

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**

### **DISEÑO DE UNA PICADORA DE LONJA DE CERDO CON UNA CAPACIDAD DE 100 KG/H**

### **PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO**

**LUIS ALEJANDRO CHAGUARO JARRÍN**

lachj69@hotmail.com

**ANDREA GABRIELA OLMEDO GARCÉS**

andrea\_0905@hotmail.com

**DIRECTOR: ING. JAIME RAÚL VARGAS TIPANTA**

jaime.vargas@epn.edu.ec

**Quito, Agosto 2014**

## DECLARACIÓN

Nosotros, Luis Alejandro Chaguaro Jarrín, y Andrea Gabriela Olmedo Garcés, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación personal; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, de acuerdo a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la Normatividad Institucional Vigente.

---

Luis Alejandro Chaguaro Jarrín

---

Andrea Gabriela Olmedo Garcés

## CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por los señores Luis Alejandro Chaguaro Jarrín y Andrea Gabriela Olmedo Garcés, bajo nuestra supervisión.

---

ING. JAIME VARGAS T.  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

---

ING. JORGE ESCOBAR L.  
**CODIRECTOR DEL PROYECTO**

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar agradezco a Dios por bendecirme y concederme fuerza y sabiduría para finalizar esta etapa de mi vida de manera satisfactoria.

De manera especial a mi madre y padre, quienes son la luz que guía mi camino y han sido un ejemplo de fortaleza y lucha. A mi hermano quien siempre me apoyó en todo momento y se convirtió en un ejemplo a seguir.

A mis amigos por compartir en este tiempo alegrías y tristezas, en especial a mi compañera y amiga de tesis Andrea Olmedo por su dedicación y paciencia durante toda nuestra carrera estudiantil.

Al Ing. Jaime Vargas por ayudarnos en todo momento y por enseñarnos que nunca hay que darse por vencidos por más difícil que parezca la situación.

### **ALEJANDRO**

A mis padres Fredy y Noemí por el esfuerzo que realizaron para mi educación. A mis hermanos Jhoselyn y Fredy por su confianza. Gracias a Uds. por cuidar a mi bebé mientras realizaba la tesis.

A mi chiquito Emilio Andrés, pues él a sus pocos meses de edad tuvo que soportar la ausencia de su mamá por largas horas, mientras realizaba la tesis.

A Armando por ser mi soporte, por estar siempre preocupado del bienestar de nuestro hijo. Además a su familia por su cariño y apoyo.

A mis amigos, en especial a mi amigo y compañero de tesis Alejandro, por su dedicación y persistencia en el transcurso de este proyecto y por compartir una sincera amistad.

Un agradecimiento especial y sincero al Ingeniero Jaime Vargas, por el apoyo y confianza que tuvo en mí, además por guiarme no solamente en el desarrollo de este trabajo, sino también en mi formación como persona.

### **ANDREA**

## **DEDICATORIA**

De manera especial a mi madre y a mi padre quienes con sus consejos y confianza fueron un apoyo fundamental para poder concluir el presente proyecto.

A mi hermano quien me ayudó mucho en toda mi vida estudiantil y me dio el mejor regalo del mundo, mi sobrino Martin. Este proyecto y triunfo es para ti.

A mi abuelito Wladimir que siempre me cuida y vela mi camino desde el cielo, iluminándome para tomar las mejores decisiones.

A mis amigos por haber compartido en este tiempo alegrías, tristezas y triunfos.

**ALEJANDRO**

A Dios; por la salud, fortaleza y sabiduría para poder cumplir una meta más de mi vida.

A mi bebé Emilio Andrés por ser mi mayor motivación, su sola presencia ilumina cada día de mi vida. ¡Te amo chiquito!

A mis padres y a mis hermanos, sin su apoyo y amor no hubiese sido posible alcanzar esta meta.

Al amor de mi vida, Armando, por el apoyo y paciente espera para que pudiera terminar este trabajo. Evidencias de su gran amor!

A mi familia en general por su apoyo y cariño en todo momento.

**ANDREA**

## CONTENIDO

DECLARACIÓN.....	.i#
CERTIFICACIÓN.....	.ii#
AGRADECIMIENTOS .....	.iii#
DEDICATORIA .....	.iv#
CONTENIDO .....	.v#
RESUMEN.....	.xv#
PRESENTACIÓN .....	.xvii#
CAPÍTULO 1 GENERALIDADES Y ESTUDIO DE CAMPO .....	1
1.1    MICROEMPRESA DEFINICIÓN .....	1
1.2    LA MICROEMPRESA EN EL ECUADOR .....	1
1.3    MICROEMPRESA “DELICIAS DE VERDE” .....	2
1.3.1    MATERIA PRIMA .....	3
1.3.2    PROCESO DE PRODUCCIÓN .....	6
1.4    MÁQUINAS PROCESADORAS DE CARNE .....	7
1.4.1    CORTADORAS DE CARNE.....	7
1.4.2    PICADORAS DE CARNE.....	10
1.4.3    EMULSIFICADOR DE CARNE.....	11
CAPÍTULO 2 REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE Y PARÁMETROS DE DISEÑO.....	13
2.1    JUSTIFICACIÓN TÉCNICA.....	13
2.2    OBJETIVOS .....	14
2.2.1    OBJETIVO GENERAL.....	14

2.2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
2.3	REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE.....	14
2.4	PARÁMETROS DE DISEÑO .....	15
2.5	PARÁMETROS FUNCIONALES.....	15
CAPÍTULO 3 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO .....		22
3.1	GENERALIDADES.....	22
3.2	RESTRICCIONES Y LIMITACIONES.....	22
3.3	PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS .....	23
3.3.1	ALTERNATIVA 1: PICADORA DE LONJA TIPO RODILLO MOLDEADOR.....	23
3.3.2	ALTERNATIVA 2: PICADORA DE LONJA TIPO CUCHILLAS CIRCULARES .....	24
3.3.3	ALTERNATIVA 3: PICADORA DE LONJA TIPO REJILLAS .....	26
3.4	EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS .....	27
3.4.1	CRITERIOS DE SELECCIÓN.....	27
3.4.2	SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.....	29
3.5	SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.....	35
3.6	PROTOCOLO DE PRUEBAS .....	36
3.6.1	FUNCIONAMIENTO EN VACIO.....	36
3.6.2	FUNCIONAMIENTO CON CARGA.....	36
3.6.3	CAPACIDAD DE CORTE.....	36
3.7	MANUAL DE MANTENIMIENTO .....	38
CAPÍTULO 4 DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA MÁQUINA.....		40
4.1	DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD LINEAL.....	40

