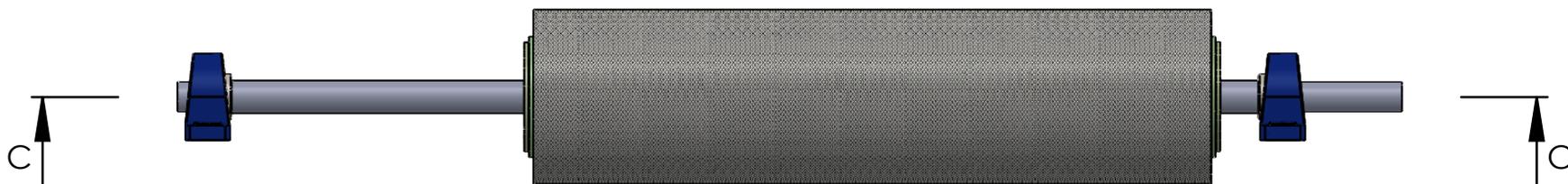
			ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
	NOMBRE	FECHA	CONJUNTO:	
DIBUJ.	PINTADO MARCELO	20-02-2017	MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS	
DIBUJ.	GARCES ALAIN	20-02-2017		
VERIF.	ING. L. CASTRO	20-02-2017		
APROB.	ING. G. ALMEIDA	20-02-2017		
VISTA EXPLOSIONADA			TITULO: SISTEMA DE PELADO	A4
			ESCALA: 1:10	HOJA 1 DE 1



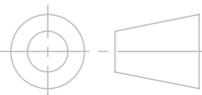
				ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
	NOMBRE	FECHA	CONJUNTO:		
DIBUJ.	PINTADO MARCELO	20-02-2017	MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS		
DIBUJ.	GARCES ALAIN	20-02-2017			
VERIF.	ING. L. CASTRO	20-02-2017			
APROB.	ING. G. ALMEIDA	20-02-2017			
MATERIAL:			TITULO:	RODILLO ABRASIVO	A4
ACERO L316			ESCALA: 1:3	HOJA 1 DE 1	

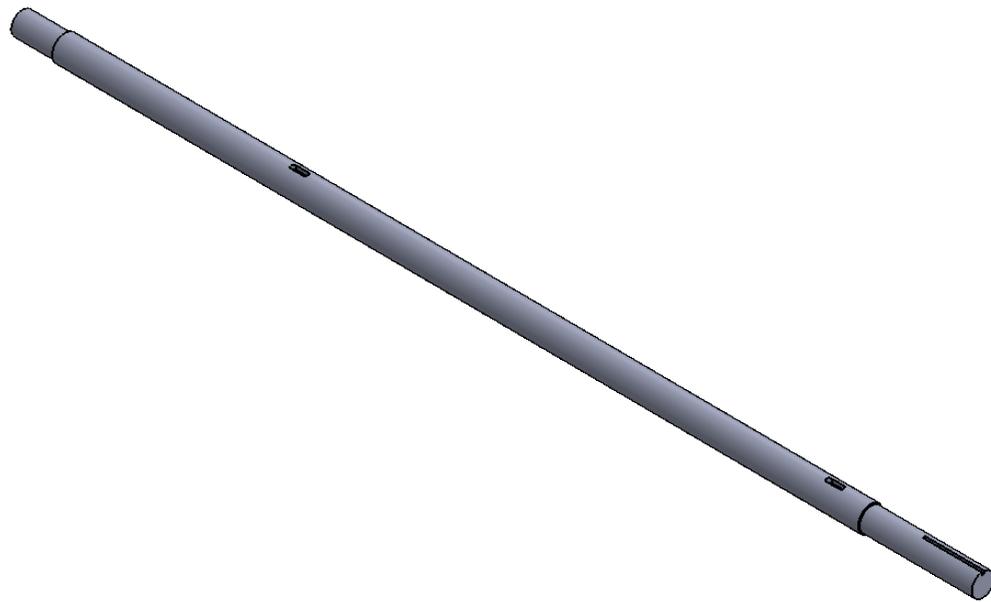
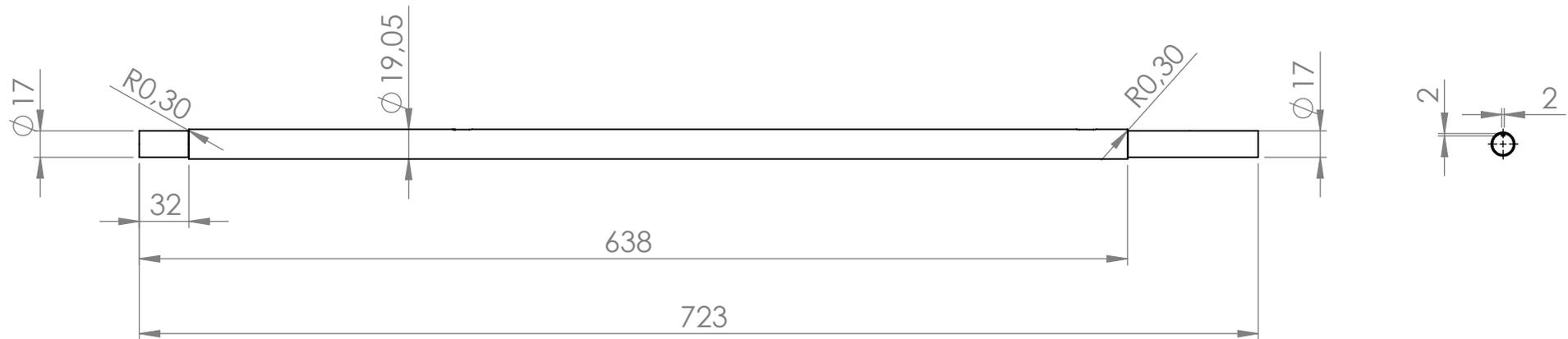


				ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
	NOMBRE	FECHA	CONJUNTO:		
DIBUJ.	PINTADO MARCELO	20-02-2017	MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS		
DIBUJ.	GARCES ALAIN	20-02-2017			
VERIF.	ING. L. CASTRO	20-02-2017			
APROB.	ING. G. ALMEIDA	20-02-2017			
VISTA EXPLOSIONADA			TITULO:	RODILLO ABRASIVO	A4
			ESCALA: 1:5	HOJA 1 DE 1	

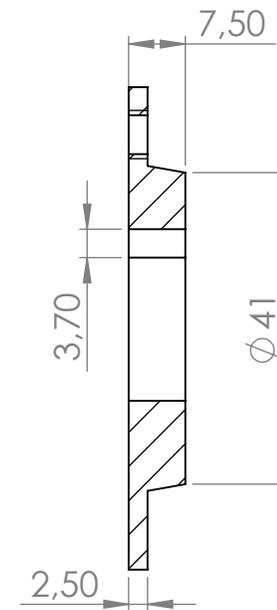
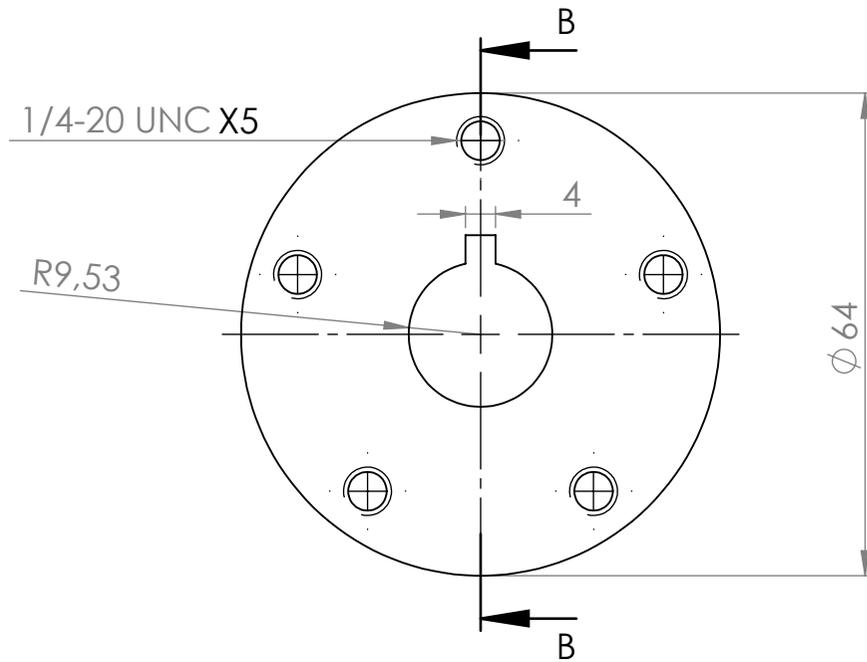


SECCIÓN C-C

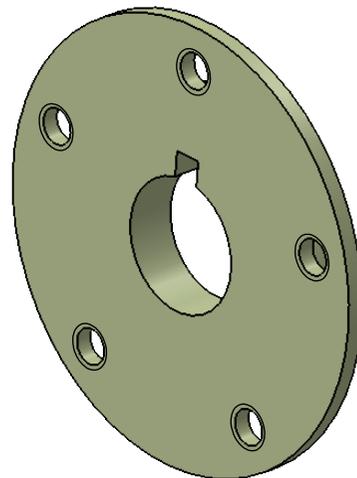
			ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
	NOMBRE	FECHA	CONJUNTO:	
DIBUJ.	PINTADO MARCELO	20-02-2017	MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS	
DIBUJ.	GARCES ALAIN	20-02-2017		
VERIF.	ING. L. CASTRO	20-02-2017		
APROB.	ING. G. ALMEIDA	20-02-2017		
PLANO DE ARMADO			TITULO:	RODILLO ABRASIVO
			ESCALA: 1:4	A4 HOJA 1 DE 1

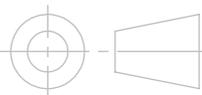


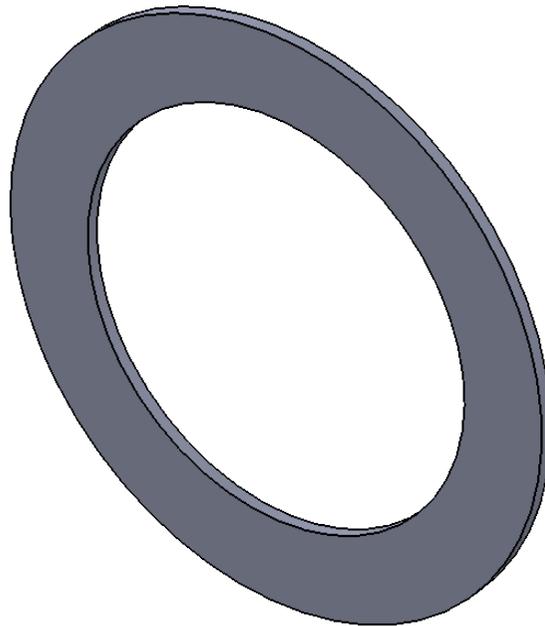
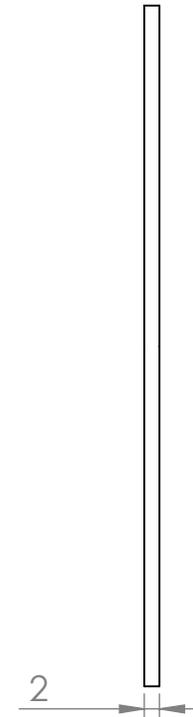
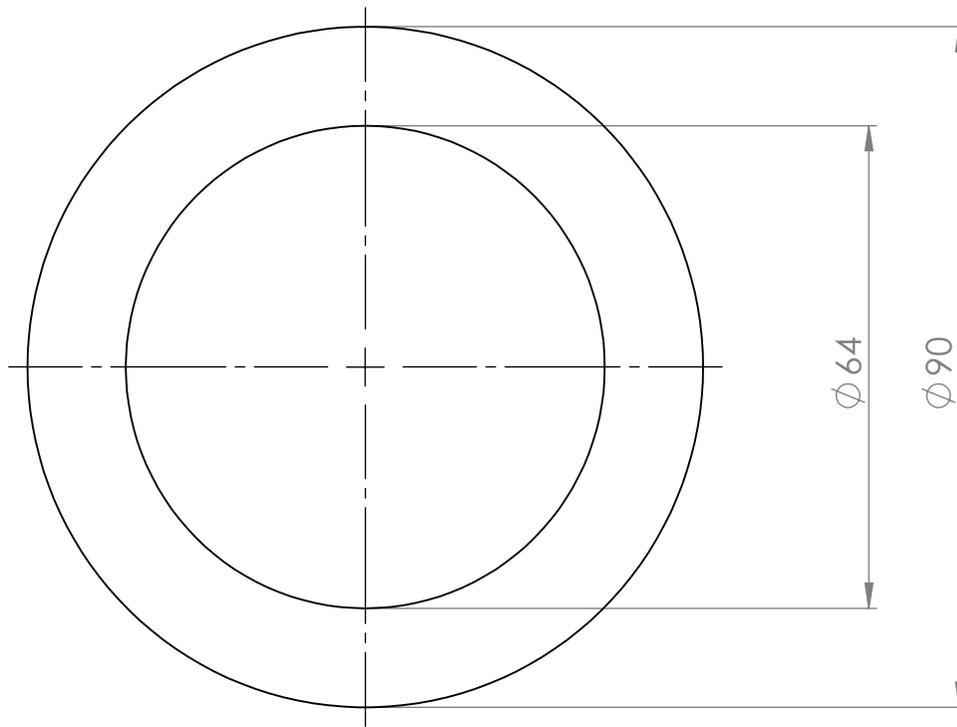
 				ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
	NOMBRE	FECHA	CONJUNTO:		
DIBUJ.	PINTADO MARCELO	20-02-2017	MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS		
DIBUJ.	GARCES ALAIN	20-02-2017			
VERIF.	ING. L. CASTRO	20-02-2017			
APROB.	ING. G. ALMEIDA	20-02-2017			
MATERIAL:			TITULO:		
ACERO AISI 1018			EJE	A4	
			ESCALA: 1:4	HOJA 1 DE 1	

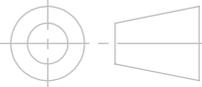


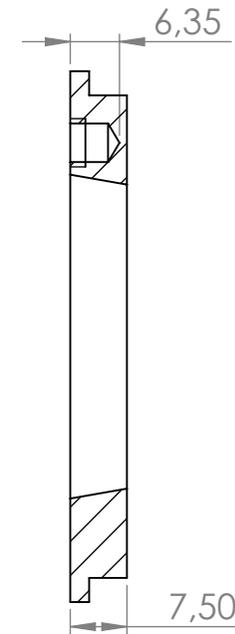
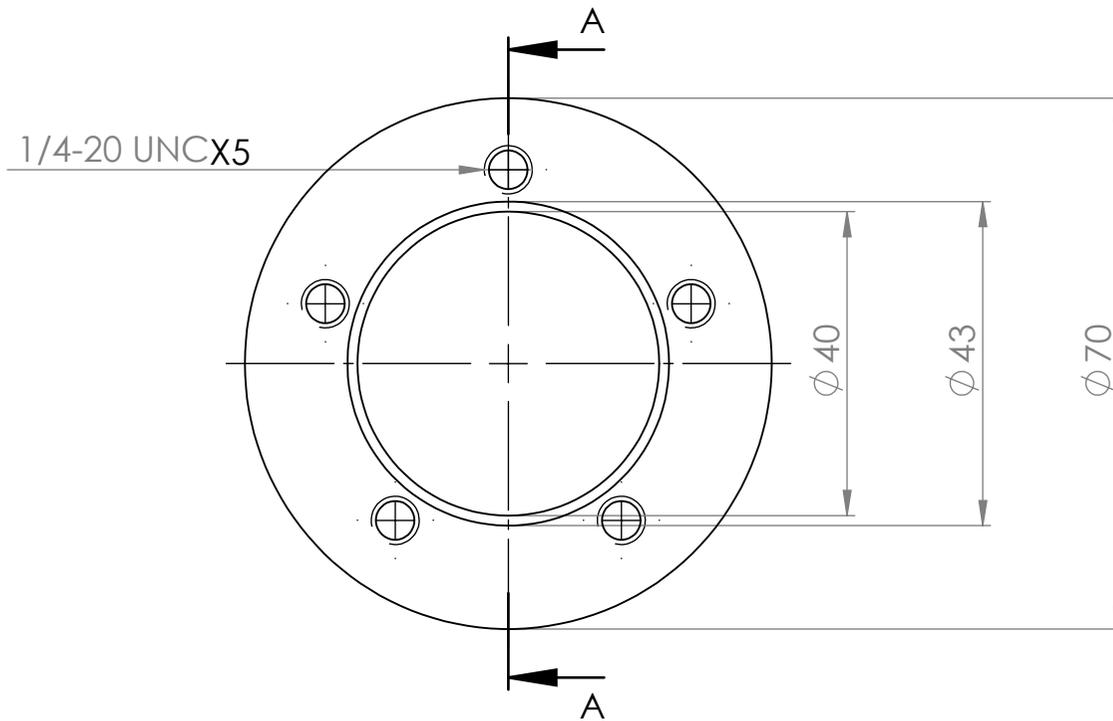
SECCIÓN B-B



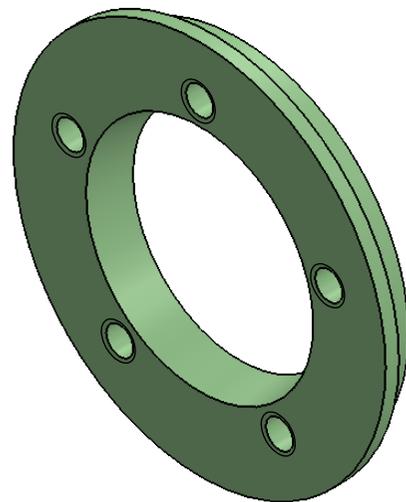
				ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
	NOMBRE	FECHA	CONJUNTO:		
DIBUJ.	PINTADO MARCELO	20-02-2017	MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS		
DIBUJ.	GARCES ALAIN	20-02-2017			
VERIF.	ING. L. CASTRO	20-02-2017			
APROB.	ING. G. ALMEIDA	20-02-2017			
MATERIAL:			TITULO:		
ACERO L304			BUJE	A4	
			ESCALA: 1:1	HOJA 1 DE 1	



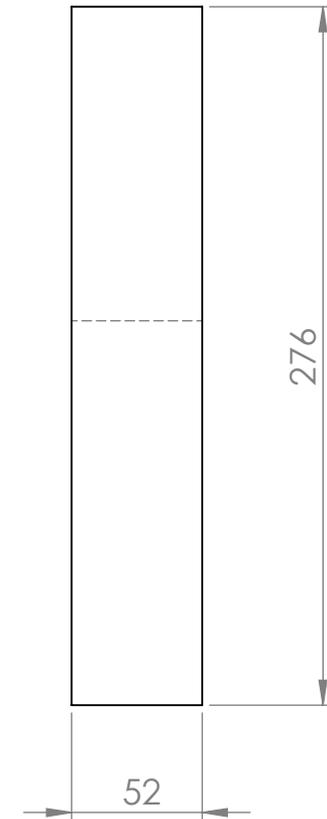
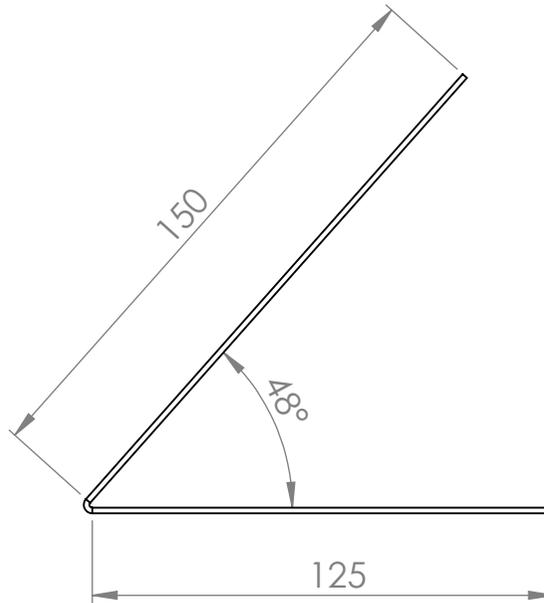
				ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
	NOMBRE	FECHA	CONJUNTO:		
DIBUJ.	PINTADO MARCELO	20-02-2017	MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS		
DIBUJ.	GARCES ALAIN	20-02-2017			
VERIF.	ING. L. CASTRO	20-02-2017			
APROB.	ING. G. ALMEIDA	20-02-2017			
MATERIAL:			TITULO:		
ACERO L304			DISCO	A4	
			ESCALA: 1:1	HOJA 1 DE 1	



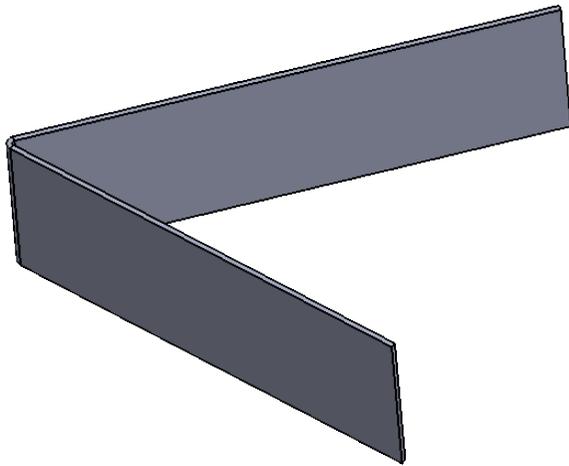
SECCIÓN A-A

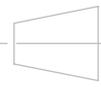


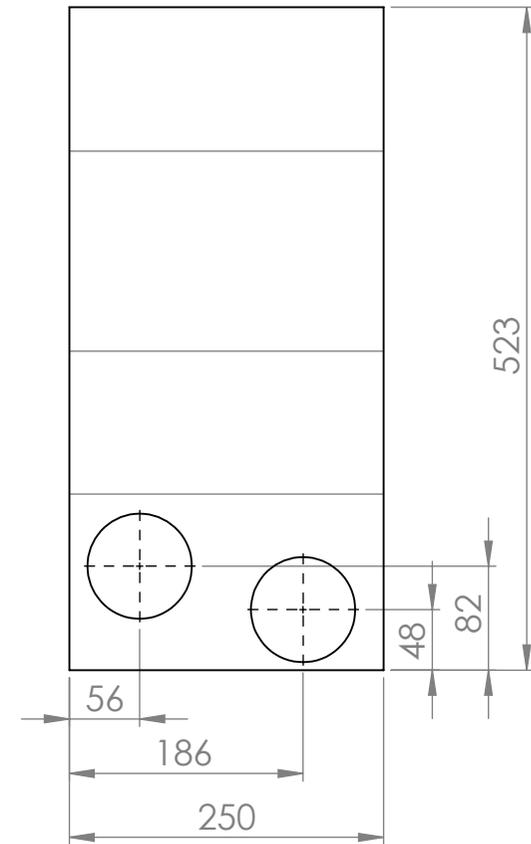
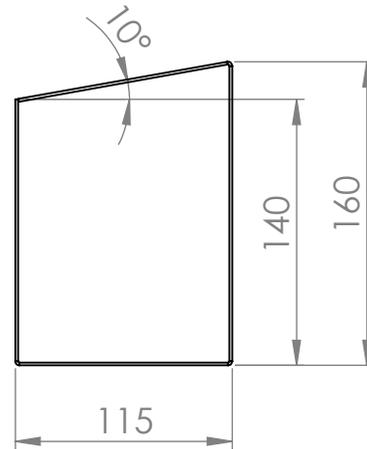
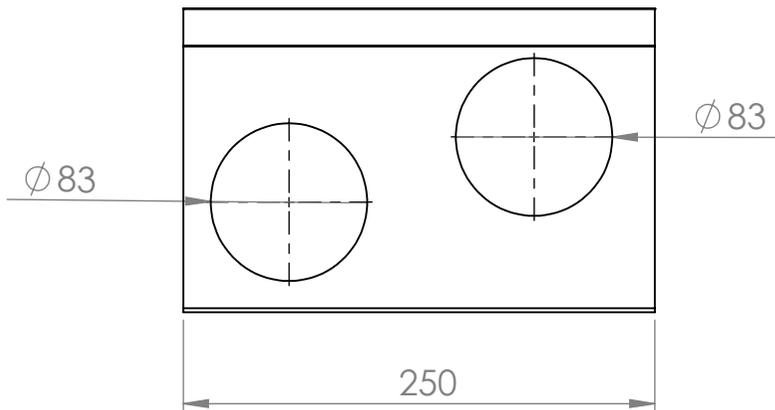
			ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL		
	NOMBRE	FECHA	CONJUNTO:		
DIBUJ.	PINTADO MARCELO	20-02-2017	MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS		
DIBUJ.	GARCES ALAIN	20-02-2017			
VERIF.	ING. L. CASTRO	20-02-2017			
APROB.	ING. G. ALMEIDA	20-02-2017			
MATERIAL:			TITULO:		
ACERO L304			BRIDA	A4	
			ESCALA: 1:1	HOJA 1 DE 1	