4.2	CÁLCULO DE LA VELOCIDAD ANGULAR .....	42
4.3	CÁLCULO DE LA FUERZA DE CORTE .....	43
4.3.1	CÁLCULO DE LA FUERZA DE CORTE CUCHILLA CIRCULARES .....	43
4.3.2	CÁLCULO DE LA FUERZA DE CORTE CUCHILLA TRANSVERSAL .....	45
4.4	CÁLCULO DE LA POTENCIA.....	46
4.5	CORRECCIÓN DE LA POTENCIA .....	47
4.6	SELECCIÓN DE LA BANDA TRANSPORTADORA .....	48
4.6.1	PROCESO DE SELECCIÓN DE LA BANDA .....	48
4.7	SISTEMA DE TRANSMISIÓN.....	54
4.7.1	SELECCIÓN DE BANDAS Y POLEAS. ....	54
4.7.2	FACTOR DE SERVICIO.....	54
4.7.3	POTENCIA DE DISEÑO.....	55
4.7.3.2	<i>DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD DE LA BANDA</i> .....	56
4.7.4	SELECCIÓN DE CADENAS Y CATARINAS.....	57
4.8	SELECCIÓN DE CUCHILLAS DE CORTE .....	62
4.9	CÁLCULO DE EJES .....	64
4.9.1	CÁLCULO DEL EJE CON CUCHILLAS CIRCULARES.....	64
4.9.2	CÁLCULO DEL EJE QUE SOPORTA LAS CUCHILLAS TRANSVERSALES .....	69
4.10	CÁLCULO DE LENGÜETAS.....	73
4.11	SELECCIÓN DE RODAMIENTOS.....	74
4.11.1	SELECCIÓN DE RODAMIENTOS PARA EL EJE PORTA CUCHILLAS CIRCULARES. ....	74



4.11.2 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS PARA EL EJE PORTA CUCHILLAS TRANSVERSALES.....	75
4.12 SIMULACIÓN.....	76
CAPÍTULO 5 CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y PRUEBAS DE CAMPO.....	77
5.1 CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO.....	77
5.1.1 REQUERIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.....	78
5.2 MONTAJE DE LA PICADORA.....	80
5.3 PRUEBAS DE CAMPO.....	81
CAPÍTULO 6 COSTEO.....	82
6.1 INTRODUCCIÓN.....	82
6.2 COSTOS DIRECTOS.....	83
6.2.1 COSTOS DE MATERIA PRIMA.....	83
6.2.2 COSTOS DE ELEMENTOS NORMALIZADOS.....	83
6.2.3 COSTOS DE MAQUINADO.....	84
6.2.4 COSTOS DE MONTAJE.....	85
6.2.5 COSTOS DIRECTO TOTAL.....	86
6.3 ANÁLISIS DE COSTOS INDIRECTOS.....	86
6.3.1 COSTOS DE MATERIA INDIRECTOS.....	86
6.3.2 COSTOS DE INGENIERÍA.....	87
6.3.3 COSTOS DE IMPREVISTOS.....	88
6.3.4 COSTO INDIRECTO TOTAL.....	89
6.4 COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA.....	89
CAPÍTULO 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	90
7.1 CONCLUSIONES.....	90
7.2 RECOMENDACIONES.....	91

BIBLIOGRAFÍA.....	92
PÁGINAS WEB .....	94
ANEXOS.....	95
ANEXO I.....	96
ANEXO II.....	98
ANEXO III.....	<a href="#"><u>108107</u></a>
ANEXO IV.....	<a href="#"><u>109108</u></a>
ANEXO V.....	<a href="#"><u>110109</u></a>
ANEXO VI.....	<a href="#"><u>112111</u></a>
ANEXO VII.....	<a href="#"><u>113112</u></a>
ANEXO VIII.....	<a href="#"><u>114113</u></a>

## **LISTA DE ANEXOS**

ANEXO I: CATÁLOGO MOTOREDUCTOR

ANEXO II: CATÁLOGO BANDA TRANSPORTADORA

ANEXO III: ESPECIFICACIÓN CATARINAS Y CADENA

ANEXO IV: ESPECIFICACIÓN BANDA

ANEXO V: TABLAS DE LENGÜETAS

ANEXO VI: ESPECIFICACIONES CHUMACERAS

ANEXO VII: HOJAS DE PROCESOS

ANEXO VIII: PLANOS DE TALLER Y MONTAJE

## ÍNDICE DE TABLAS

### CAPÍTULO II

Tabla 1 Fuerza de corte específica usando dinamómetro.....	18
Tabla 2 Fuerza de corte específica máquina Universal.....	21
Tabla 3 Resumen Requerimientos del cliente y parámetros de diseño.....	21

### CAPÍTULO III

Tabla 3 Valores utilizados en el método de criterios ponderados.....	30
Tabla 4 Código para las alternativas de diseño.....	31
Tabla 5 Criterios para la evaluación de las alternativas de diseño.....	31
Tabla 6 Tabla de ponderación método ordinal corregido .....	32
Tabla 7 Evaluación de la funcionalidad frente a las tres soluciones.....	33
Tabla 8 Evaluación de la vida útil frente a las tres soluciones.....	33
Tabla 9 Evaluación del montaje del prototipo frente a las tres soluciones .....	33
Tabla 10 Evaluación construcción del prototipo frente a las tres soluciones.....	34
Tabla 11 Evaluación del mantenimiento frente a las tres soluciones .....	34
Tabla 12 Evaluación del costo frente a las tres soluciones .....	35
Tabla 13 Evaluación de la operación frente a las tres soluciones .....	35
Tabla 14 Conclusión para el diseño del prototipo.....	36
Tabla 15 Formato protocolo de pruebas .....	38

### CAPÍTULO IV

Tabla 16 Características del motoreductor.....	48
Tabla 17 Datos para la selección de la banda transportadora.....	53
Tabla 18 Datos obtenidos para seleccionar la banda transportadora.....	54
Tabla 19 Datos iniciales para seleccionar cadenas y catarinas.....	58
Tabla 20 Datos obtenidos para seleccionar cadenas y catarinas.....	62
Tabla 21 Dimensiones de la cuchilla circular seleccionada.....	63
Tabla 22 Propiedades del material de los ejes.....	64
Tabla 23 Fuerzas que actúan sobre el eje con cuchillas circulares.....	64

Tabla 24 Fuerzas que actúan sobre el eje con cuchillas transversales.....	69
---	----

## **CAPÍTULO V**

Tabla 25 Máquinas, herramientas utilizados en la construcción.....	81
--	----

## **CAPÍTULO VI**

Tabla 26 Costos materia prima.....	86
Tabla 27 Costos elemento normalizados .....	87
Tabla 28 Costos de maquinado.....	88
Tabla 29 Costos de montaje.....	89
Tabla 30 Costos directo total .....	89
Tabla 31 Costos de materiales indirectos.....	90
Tabla 32 Costos de ingeniería.....	91
Tabla 33 Costos de imprevisto .....	92
Tabla 34 Costo indirecto total.....	92
Tabla 35 Costos total del prototipo .....	93

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

Figura 1. Plátano verde en sus diferentes fases.....	4
Figura 2. Productos realizados a base de verde .....	5
Figura 3. Lonja de cerdo.....	6
Figura 4. Productos elaborados por la microempresa .....	7
Figura 5. Guillotina para cortar carne .....	8
Figura 6. Sierra sin fin para cortar carne .....	9
Figura 7. Cortadora de bloques para cortar carne.....	10
Figura 8. Picadora para carne fresca .....	11
Figura 9. Emulsificador de carne .....	12

### CAPÍTULO II

Figura 10. Ensayo de corte usando dinamómetro .....	16
Figura 12. Máquina universal Tinius Olsen e instrumentos utilizados .....	19
Figura 13. Ensayo de corte usando la máquina Universal Tinius Olsen.....	20

### CAPÍTULO III

Figura 14. Esquema rodillo moldeador .....	23
Figura 15. Esquema de una cortadora de lonja con cuchillas circulares .....	25
Figura 16. Esquema de una cortadora de lonja tipo rejillas .....	26

### CAPÍTULO IV

Figura 17. Dimensiones de la lonja de cerdo.....	40
Figura 18. Determinación de la sección de carne.....	43
Figura 19. Determinación de la sección de carne en la cuchilla transversal .....	46
Figura 20. Relación de transmisión de poleas.....	54
Figura 21. Cuchilla circular de acero inoxidable .....	63
Figura 22. Diagrama de cargas en el eje porta cuchillas circulares.....	65
Figura 24. Diagrama de fuerza cortante en el eje porta cuchillas circulares. ....	66

Figura 25.Diagrama demomentos en el eje porta cuchillas circulares.....	66
Figura 26.Diagrama de cargas en el eje porta cuchillas transversales.....	70
Figura 27.Diagrama de fuerza cortante en el eje porta cuchillas transversales....	71
Figura 28.Diagrama demomentos en el eje porta cuchillas transversales.....	71

## RESUMEN

El presente proyecto previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico comprende el “DISEÑO DE UNA PICADORA DE LONJA DE CERDO CON UNA CAPACIDAD DE 100 KG/H”; mediante este diseño se pretende mejorar el tiempo de producción, puesto que en la actualidad la microempresa “Delicias de Verde” realiza el corte de forma manual, teniendo una pérdida considerable de tiempo y a su vez una pérdida en la producción.

A continuación se presenta el contenido básico de cada uno de los siete capítulos de los cuales se compone este proyecto.

El Capítulo 1 comprende una introducción general sobre las microempresas en el país y su desarrollo, al igual que información acerca de los procesadores cárnicos.

En el Capítulo 2 se establecen los requerimientos del cliente y los parámetros de diseño obtenidos en el estudio de campo.

El Capítulo 3 contiene el estudio de alternativas de diseño, se debe conocer los parámetros más importantes de la máquina para su funcionalidad y de esta manera se selecciona la alternativa más conveniente para su desarrollo.

En el Capítulo 4 se desarrolla toda la selección y diseño de los elementos que forman parte del prototipo.

El Capítulo 5 muestra el proceso de construcción de los elementos que conforman el prototipo y la secuencia correcta para el montaje del mismo, valorando la eficiencia de este mediante un protocolo de pruebas.

El Capítulo 6 comprende el costeo, en el cual se especifican todos los rubros para el diseño y construcción del prototipo.



El Capítulo 7 presenta las conclusiones y recomendación del proyecto en base al objetivo de construir y diseñar el prototipo.

Finalmente, se incluyen los anexos con las especificaciones y características de los elementos a utilizar en el diseño del prototipo.

## **PRESENTACIÓN**

El presente proyecto nace con el objetivo de cubrir las necesidades de la microempresa Delicias de verde, mediante el diseño de un prototipo de una Picadora de Lonja de Cerdo con una capacidad aproximada de 100kg/h, para lo cual se realiza un análisis de la materia prima que se va a utilizar para de esta manera obtener los diferentes parámetros de diseño para la construcción del prototipo.

En el desarrollo del proyecto se realiza un análisis del prototipo para obtener la mejor alternativa de diseño y que este tenga un funcionamiento sencillo pero satisfaciendo las necesidades del cliente.

Se dimensiona cada elemento mecánico que conforma parte de los sistemas del prototipo.

Esta picadora de lonjas de cerdo aumenta la producción de la microempresa y facilita el proceso de corte de la grasa chicharrón.

# CAPÍTULO 1

## GENERALIDADES Y ESTUDIO DE CAMPO

### 1.1 MICROEMPRESA DEFINICIÓN

Según Magill & Meyer (2004, p19)

*“Una microempresa es un negocio personal o familiar en el área de comercio, producción o servicios que tienen menos de diez empleados el cual es poseído y operado por una persona individual, una familia, o un grupo de personas individuales de ingresos relativamente bajos, cuyo propietario ejerce un criterio independiente sobre productos, mercados y precios y además constituye una importante fuente de ingresos para el hogar”.*

### 1.2 LA MICROEMPRESA EN EL ECUADOR

Para Saltos (2010 p.254) la microempresa nace en el Ecuador cuando los pequeños artesanos se agrupan al igual que trabajadores que pasaron a la desocupación especialmente de la rama textil creando las microempresas, las cuales fueron de tipo artesanal. La microempresa artesanal se identificó por: poco capital, mucha mano de obra, baja producción, falta de crédito en el sistema financiero, ahorro mínimo, sin gestión empresarial, sin utilización de tecnología.

El término microempresa se utiliza desde finales de los años ochenta por la implantación de políticas de organismos internacionales como el Banco Internacional de Desarrollo (B.I.D), impulsando los programas globales de microempresa, destinados para los más pobres.

El desarrollo de la microempresa ha sido acelerado, por lo que las microempresas de la actualidad son muy desarrolladas y tecnificadas con relación a

las iniciales ya que cuentan con asesoramiento y capacitación continua y además por ser dirigidas por profesionales que aplican conocimientos de gestión empresarial.

El número de microempresas es cercano a 1'300.000. Se constituyen como la mayor fuente generadora de empleo, aumentado su participación en la población económicamente activa (PEA), del 62% al 72%.

Las microempresas ecuatorianas proporcionaron para un estimado de más de dos millones y medio de puestos de empleo.

Las mujeres microempresarias exhiben aún, una más grande concentración en determinados tipos de negocios. En el sector de servicios, 85% de las mujeres están en alimentos y bebidas y salones de belleza. En el sector de la producción 74.7% de las mujeres empresarias se encuentran en vestuario y bebidas no alcohólicas. En el sector comercial 67.9% de las mujeres emprendedoras están involucradas en la venta de alimentos, bebidas, vestuario y artículos misceláneos pequeños.