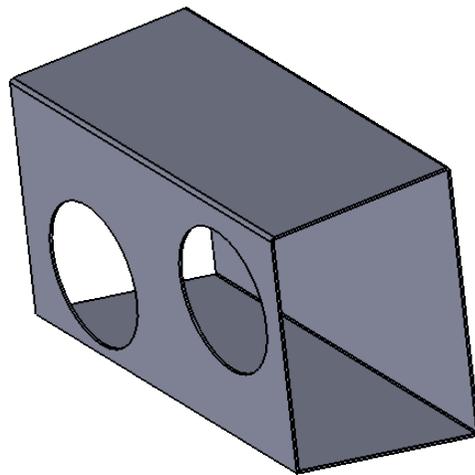
**VISTA DESPLEGADA
ESPEJOR: 1,5 mm.**



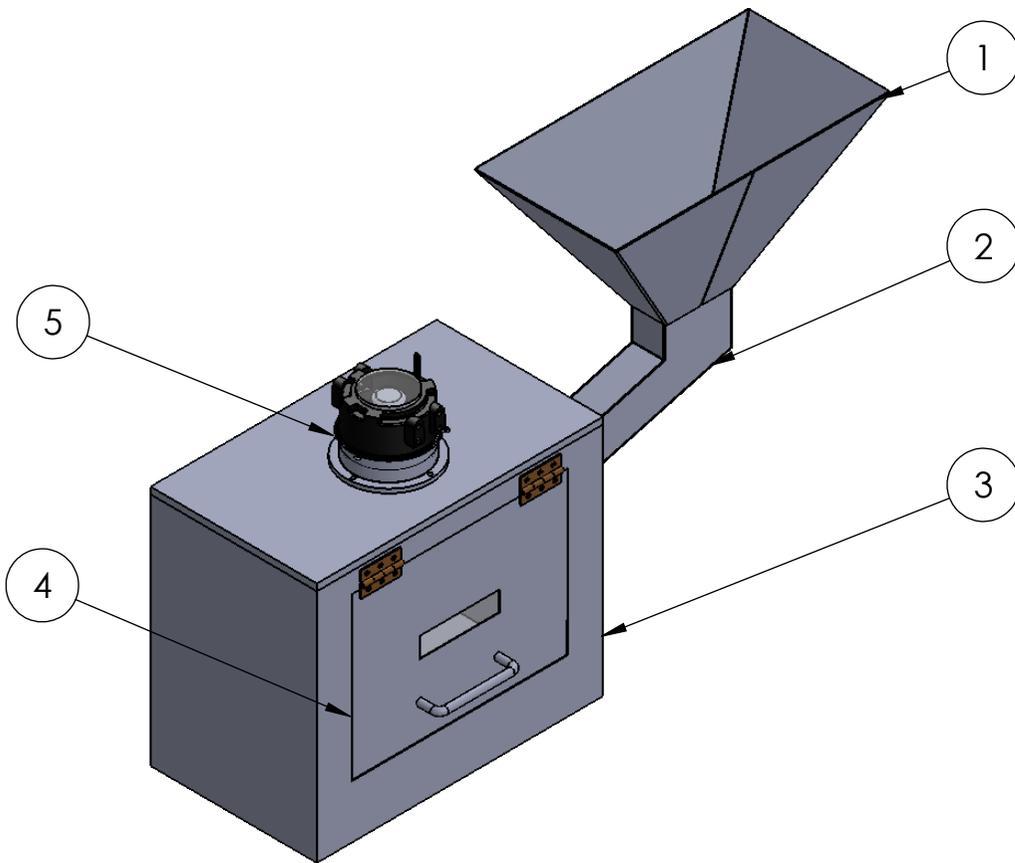
 				ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
	NOMBRE	FECHA	CONJUNTO:		
DIBUJ.	PINTADO MARCELO	20-02-2017	MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS		
DIBUJ.	GARCES ALAIN	20-02-2017			
VERIF.	ING. L. CASTRO	20-02-2017			
APROB.	ING. G. ALMEIDA	20-02-2017	TITULO:		
MATERIAL:			GUIA DE ADMISION		A4
ACERO ASTM A36			ESCALA: 1:2		HOJA 1 DE 1



**VISTA DESPLEGADA
ESPESOR: 1.5 mm.**

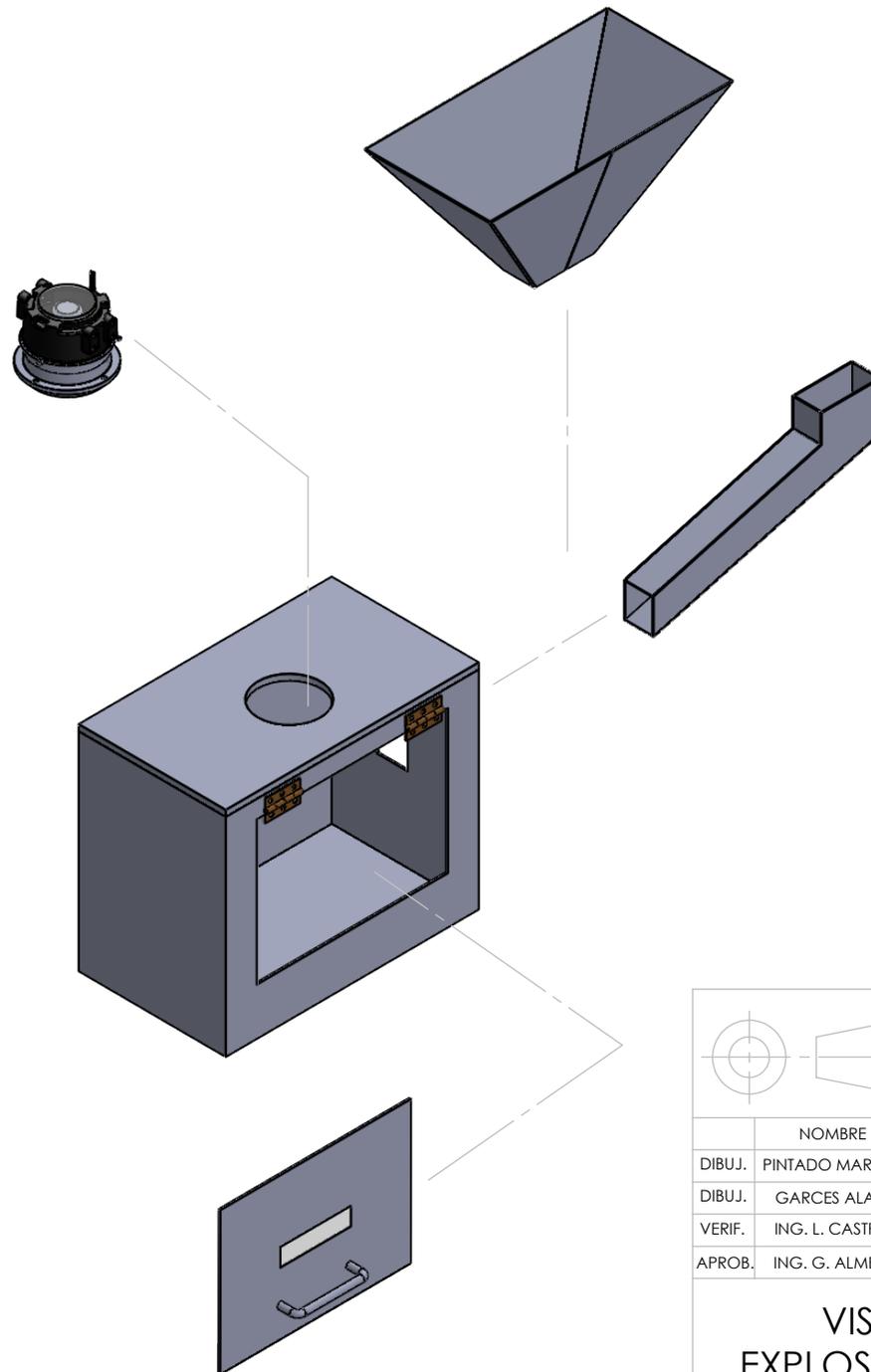


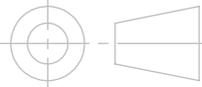
			ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL		
	NOMBRE	FECHA	CONJUNTO:		
DIBUJ.	PINTADO MARCELO	20-02-2017	MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS		
DIBUJ.	GARCES ALAIN	20-02-2017			
VERIF.	ING. L. CASTRO	20-02-2017			
APROB.	ING. G. ALMEIDA	20-02-2017			
MATERIAL:			TITULO:	GUARDA DE POLEAS	
ACERO ASTM A36			ESCALA: 1:4		
			HOJA 1 DE 1		

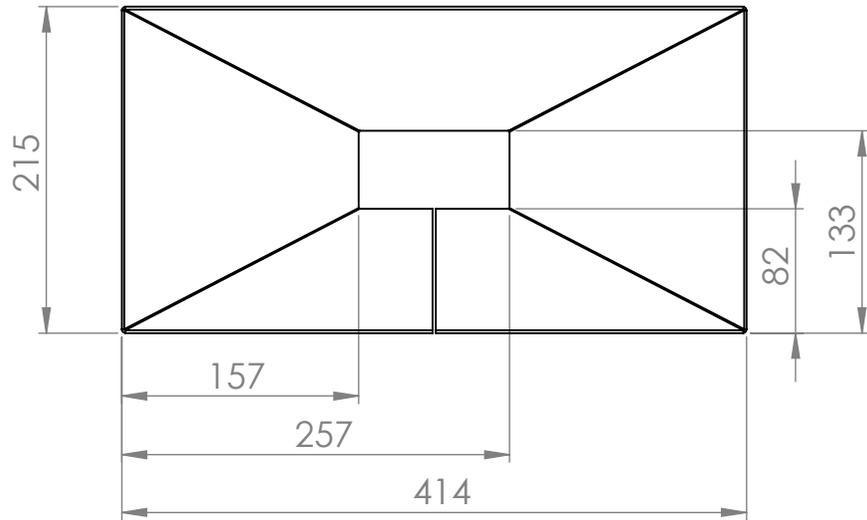


Nº DE ELEMENTO	DESCRIPCION	CANT.	MATERIAL
1	TOLVA DE SUCCION	1	ACERO INOX. L304
2	DUCTO DE SUCCION	1	ACERO INOX. L304
3	RESERVORIO PARA PIEL	1	ACERO INOX. L304
4	PURTA DE RESERVORIO	1	ACERO ASTM A36
5	MOTOR EXTRACTOR	1	-----

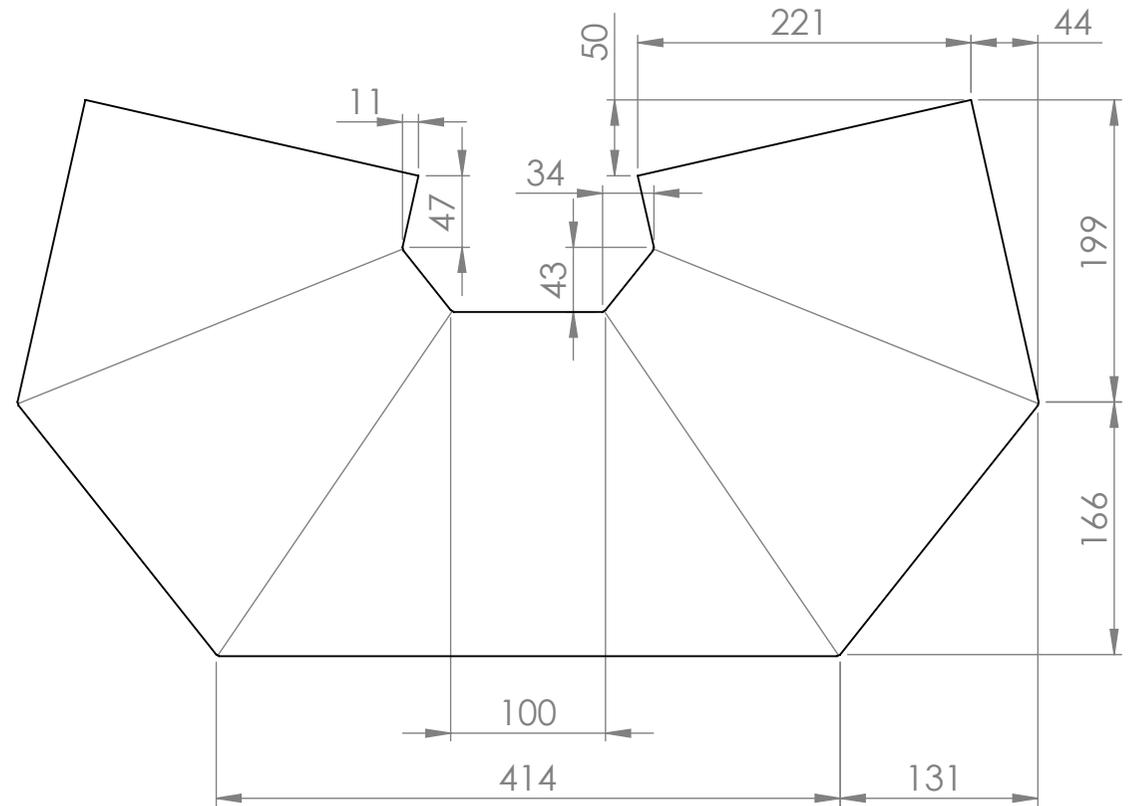
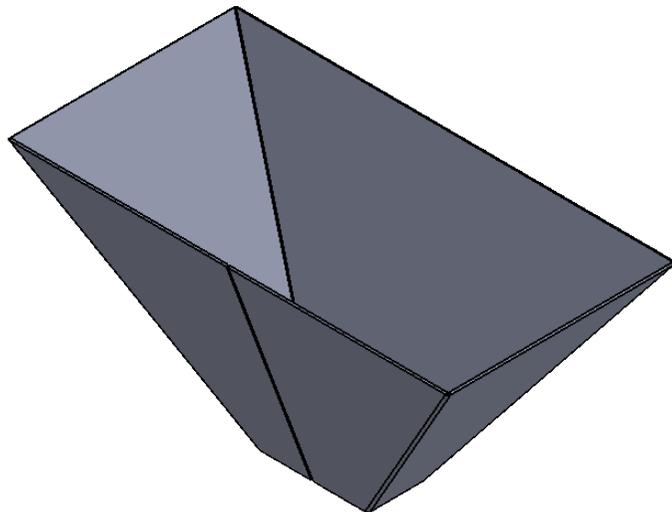
			ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL		
		CONJUNTO:		MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS	
DIBUJ.	PINTADO MARCELO	20-02-2017			
DIBUJ.	GARCES ALAIN	20-02-2017			
VERIF.	ING. L. CASTRO	20-02-2017			
APROB.	ING. G. ALMEIDA	20-02-2017			
PLANO GENERAL			TITULO:	SISTEMA DE ALMACENAMIENTO	A4
			ESCALA: 1:8	HOJA 1 DE 1	



				ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
				CONJUNTO: MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS	
	NOMBRE	FECHA			
DIBUJ.	PINTADO MARCELO	20-02-2017			
DIBUJ.	GARCES ALAIN	20-02-2017			
VERIF.	ING. L. CASTRO	20-02-2017			
APROB.	ING. G. ALMEIDA	20-02-2017			
VISTA EXPLOSIONADA			TITULO: SISTEMA DE ALMACENAMIENTO		A4
			ESCALA: 1:9		HOJA 1 DE 1

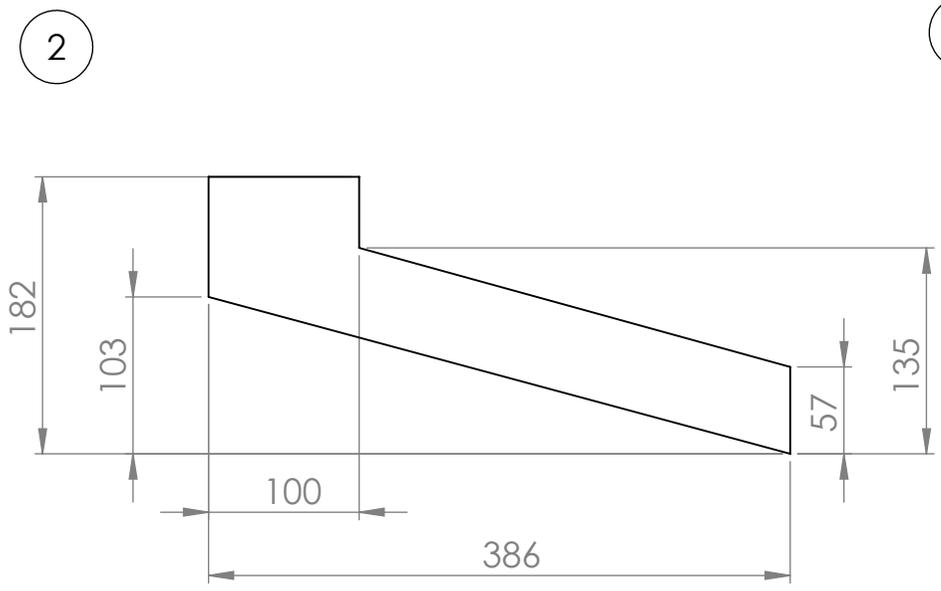


ESPESOR: 4 mm

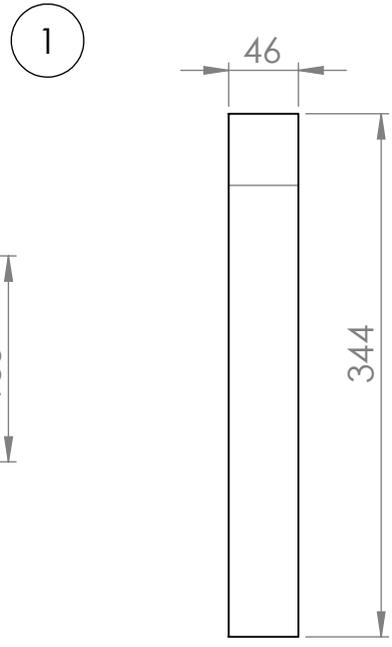


CHAPA DESPLEGADA

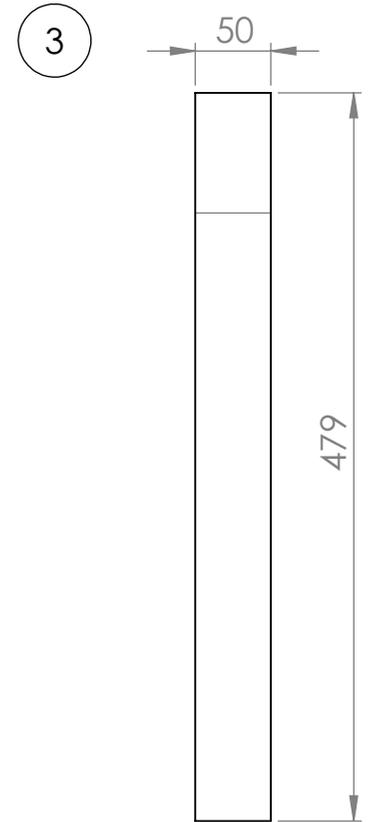
				ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
	NOMBRE	FECHA	CONJUNTO:		
DIBUJ.	PINTADO MARCELO	20-02-2017	MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS		
DIBUJ.	GARCES ALAIN	20-02-2017			
VERIF.	ING. L. CASTRO	20-02-2017			
APROB.	ING. G. ALMEIDA	20-02-2017			
MATERIAL:			TITULO:	TOLVA DE SUCCION	
ACERO INOX. L304					
			ESCALA: 1:5	HOJA 1 DE 1	



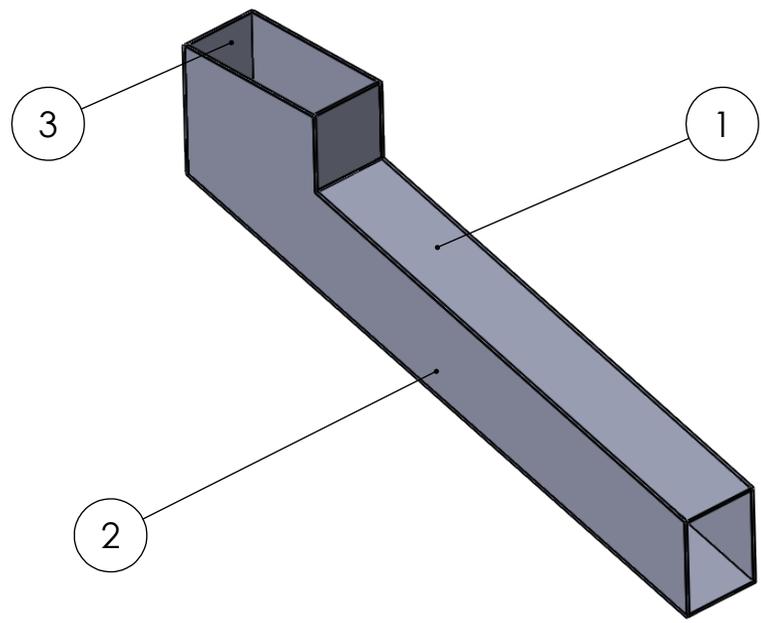
ESPESOR: 4mm
2 UNIDADES

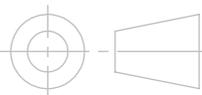


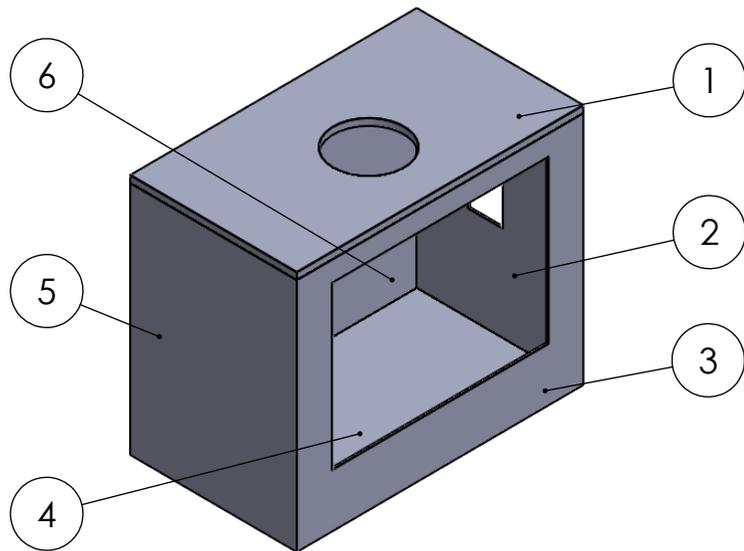
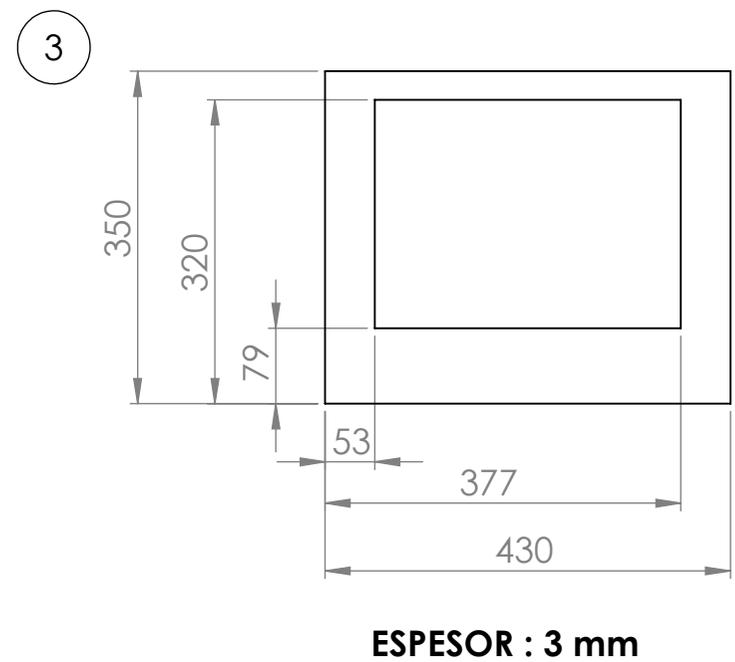
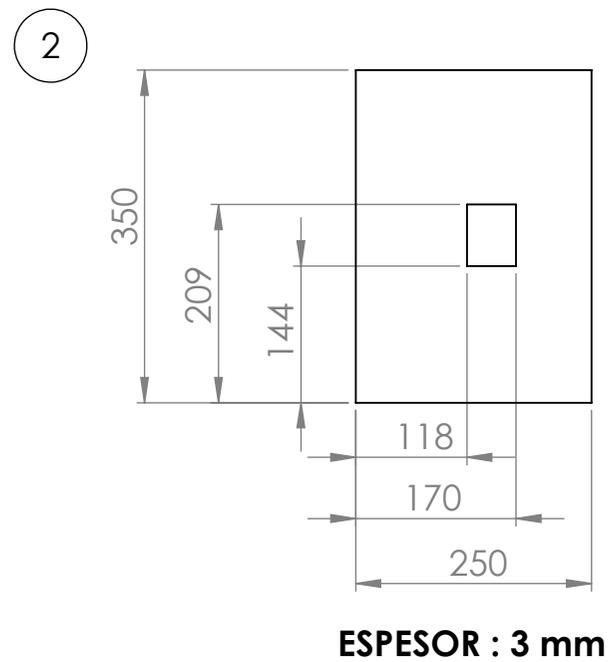
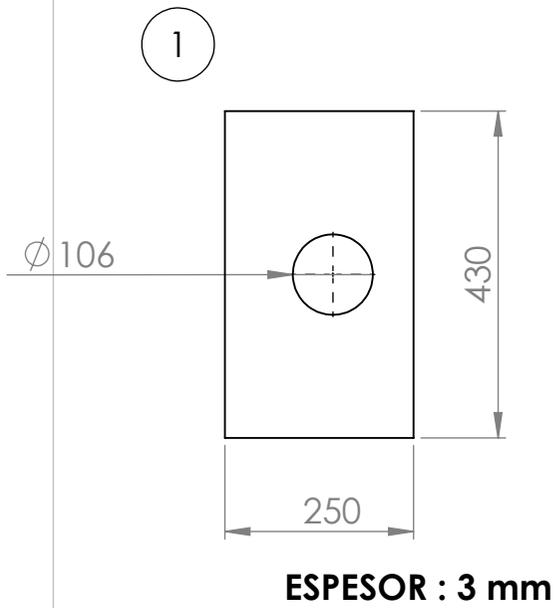
CHAPA DESPLEGADA
HACIA ARRIBA 75° R 0.74
ESPESOR: 4mm



CHAPA DESPLEGADA
HACIA ARRIBA 75° R 0.74
ESPESOR: 4mm

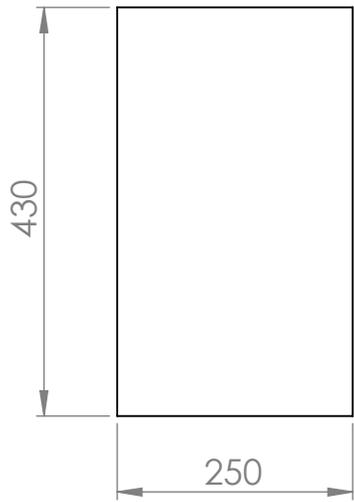


			ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL		
	NOMBRE	FECHA	CONJUNTO:		
DIBUJ.	PINTADO MARCELO	20-02-2017	MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS		
DIBUJ.	GARCES ALAIN	20-02-2017			
VERIF.	ING. L. CASTRO	20-02-2017			
APROB.	ING. G. ALMEIDA	20-02-2017			
MATERIAL:			TITULO:		
ACERO INOX. L304			DUCTO DE SUCCION	A4	
ESCALA: 1:5			HOJA 1 DE 1		