### **1.3 MICROEMPRESA “DELICIAS DE VERDE”**

La microempresa se encuentra ubicada en la Parroquia de Calderón siendo su propietaria la señora Iralda Araceli Gaón Sabando, quien incursiona en el negocio desde el año 2003 con gran éxito, el mismo que en un inicio fue integrado por su pequeño núcleo familiar y que en los actuales momentos ha dado cabida a un gran número de familiares.

Su microempresa se encarga de producir bolones y empanadas de verde que son distribuidos a empresas, cafeterías, producto que es solicitado entre 500 y 800 unidades por día, razón por la cual se está buscando la automatización de la microempresa, para poder atender de mejor manera la demanda que tienen sus

productos, así como también el buscar ampliar su negocio a otros sectores de la ciudad.

### **1.3.1 MATERIA PRIMA**

La materia prima que se emplea en la fabricación de los productos se detalla a continuación:

#### **1.3.1.1 Plátano verde**

En la microempresa se trabaja con plátano dominico ya que éste es el recomendado para la cocina y cumple con las características de suavidad para la preparación de bolones, empanadas de verde, etc.

En la prensa escrita del Ecuador, El Comercio (2011), se describe al plátano dominico como:

*“ El plátano dominico adquirió su nombre en relación a quien se cree que lo introdujo a América, fue un fraile de la orden de Santo Domingo. El plátano dominico tiene de 22 a 30 centímetros de largo, y un peso aproximado entre 150 y 200 gramos. Su color es verde y al llegar a su óptimo de maduración se torna amarillo con manchas y rayas de color marrón, su sabor en crudo es muy amargo por eso se necesita de cocción para que se torne blando, suave y pegajoso”.*

En la Figura1 se observa el plátano verde en sus diferentes fases antes de llegar al producto final.



**Figura 1.** Plátano verde en sus diferentes fases: a) crudo, b) cocinado y c) molido  
**Fuente:** Elaboración Propia

El plátano ha sido utilizado desde tiempos muy antiguos en una gran variedad de platos. Se consume principalmente cocinado cuando aún está verde. Se cocina hervido, frito, al vapor o en otras fórmulas de procesamiento como por ejemplo: patacones, chifles, bolones; como se ilustra en la Figura 2.

El plátano tiene un alto valor nutritivo. Es una fuente importante de potasio, magnesio y fósforo.



**Figura 2.** Productos realizados a base de verde  
**Fuente:** Elaboración Propia

### 1.3.1.2 Lonja de cerdo

La lonja de cerdo o grasa chicharrón está compuesta por la piel y las capas que se encuentran bajo esta y es de color blanca. En la Figura 3 se observa la lonja de cerdo al momento de comprarla y después de realizar el corte.



**Figura 3.** Lonja de cerdo

**Fuente:** Elaboración Propia

Después de freír la lonja de cerdo se obtiene un alimento que se llama chicharrón. El chicharrón es un acompañamiento utilizado en numerosos platos típicos.

### **1.3.2 PROCESO DE PRODUCCIÓN**

La microempresa inicia la jornada de trabajo a las 04:00 am, para comenzar el proceso de producción primero se selecciona el plátano verde el cual es colocado en un recipiente con agua caliente, ya que esto permite pelarlo con mayor facilidad, luego es ubicado en otro depósito para su cocción, mientras esto sucede, se procede a seleccionar la grasa chicharrón de acuerdo a su grosor y cortarlo en las medidas adecuadas para posteriormente proceder a su cocción hasta obtener el chicharrón.

Una vez que el plátano verde está cocinado se procede a aplastarlo hasta obtener la masa con la cual se elabora los bolones y las empanadas, de igual manera una vez listo el chicharrón se procede a formar los productos relleno la masa con el chicharrón y dando forma sea de bolón o empanada, para proceder de inmediato a freír y empacar para luego ser enviados a sus consumidores.



En la Figura 4 se muestran los bolones y empanadas preparados por la microempresa.



**Figura4.** Productos elaborados por la microempresa  
**Fuente:** Elaboración Propia

## 1.4 MÁQUINAS PROCESADORAS DE CARNE

A continuación se detalla brevemente los diferentes tipos de máquinas procesadoras de carne que se encuentran en el mercado según el Departamento de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología (2006) tomado de [http://www.science.oas.org/oea\\_gtz/libros/embutidos/cap14.htm](http://www.science.oas.org/oea_gtz/libros/embutidos/cap14.htm).

### 1.4.1 CORTADORAS DE CARNE

#### 1.4.1.1 Guillotina

En la Figura 5 se ilustra una guillotina para cortar carne.



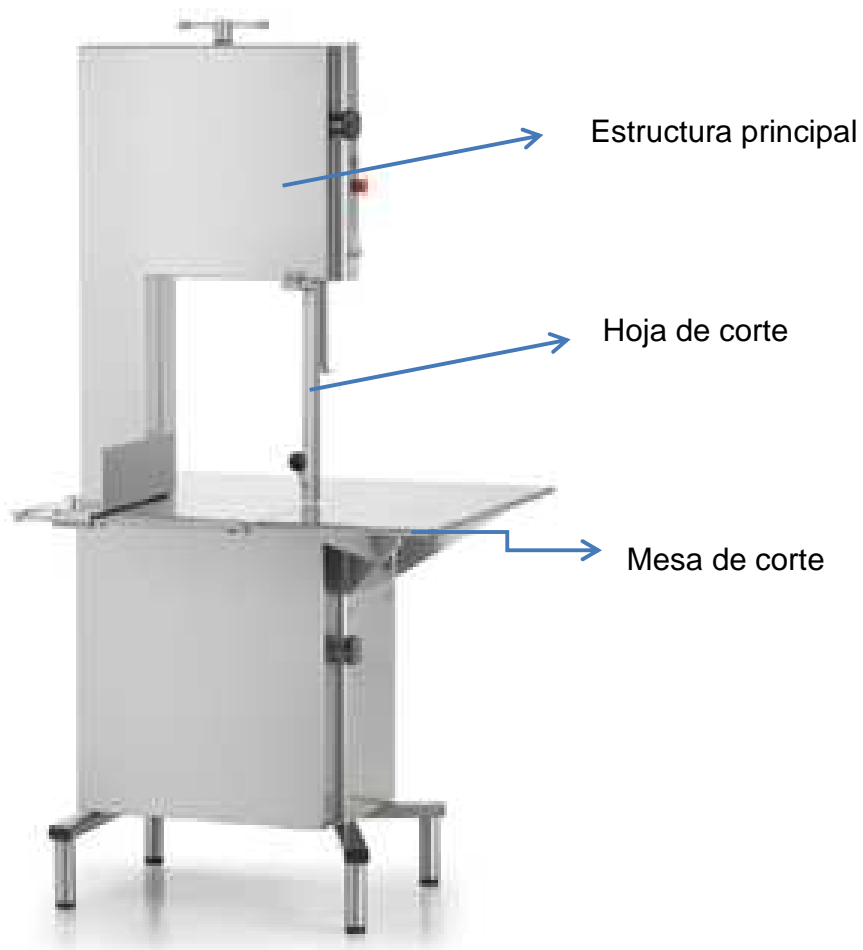
**Figura 5.** Guillotina para cortar carne

**Fuente:** Roser de México tomado de <http://1700.mx.all.biz/guillotina-g8083>

Los bloques de carne, grasa y cuero se cortan por medio de una cuchilla que, al caer con presión hidráulica sobre el bloque, lo va cortando en tiras.