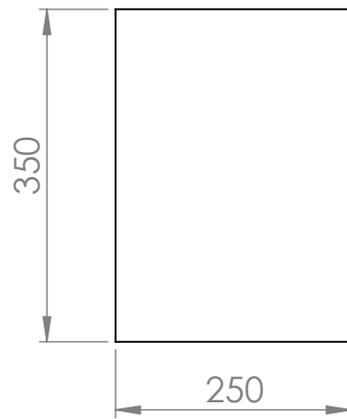
			ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL		
	NOMBRE	FECHA	CONJUNTO:		
DIBUJ.	PINTADO MARCELO	20-02-2017	MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS		
DIBUJ.	GARCES ALAIN	20-02-2017			
VERIF.	ING. L. CASTRO	20-02-2017			
APROB.	ING. G. ALMEIDA	20-02-2017	TITULO:		
MATERIAL: ACERO INOX. L304			RESERVORIO DE PIEL		A4
			ESCALA: 1:8		HOJA 1 DE 2

4



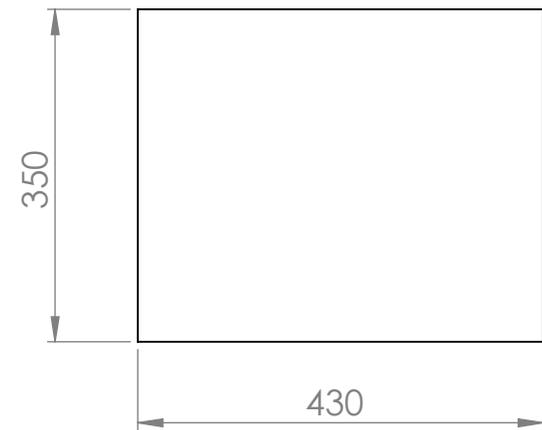
ESPESOR : 3 mm

5

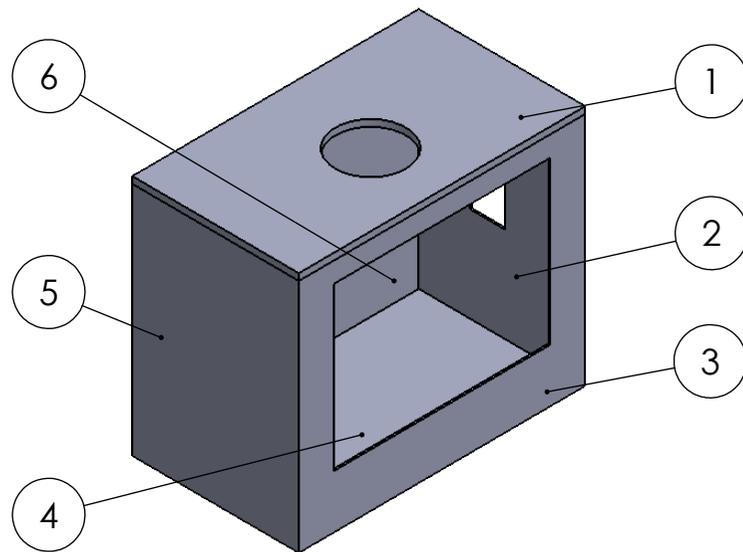


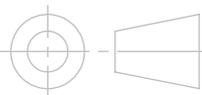
ESPESOR : 3 mm

6

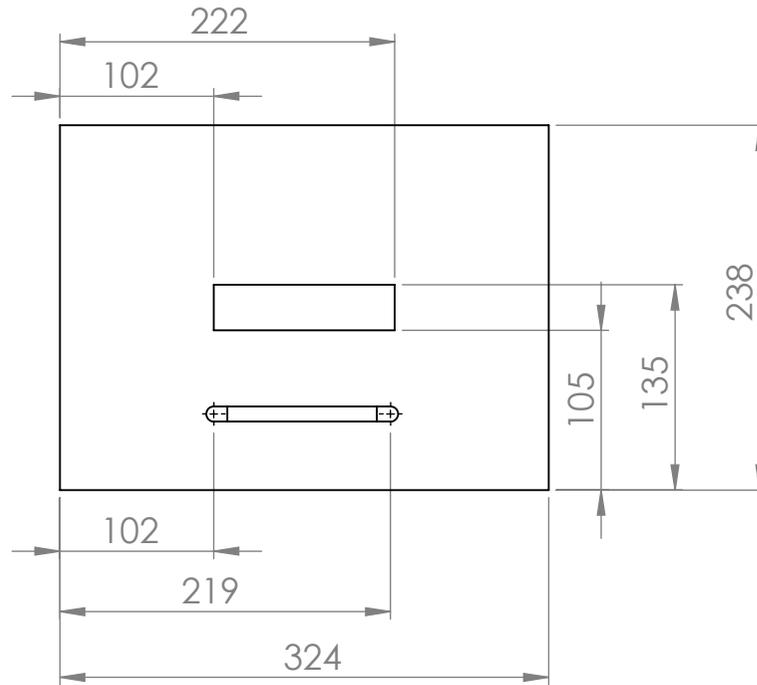


ESPESOR : 3 mm



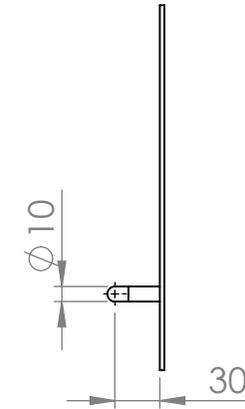
			ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL		
	NOMBRE	FECHA	CONJUNTO:		
DIBUJ.	PINTADO MARCELO	20-02-2017	MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS		
DIBUJ.	GARCES ALAIN	20-02-2017			
VERIF.	ING. L. CASTRO	20-02-2017			
APROB.	ING. G. ALMEIDA	20-02-2017			
MATERIAL:			TITULO:	RESERVORIO DE PIEL	A4
ACERO INOX L304			ESCALA: 1:8	HOJA 2 DE 2	

1



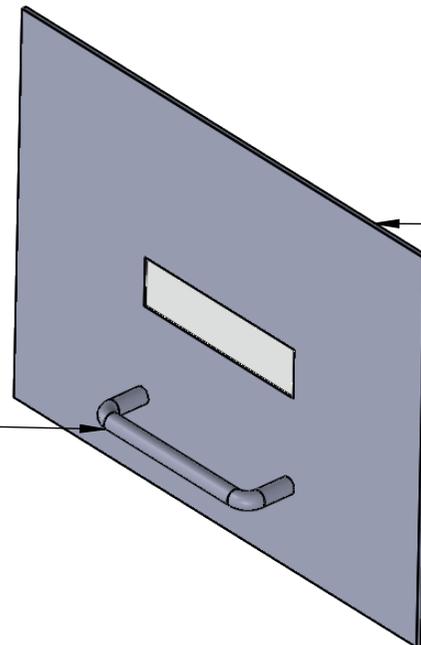
ESPESOR: 4 mm.

2



VARILLA LISA: ϕ 3/8"

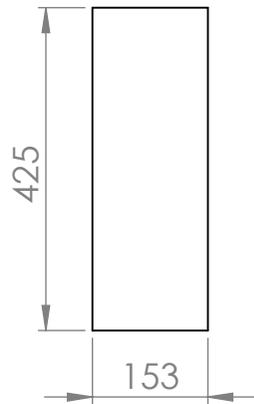
2



1

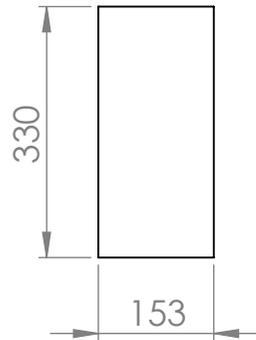
			ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
	NOMBRE	FECHA	CONJUNTO:	
DIBUJ.	PINTADO MARCELO	20-02-2017	MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS	
DIBUJ.	GARCES ALAIN	20-02-2017		
VERIF.	ING. L. CASTRO	20-02-2017		
APROB.	ING. G. ALMEIDA	20-02-2017	TITULO:	
MATERIAL:			PUERTA RESERVORIO	
ACERO ASTM A36			ESCALA: 1:4	A4 HOJA 1 DE 1

1



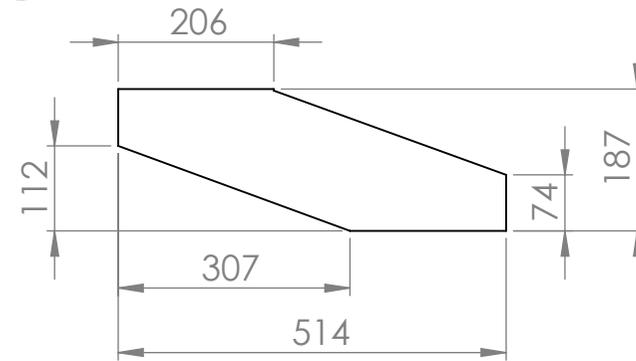
ESPESOR: 3 mm.
CANTIDAD: 2.

2

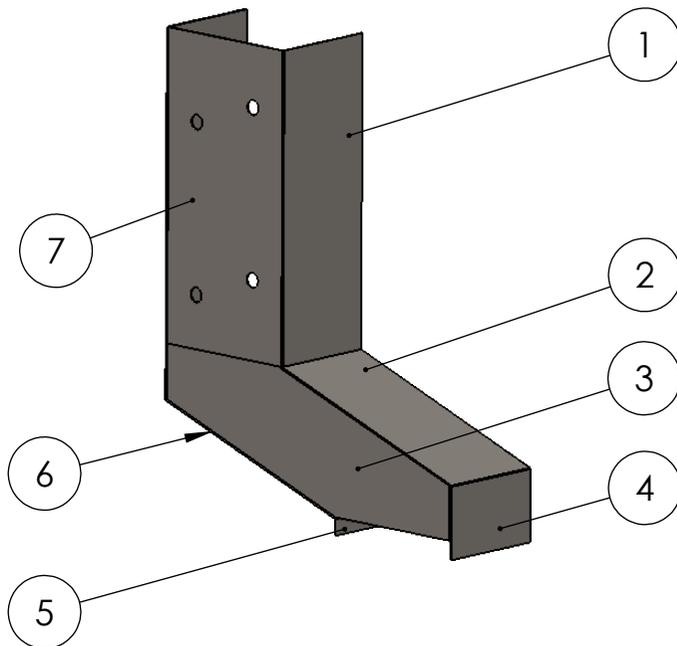


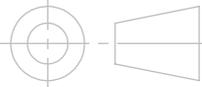
ESPESOR: 3 mm.
CANTIDAD: 1.

3

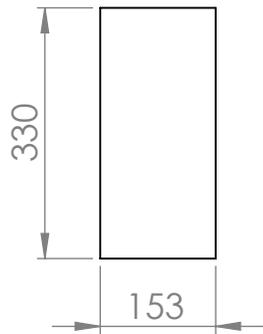


ESPESOR: 3 mm.
CANTIDAD: 2.



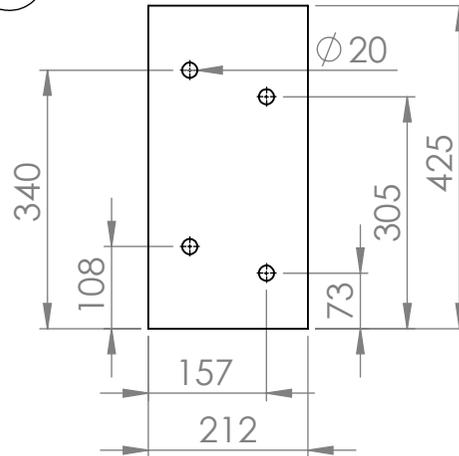
				ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
	NOMBRE	FECHA	CONJUNTO:		
DIBUJ.	PINTADO MARCELO	20-02-2017	MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS		
DIBUJ.	GARCES ALAIN	20-02-2017			
VERIF.	ING. L. CASTRO	20-02-2017			
APROB.	ING. G. ALMEIDA	20-02-2017			
MATERIAL:			TITULO:	A4	
ACERO INOX. L316			SISTEMA DE DESCARGA		
			ESCALA: 1:10	HOJA 1 DE 2	