#### 1.4.1.2 Sierra Sin-Fin

Emplea hojas especiales para corte de carne congelada, así como se muestra en la Figura 6.



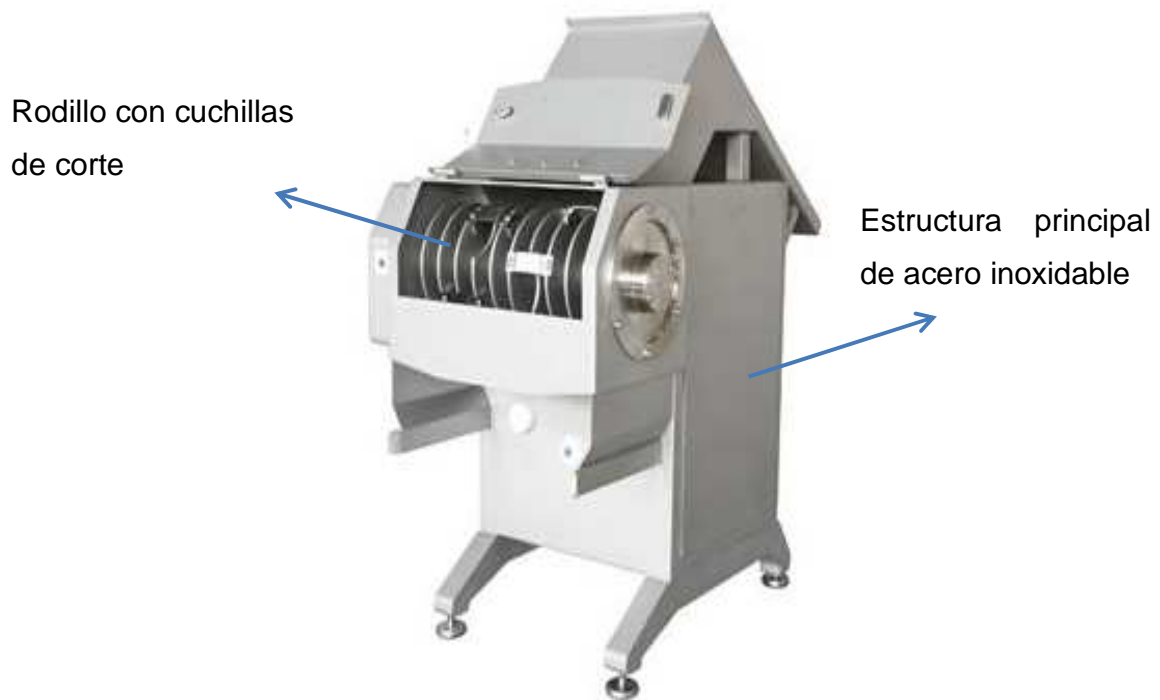
**Figura 6.** Sierra sin fin para cortar carne

**Fuente:** MEDOC S.A. tomado de <http://www.medocsa.com/cas/catalogo/s4-Sierra-suelo-2-poleas-MESA-FIJA/>

### 1.4.1.3 Cortadora de Bloques (Carne Congelada)

Tiene un rodillo pesado con una serie de cuchillas intercambiables; a medida que pasa el bloque de carne congelada le va sacando trozos graduables. Es más rápida que una guillotina.

En la Figura 7 se observa una cortadora de carne en bloques.



**Figura 7.** Cortadora de bloques para cortar carne

**Fuente:** Lakidis tomado de <http://www.lakidis.gr/es/fr-100.html>

## 1.4.2 PICADORAS DE CARNE

### 1.4.2.1 Para carne fresca

Los trozos de carne son transportados por un rodillo sin fin y pasan por un complejo de pre cortado, cuchillas o discos perforados; la carne sale molida, del tamaño de los agujeros que tenga la placa perforada.



**Figura 8.** Picadora para carne fresca

**Fuente:** Nueva Maquinaria tomado

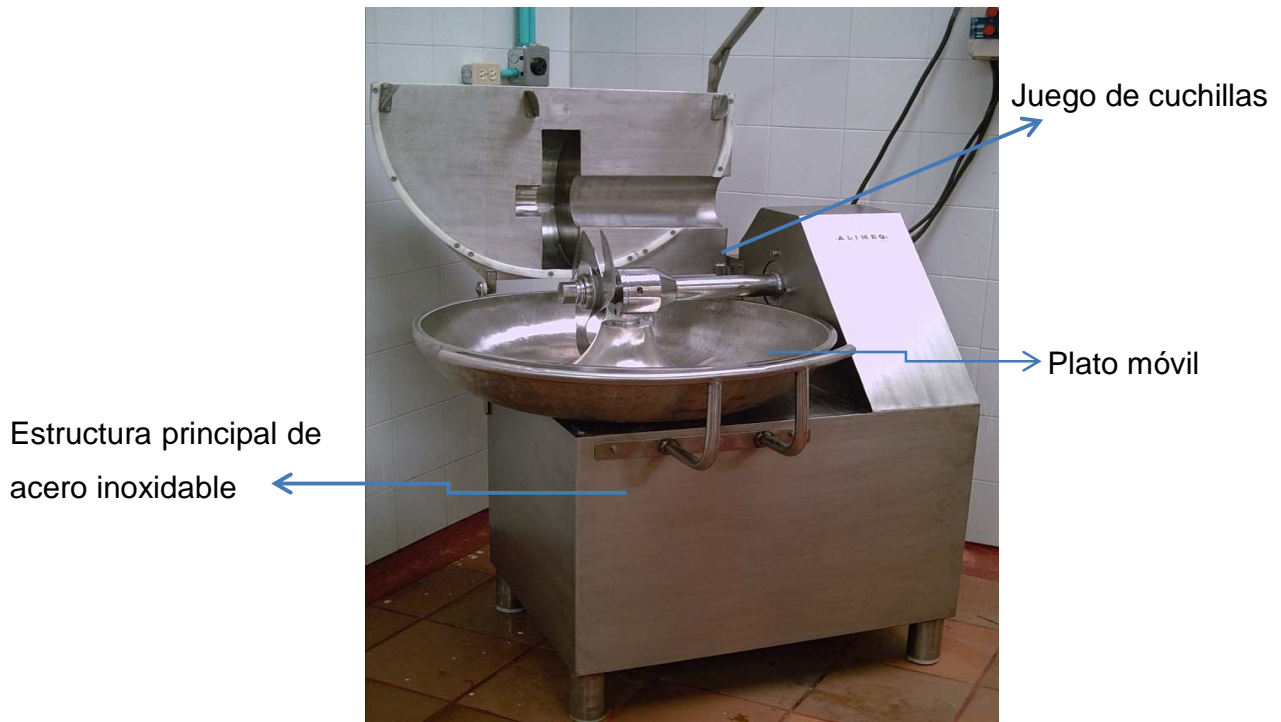
de [http://www.nuevamaquinaria.com/subseccion.php?id=35&desc=MAQUINARIA-AUXILIAR\\_PICADORAS-DE-CARNE](http://www.nuevamaquinaria.com/subseccion.php?id=35&desc=MAQUINARIA-AUXILIAR_PICADORAS-DE-CARNE)