6



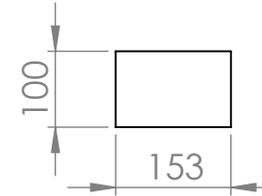
**ESPESOR: 3 mm.
CANTIDAD: 1.**

7



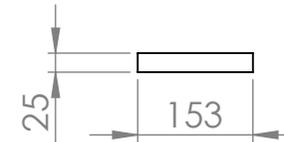
**ESPESOR: 3 mm.
CANTIDAD: 1.**

4

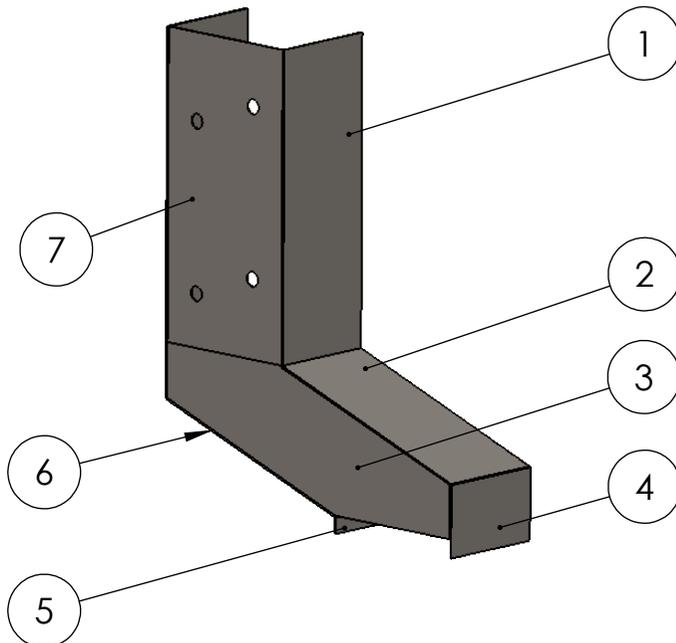


**ESPESOR: 3 mm.
CANTIDAD: 1.**

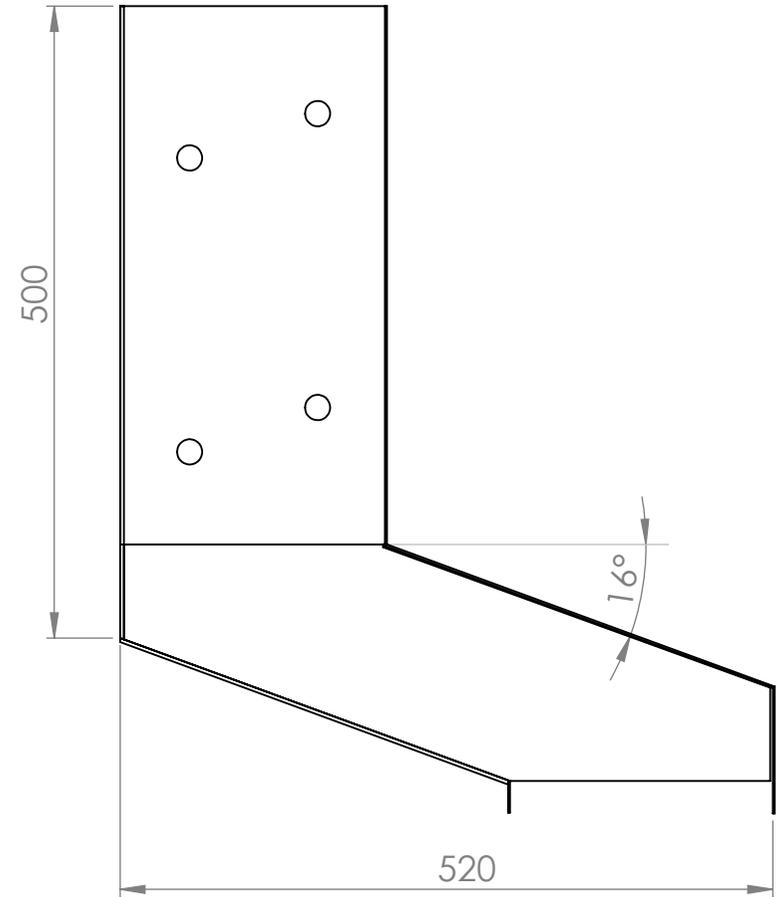
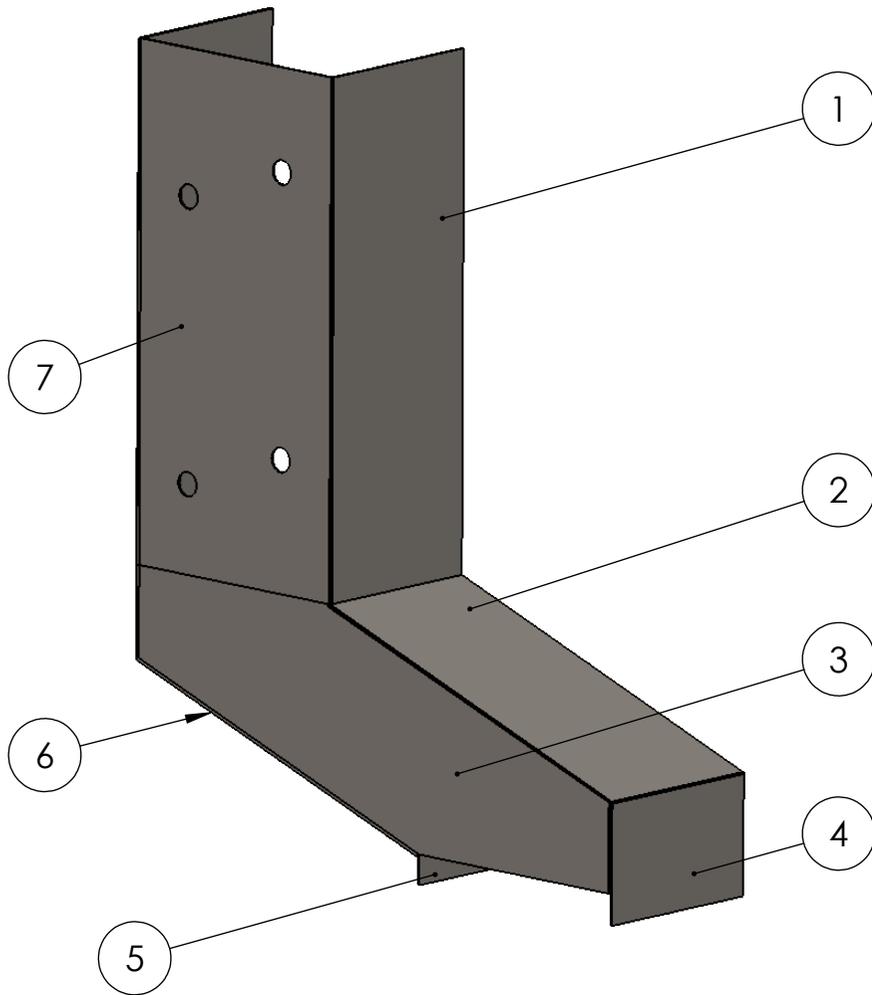
5

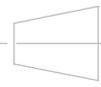


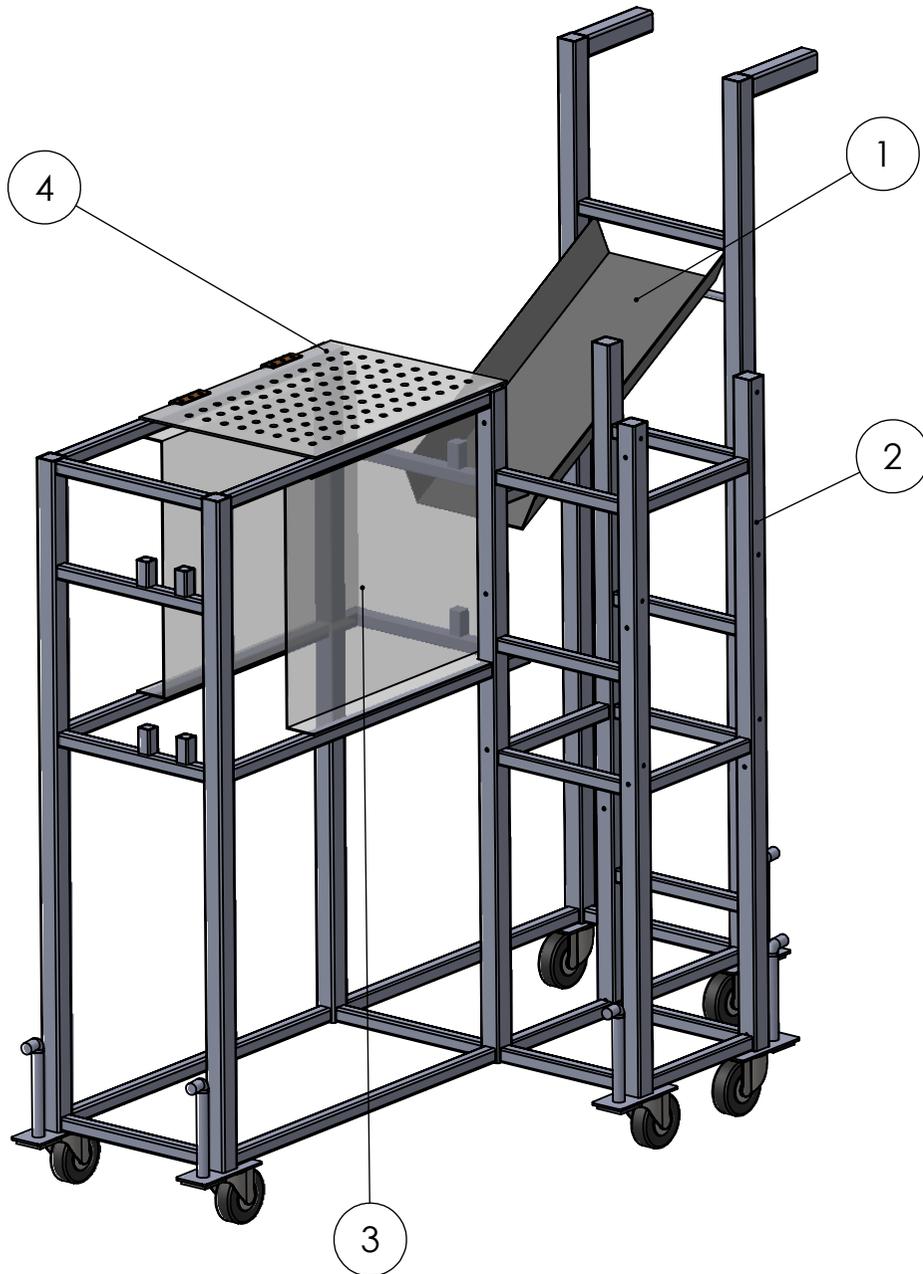
**ESPESOR: 3 mm.
CANTIDAD: 1.**



				ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
	NOMBRE	FECHA	CONJUNTO:		
DIBUJ.	PINTADO MARCELO	20-02-2017	MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS		
DIBUJ.	GARCES ALAIN	20-02-2017			
VERIF.	ING. L. CASTRO	20-02-2017			
APROB.	ING. G. ALMEIDA	20-02-2017			
MATERIAL:			TITULO:	SISTEMA DE DESCARGA	
ACERO INOX. L316			A4		
			ESCALA: 1:10	HOJA 2 DE 2	

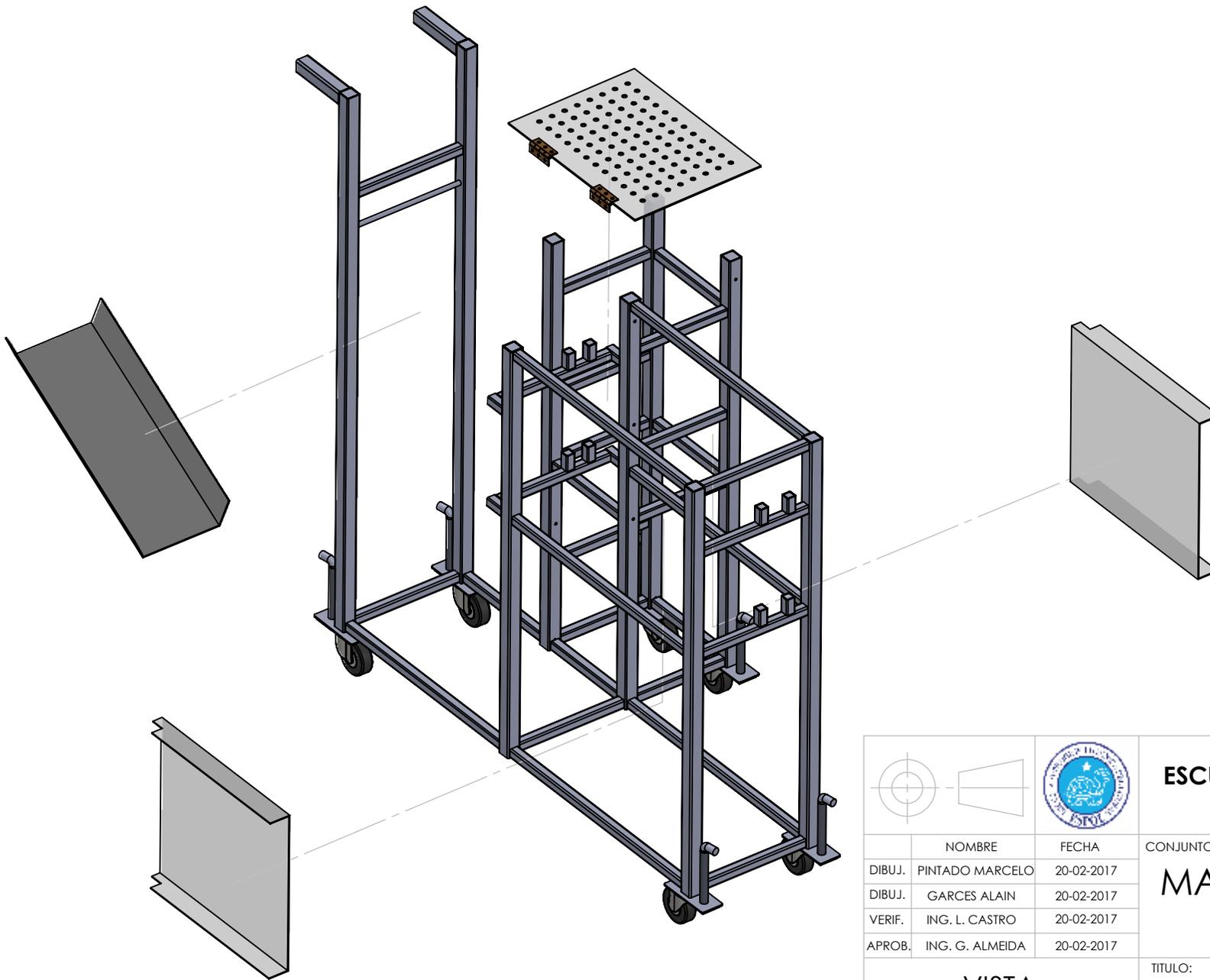


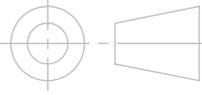
 			ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL		
	NOMBRE	FECHA	CONJUNTO:		
DIBUJ.	PINTADO MARCELO	20-02-2017	MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS		
DIBUJ.	GARCES ALAIN	20-02-2017			
VERIF.	ING. L. CASTRO	20-02-2017			
APROB.	ING. G. ALMEIDA	20-02-2017			
PLANO GENERAL			TITULO:	SISTEMA DE DESCARGA	A4
			ESCALA: 1:10	HOJA 1 DE 2	