#### 1.4.2.2 Para carne congelada

Existen picadoras muy potentes que trituran un bloque de carne congelada a través de 2 rodillos sin fin y alimentan otro sin fin que pasa a través del pre cortador, cuchillas y placas perforadas de una picadora común.

#### 1.4.3 EMULSIFICADOR DE CARNE

Contiene un plato móvil donde se ponen los trozos de carne; estos giran y pasan por un juego de cuchillas (entre 3 y 12); la carne es picada hasta formar una pasta bien fina o una emulsión cárnica (carne, grasa y agua), como se muestra en la Figura 9.



**Figura 9.** Emulsificador de carne

**Fuente:** ALIMEQ tomado de <http://alimeq.blogspot.com/2010/06/cutter.html>

## **CAPÍTULO 2**

### **REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE Y PARÁMETROS DE DISEÑO**

Las necesidades y requerimientos necesarios que debe cumplir la cortadora de lonja se obtienen mediante las dos visitas realizadas a la microempresa.

#### **2.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA**

El progreso de la microempresa ecuatoriana ha sido acelerado, lo que hace que las microempresas se sientan en la necesidad de desarrollarse y tecnificarse, a pesar de esto, existen microempresas que no cumplen con estándares de calidad generando un gran desperdicio a lo largo de la producción.

El corte de grasa chicharrón en la microempresa “Delicias de Verde” es netamente manual, en este proceso se emplea cinco personas para producir 100 kg de chicharrón en aproximadamente cuatro horas para ello, además al momento de cortar no existe una adecuada higiene y existe un desperdicio de lonja, por este motivo el presente proyecto involucra el diseño de una picadora de lonja de cerdo que optimice el proceso de corte, con el uso de este prototipo se reduce el empleo de mano de obra a una persona y se mejora el tiempo de producción obteniendo 100 kg de chicharrón en una hora aproximadamente.

## **2.2 OBJETIVOS**

### **2.2.1 OBJETIVO GENERAL**

- Diseñar una picadora de lonja de cerdo con una capacidad de 100 kg/h.

### **2.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Definir en campo los parámetros de diseño del prototipo.
- Presentar los planos de taller y montaje a la microempresa que auspicia el proyecto.

## **2.3 REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE**

El diseño de la máquina cortadora de lonja de cerdo es por petición de la microempresa “Delicias de Verde”. Los requerimientos de diseño se basan en la característica de la materia prima y en las necesidades del cliente, a continuación se detallan las mismas:

1. Capacidad de la picadora de lonja cerdo de 100kg/h.
2. Los cubos de grasa chicharrón deben medir 30x30 mm.
3. Debe ser una máquina de fácil operación, montaje y desmontaje para que el mantenimiento pueda realizarse de forma eficiente.



## **2.4 PARÁMETROS DE DISEÑO**

### **1. Lugar de trabajo**

La microempresa pone a disposición una mesa de acero inoxidable en la cual se debe colocar la picadora (longitud aproximada 1800mm).

### **2. Materiales a utilizar**

El Ministerio de Salud Pública (2002) Manual de Buenas Prácticas de Manufactura (BMP) tomado de [http://cilec.ups.edu.ec/documents/4578433/4594388/REGLAMENTO\\_DE\\_BUENAS\\_PRACTICAS\\_DE\\_MANUFACTURA\\_PARA\\_ALIMENTOS\\_+PROCESADOS-1.pdf](http://cilec.ups.edu.ec/documents/4578433/4594388/REGLAMENTO_DE_BUENAS_PRACTICAS_DE_MANUFACTURA_PARA_ALIMENTOS_+PROCESADOS-1.pdf) establece que: “Los equipos que se utilizan en manipulación de alimentos deben ser contruidos con materiales tales que sus superficies de contacto no transmitan substancias tóxicas, olores ni sabores, ni reaccionen con los ingredientes o materiales que intervengan en el proceso de fabricación”.

### **3. Energía eléctrica**

La energía eléctrica de alimentación que se tiene en la microempresa es de tipo trifásica 220V. a 60 Hz.

## **2.5 PARÁMETROS FUNCIONALES**

### **1. Aspecto técnico de corte de la lonja de cerdo**

Para obtener un buen resultado en el corte de la lonja se deben tener sus características como son sus dimensiones: ancho (30mm), largo (30mm) y espesor

[9-11mm]; son parámetros importantes y determinantes para la calidad del producto final.

Por otro lado los factores de diseño causan un cambio en la cantidad de lonja obtenida, los factores más importantes son: la velocidad de los rodillos, la apertura entre rodillos así como de los materiales con la que se fabriquen.

## 2. Resistencia que presenta la grasa chicharrón al corte.

La resistencia al corte es el parámetro fundamental para el diseño del prototipo de la máquina cortadora. Para determinar ésta fuerza de corte se realizan ensayos de corte los cuales se describen en los siguientes subcapítulos.

### a. Ensayo de fuerza de corte usando dinamómetro

En la Figura 10 se observa la cuantificación de la fuerza de corte usando un dinamómetro.



**Figura 10.** Ensayo de corte usando dinamómetro

**Fuente:** Elaboración Propia

Materiales utilizados en el ensayo:

- Lonja de cerdo.
- Cuchillo.
- Dinamómetro
- Calibrador.
- Guantes.

Descripción del ensayo:

- Tomar las dimensiones (ancho, largo y espesor) de las lonjas a cortar.
- Colocar la lonja de cerdo sobre una superficie plana.
- Sujetar el cuchillo en el dinamómetro.
- Proceder a realizar los cortes de la lonja
- Tomar las medidas de la fuerza de corte

La fuerza de corte específica se obtiene mediante la fórmula (1) Pérez & Valencia (2013):

$$F = A \cdot K_s \text{ [N]} \quad (1)$$

Donde:

F= Fuerza de corte [N]

A= Área de corte [mm<sup>2</sup>]

K<sub>s</sub>= fuerza de corte específica [N/mm<sup>2</sup>]

En la Tabla 1 se muestra la magnitud de la fuerza de corte específica para diferentes muestras de lonjas.

**Tabla 1.** Fuerza de corte específica usando dinamómetro

Espesor de grasa chicharrón sometido a corte	Longitud de corte	Área de corte		Fuerza	Fuerza de corte específica
[mm]	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	N° ensayo	[N]	[N/mm <sup>2</sup> ]
9,72	150	1458	1	876.00	0,60
			2	788.00	0,54
			3	657.00	0,45
			4	890.00	0,61
10,5	150	1575	1	986.00	0,63
			2	976.00	0,62
			3	874.00	0,55
			4	910.00	0,58
11	145	1595	1	968.00	0,61
			2	890.00	0,56
			3	902,00	0,57
			4	950.00	0,60
				Ks	0.58

**Fuente:** Elaboración Propia

b. Ensayo de fuerza de corte utilizando la Máquina Universal Tinius Olsen

En la Figura 11 se observan la máquina y los instrumentos utilizados en el ensayo.



**Figura 11.** Máquina Universal Tinius Olsen e instrumentos utilizados

**Fuente:** Elaboración Propia

En la Figura 12 se ilustra el momento que se realiza el ensayo



**Figura 12.** Ensayo de corte usando la máquina Universal TiniusOlsen

**Fuente:** Elaboración Propia

Materiales utilizados en el ensayo:

- Lonja de cerdo.
- Cuchillo.
- Máquina Universal
- Calibrador.
- Guantes.

Descripción del ensayo:

- Tomar las dimensiones (ancho, largo y espesor) de las lonjas a cortar.
- Sujetar el cuchillo en las mordazas de la máquina Tinius Olsen, en la cual se realizan ensayos de tensión, corte y compresión para medir la fuerza de los materiales.
- Ubicar la lonja en la base de la máquina
- Accionar la máquina para realizar los cortes de la lonja
- Tomar las medidas de la fuerza de corte

En la Tabla 2 se muestra la magnitud de fuerza de corte específica para diferentes muestras de lonjas.

**Tabla 2.** Fuerza de corte específica Máquina Universal

Espesor de grasa chicharrón sometido a corte	Longitud de corte	Área de corte	Fuerza		Fuerza de corte específica	
			N° ensayo	[lbf]	[N]	[N/mm <sup>2</sup> ]
9,72	57	554,04	1	92,7	412,33	0,74
			2	95,6	425,23	0,77
			3	91	404,77	0,73
			4	97	431,46	0,78
10,5	61	640,5	1	96,9	431,01	0,67
			2	93	413,66	0,65
			3	102,4	455,48	0,71
			4	102,2	454,59	0,71
11	59	649	1	96,3	428,34	0,66
			2	91	404,77	0,62
			3	92	409,22	0,63
			4	98	435,90	0,67
					Ks	0,70

**Fuente:** Elaboración Propia

La máquina universal proporciona datos más exactos de la fuerza de corte específica que presenta la lonja de cerdo y tiene un valor de 0,70 [N/mm<sup>2</sup>]. Esto se debe a la precisión y manipulación de la máquina.

**Tabla 3.** Resumen Requerimientos del cliente y Parámetros de diseño

Características	
<b>Requerimientos del Cliente</b>	Capacidad de la picadora 100kg/h Cubos deben medir 30 x30 mm Máquina de fácil operación, montaje y desmontaje.
<b>Parámetros de diseño</b>	Se dispone de una mesa de longitud aproximada 1800 mm. Energía Electrica 220V.

## **CAPÍTULO 3**

### **ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO**

#### **3.1 GENERALIDADES**

Para obtener un óptimo rendimiento en una picadora de lonja se debe tener en cuenta su capacidad, corte y consumo de potencia, es decir su desempeño como máquina para obtener la mejor capacidad de corte con los requerimientos pedidos.

La obtención de la lonja picada son los resultados de la interacción entre la materia prima que se la obtiene normalmente y las condiciones de diseño y operación de la máquina cortadora.

#### **3.2 RESTRICCIONES Y LIMITACIONES.**

El diseño de la cortadora proporciona las mejores condiciones de funcionamiento pero a pesar de esto también posee restricciones y limitaciones como:

- Se debe asegurar la disponibilidad de la materia prima y fabricación de cada elemento de la cortadora de lonjas a las condiciones actuales del país.
- La máquina a diseñar debe ser capaz de cortar todos los tipos de grasa chicharrón que llegan a la microempresa independiente del espesor [9-11mm].
- La capacidad mínima de la máquina cortadora es de 100 kg/h
- El equipo debe ser accionado por fuente eléctrica.



### 3.3 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

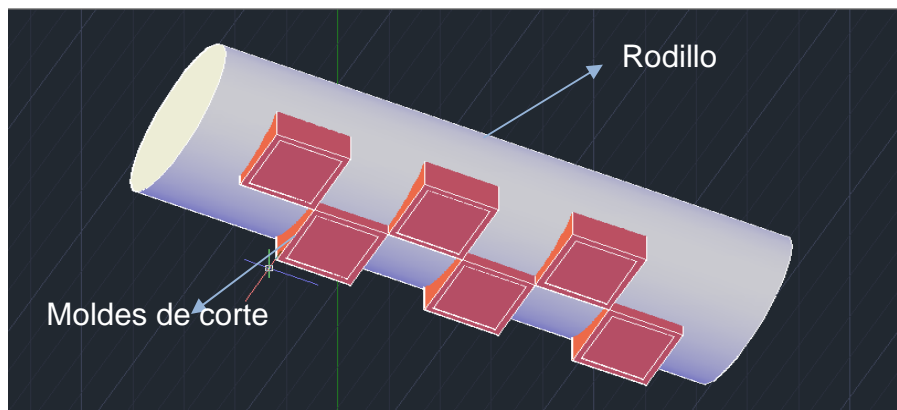
Establecidas las principales especificaciones técnicas de la cortadora de lonjas se detallan las posibles alternativas de diseño para su construcción, para de esta manera seleccionar la mejor alternativa que satisfaga los parámetros mencionados anteriormente y evaluando cada factor en cada alternativas

#### 3.3.1 ALTERNATIVA 1: PICADORA DE LONJA TIPO RODILLO MOLDEADOR.

##### 3.3.1.1 Descripción

La picadora de lonja de cerdo posee una banda transportadora en la cual se coloca manualmente la lonja y de esta manera se envía hacia el rodillo moldeador el cual corta la lonja en cubos.