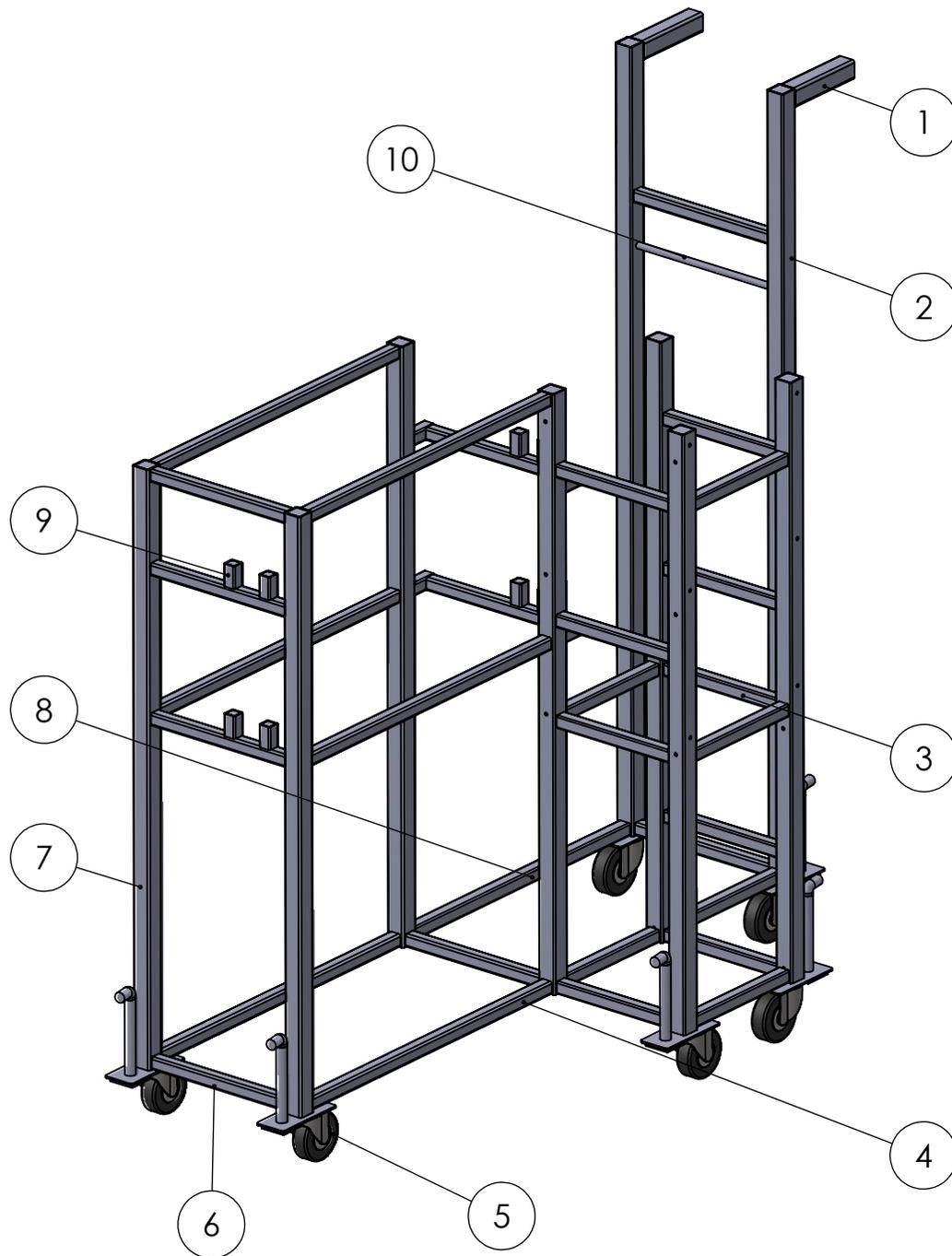


Nº DE ELEMENTO	DESCRIPCION	CANT.	MATERIAL
1	BANDEJA	1	ACERO INOX. L316
2	ESTRUCTURA DE SOPORTE	1	ACERO ASTM A36
3	PARED TRANSPARENTE	2	ACRILICO
4	CUBIERTA PERFORADA	1	ACRILICO

			ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL		
	NOMBRE	FECHA	CONJUNTO:		
DIBUJ.	PINTADO MARCELO	20-02-2017	MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS		
DIBUJ.	GARCES ALAIN	20-02-2017			
VERIF.	ING. L. CASTRO	20-02-2017			
APROB.	ING. G. ALMEIDA	20-02-2017			
PLANO GENERAL			TITULO:	ESTRUCTURA	A4
			ESCALA: 1:10	HOJA 1 DE 1	

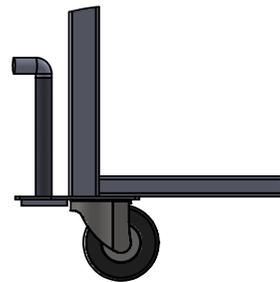
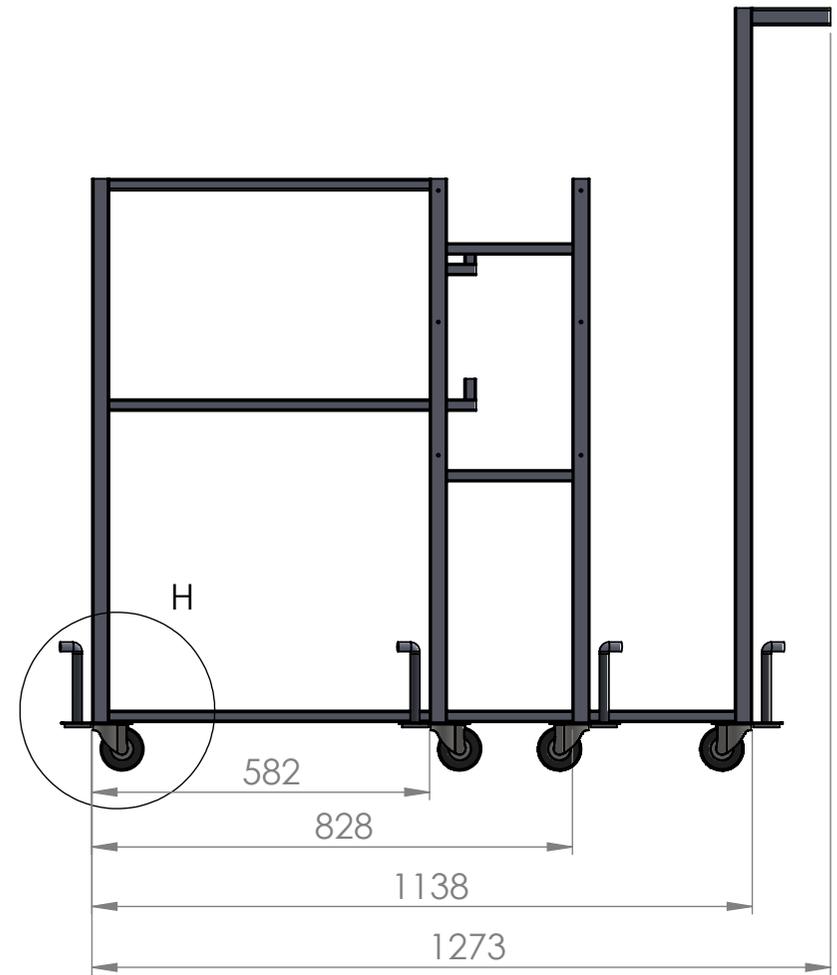
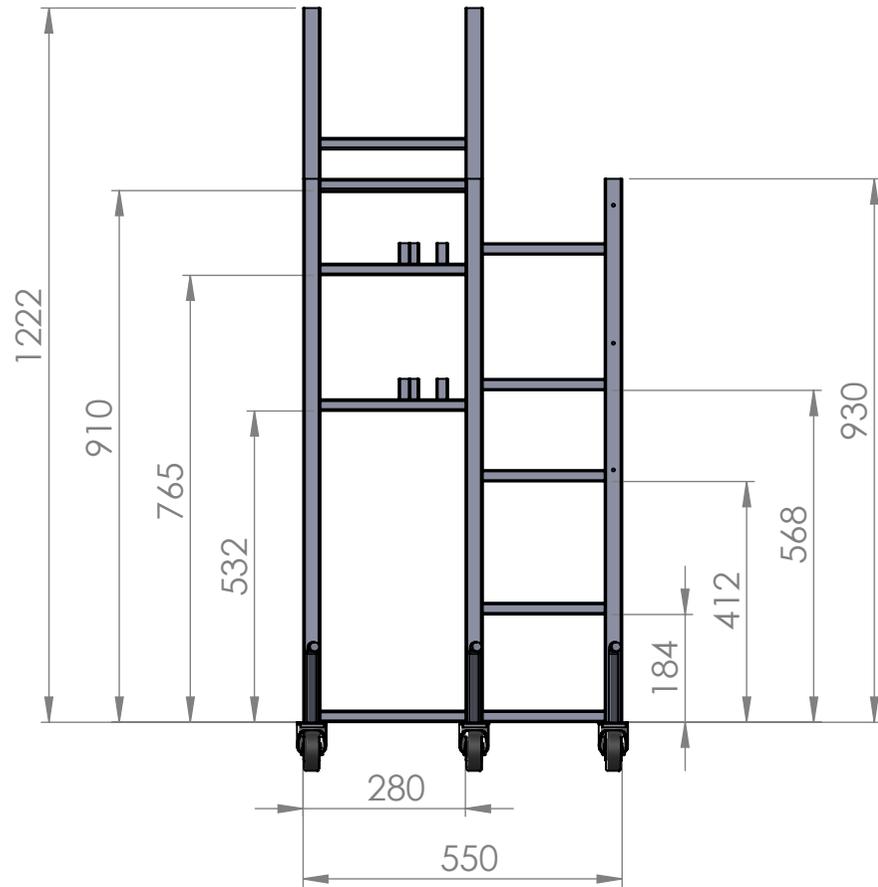


				ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
	NOMBRE	FECHA	CONJUNTO:		
DIBUJ.	PINTADO MARCELO	20-02-2017	MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS		
DIBUJ.	GARCES ALAIN	20-02-2017			
VERIF.	ING. L. CASTRO	20-02-2017			
APROB.	ING. G. ALMEIDA	20-02-2017			
VISTA EXPLOSIONADA			TITULO:		ESTRUCTURA
			ESCALA: 1:10		A4
			HOJA 1 DE 1		



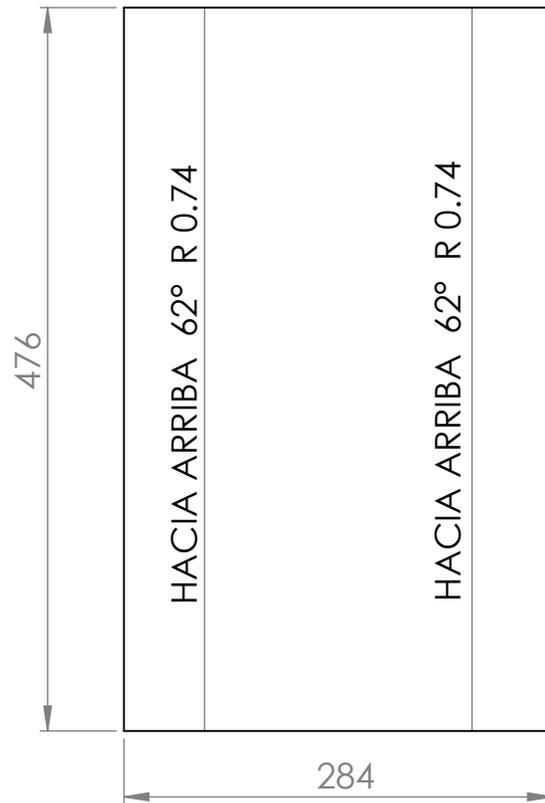
Nº DE ELEMENTO	DESCRIPCION	CANT.	MATERIAL
1	TUBO CUADRADO 3 X 30 X 130 mm	2	ACERO ASTM A36
2	TUBO CUADRADO 3 X 30 X 1222 mm	2	ACERO ASTM A36
3	TUBO CUADRADO 3 X 20 X 210 mm	13	ACERO ASTM A36
4	TUBO CUADRADO 3 X 20 X 552 mm	6	ACERO ASTM A36
5	RUEDA INDUSTRIAL DIAMETRO: 70 mm	6	ACERO ASTM A36
6	TUBO CUADRADO 3 X 20 X 250 mm	9	ACERO ASTM A36
7	TUBO CUADRADO 3 X 30 X 930 mm	7	ACERO ASTM A36
8	TUBO CUADRADO 3 X 20 X 496 mm	1	ACERO ASTM A36
9	TUBO CUADRADO 3 X 20 X 35 mm	8	ACERO ASTM A36
10	VARILLA LISA DIAM: 12 mm LONG: 250 mm	1	ACERO ASTM A36

			ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL																
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>NOMBRE</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DIBUJ.</td> <td>PINTADO MARCELO</td> <td>20-02-2017</td> </tr> <tr> <td>DIBUJ.</td> <td>GARCES ALAIN</td> <td>20-02-2017</td> </tr> <tr> <td>VERIF.</td> <td>ING. L. CASTRO</td> <td>20-02-2017</td> </tr> <tr> <td>APROB.</td> <td>ING. G. ALMEIDA</td> <td>20-02-2017</td> </tr> </tbody> </table>			NOMBRE	FECHA	DIBUJ.	PINTADO MARCELO	20-02-2017	DIBUJ.	GARCES ALAIN	20-02-2017	VERIF.	ING. L. CASTRO	20-02-2017	APROB.	ING. G. ALMEIDA	20-02-2017	CONJUNTO: MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS		
	NOMBRE	FECHA																	
DIBUJ.	PINTADO MARCELO	20-02-2017																	
DIBUJ.	GARCES ALAIN	20-02-2017																	
VERIF.	ING. L. CASTRO	20-02-2017																	
APROB.	ING. G. ALMEIDA	20-02-2017																	
MATERIAL: ACERO ASTM A36		TITULO: ESTRUCTURA DE SOPORTE		A4															
ESCALA: 1:10			HOJA 1 DE 2																

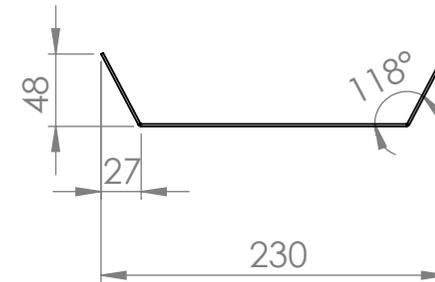
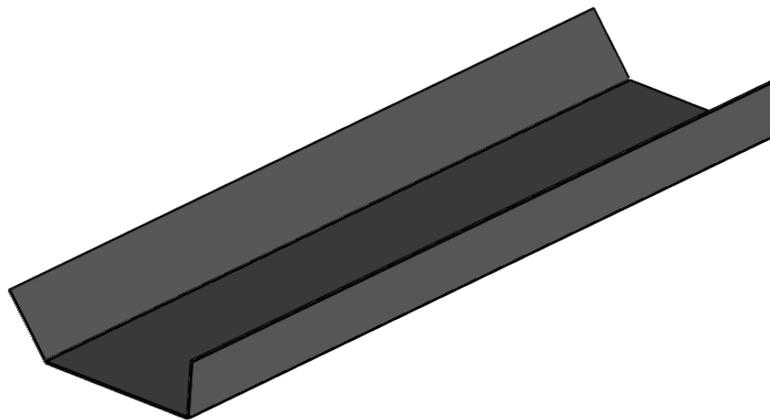


DETALLE H
ESCALA 2 : 15

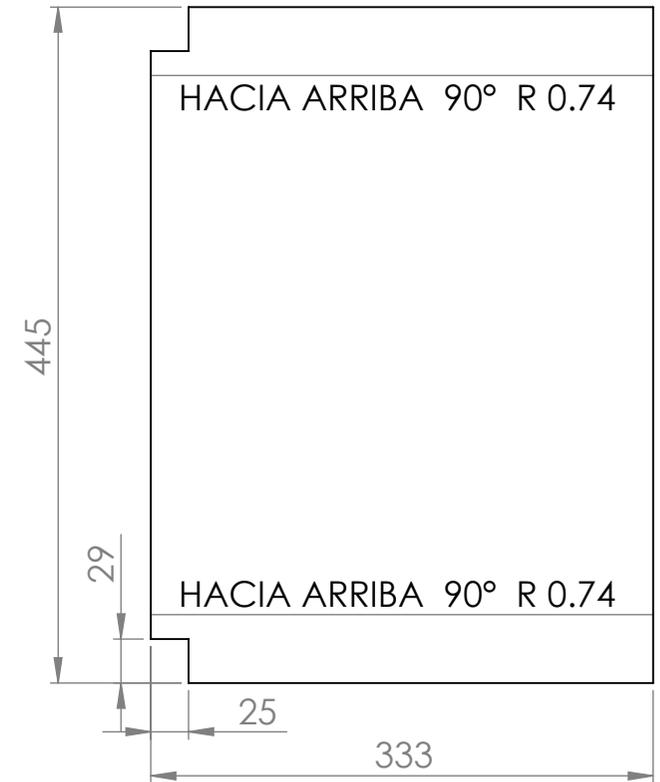
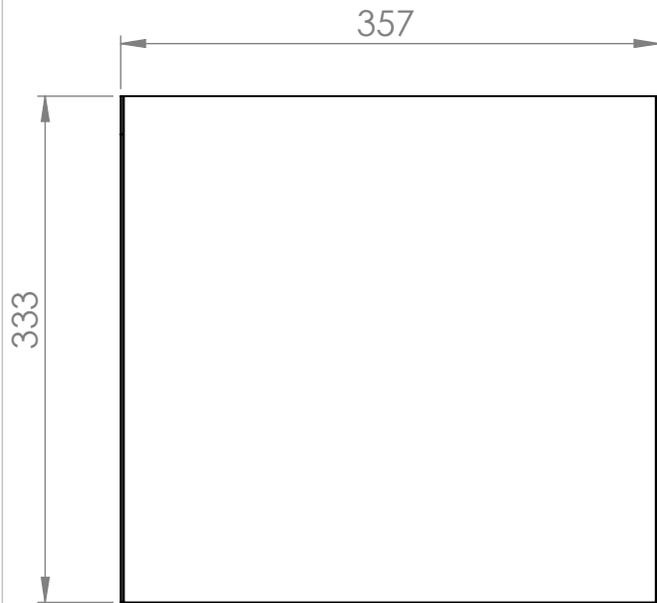
			ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL		
	NOMBRE	FECHA	CONJUNTO:		
DIBUJ.	PINTADO MARCELO	20-02-2017	MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS		
DIBUJ.	GARCES ALAIN	20-02-2017			
VERIF.	ING. L. CASTRO	20-02-2017			
APROB.	ING. G. ALMEIDA	20-02-2017			
MATERIAL:		ACERO ASTM A36		TITULO:	ESTRUCTURA DE SOPORTE
				ESCALA: 1:12	HOJA 2 DE 2
					A4



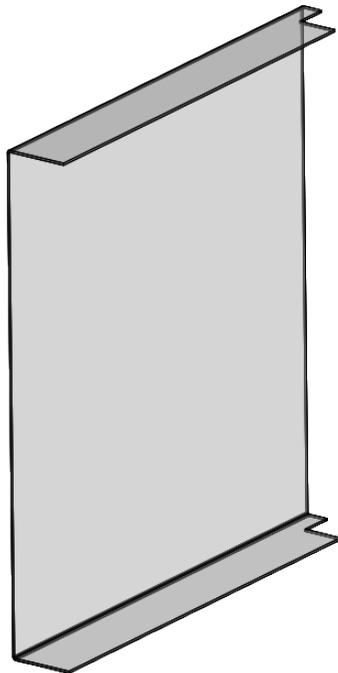
CHAPA DESPLEGADA
ESPESOR: 1,5 mm

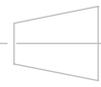


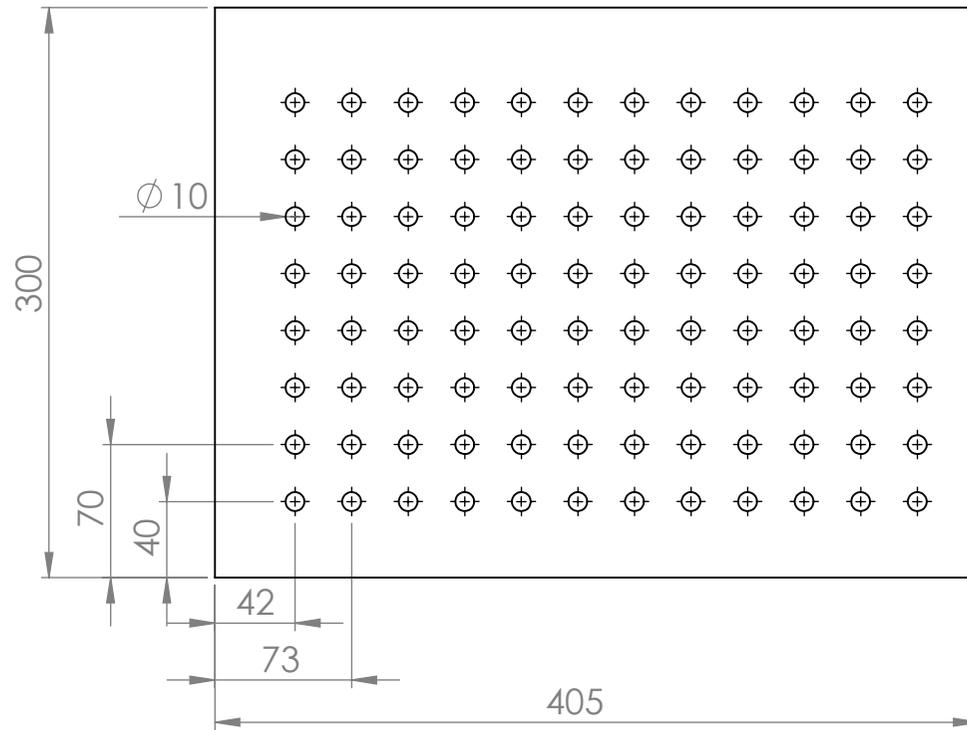
			ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL		
	NOMBRE	FECHA	CONJUNTO:		
DIBUJ.	PINTADO MARCELO	20-02-2017	MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS		
DIBUJ.	GARCES ALAIN	20-02-2017			
VERIF.	ING. L. CASTRO	20-02-2017			
APROB.	ING. G. ALMEIDA	20-02-2017			
MATERIAL:			TITULO:		
ACERO INOX. L316			BANDEJA	A4	
			ESCALA: 1:5	HOJA 1 DE 1	



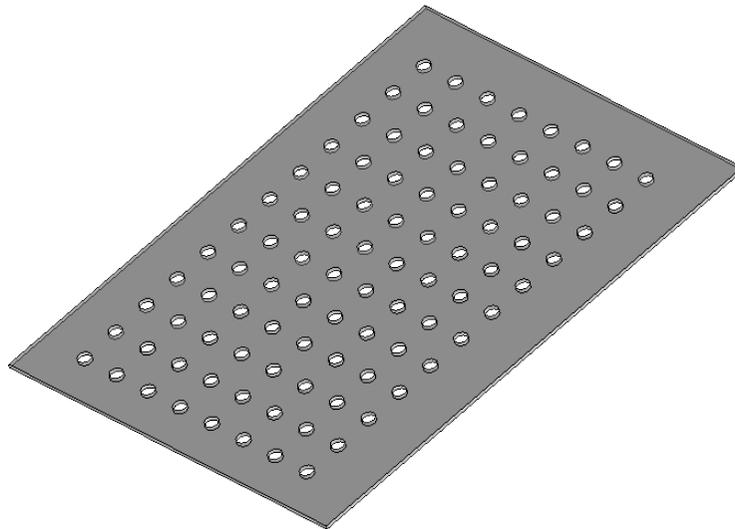
**CHAPA DESPLEGADA
ESPEJOR: 3 mm**



 				ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
	NOMBRE	FECHA	CONJUNTO:		
DIBUJ.	PINTADO MARCELO	20-02-2017	MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS		
DIBUJ.	GARCES ALAIN	20-02-2017			
VERIF.	ING. L. CASTRO	20-02-2017			
APROB.	ING. G. ALMEIDA	20-02-2017			
MATERIAL:			TITULO:		A4
ACRILICO			PARED TRANSPARENTE		
			ESCALA: 1:5		HOJA 1 DE 1



ESPESOR: 3 mm.
CANTIDAD DE AGUJEROS: 96



			ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL		
	NOMBRE	FECHA	CONJUNTO:		
DIBUJ.	PINTADO MARCELO	20-02-2017	MAQUINA PELADORA DE ALMENDRAS		
DIBUJ.	GARCES ALAIN	20-02-2017			
VERIF.	ING. L. CASTRO	20-02-2017			
APROB.	ING. G. ALMEIDA	20-02-2017			
MATERIAL:			TITULO:	CUBIERTA PERFORADA	
ACRILICO					
			ESCALA: 1:5	HOJA 1 DE 1	