En la Figura 13 se ilustra un rodillo moldeador el cual nos proporcionará el corte.



**Figura 13.** Esquema rodillo moldeador

**Fuente:** Elaboración Propia

### **3.3.1.2 Ventajas**

- Cortes limpios y uniformes ya que las cuchillas evitan desgarre en la lonja.
- Fácil mantenimiento de sus partes puesto que los elementos que la componen no son complejos.

### **3.3.1.3 Desventajas**

- El costo de la fabricación del rodillo moldeador es elevado.
- El afilado de las cuchillas del rodillo moldeador es complejo, convendría fabricar otro rodillo.

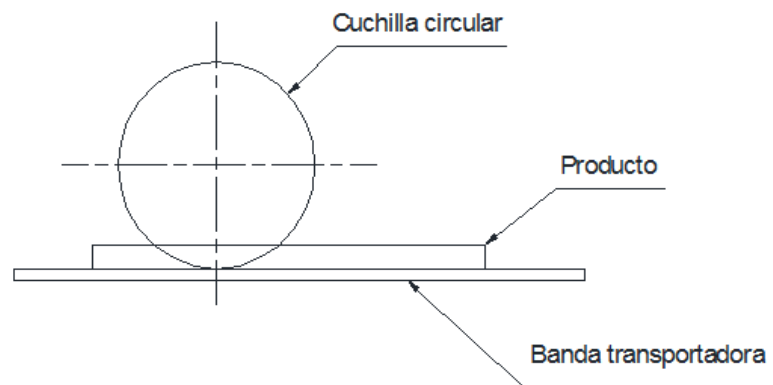
## **3.3.2 ALTERNATIVA 2: PICADORA DE LONJA TIPO CUCHILLAS CIRCULARES**

### **3.3.2.1 Descripción**

La lonja de cerdo es llevada por la banda transportadora hacia el eje porta cuchillas circulares, estas cortan la lonja en tiras y posteriormente la cuchilla de corte transversal la corta en cubos.

Las cuchillas de corte de los ejes se pueden cambiar fácilmente gracias al sistema rápido para el intercambio de las herramientas de corte.

El esquema de la picadora de lonja tipo cuchillas circulares se muestra en la Figura 14.



**Figura 14.** Esquema de una Cortadora de lonja tipo cuchillas circulares

**Fuente:** Elaboración Propia

### 3.3.2.2 Ventajas

- Alta productividad y eficiencia.
- No ocupa mucho espacio una vez construida dimensiones 1500mm x 470mm.
- No requiere experiencia para ser operado, sus mecanismos son de fácil manejo.

### 3.3.2.3 Desventajas

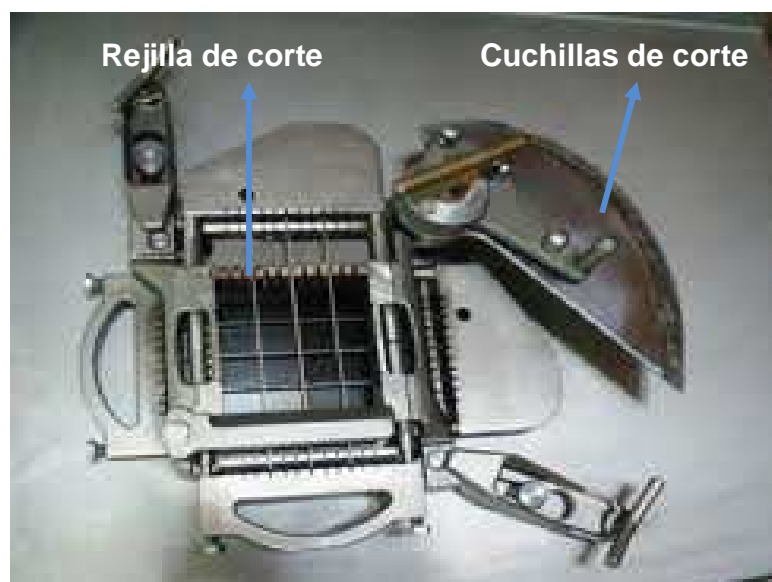
- Desgaste de sus partes.
- Se debe alinear correctamente las cuchillas.

### 3.3.3 ALTERNATIVA 3: PICADORA DE LONJA TIPO REJILLAS

#### 3.3.3.1 DESCRIPCIÓN

La lonja de cerdo se ubica en una cámara de alimentación, la cual posee un sistema que empuja la grasa chicharrón al sistema de cubicado en este caso son las rejillas con filo, éstas la cortan en tiras que después son cortadas en forma de cubos mediante una cuchilla de forma transversal.

El esquema de la cortadora de carne tipo rejillas se ilustra en la Figura 15



**Figura 15.** Esquema de una Cortadora de lonja tipo rejillas

**Fuente:** Solo Stocks tomado de <http://www.solostocks.com/venta-productos/maquinaria-procesar-alimentos-bebidas/otra-maquinaria-alimentos/multy-0201-f5-cortadora-de-dados-treiff-felix-100-6235849>

#### 3.3.3.2 Ventajas

- Cortes limpios y uniformes no se desgarran la lonja al ser cortada.

- Operación segura de la máquina, puesto que no existe manipulación de las partes que realizan el corte.
- Fácil mantenimiento de sus partes, ya que se puede desmontar las cuchillas de corte de manera sencilla.

### **3.3.3.3 Desventajas**

- La lonja de cerdo debe estar congelada, para que se pueda realizar el corte.
- Ocupa mayor espacio debido a sus dimensiones 1500mmx 1000mm.
- Su costo es alto, debido a su tamaño y elementos más complejos (empujador neumático).

## **3.4 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS**

De las alternativas propuestas anteriormente que satisfacen todas las necesidades del cliente y las especificaciones del diseño del prototipo, se procede a una evaluación de las mismas para poder seleccionar la mejor alternativa de diseño.

El proceso de selección de alternativas se lo realiza mediante el método ordinal corregido de criterios ponderados que se lo detalla en el Capítulo 3.4.2.1.

### **3.4.1 CRITERIOS DE SELECCIÓN.**

Para poder seleccionar la mejor alternativa para la construcción del prototipo se analizan los criterios más determinantes en el diseño del mismo, estos criterios se describen a continuación y se muestran en la Tabla 5.

#### **3.4.1.1 Funcionalidad.**

El prototipo debe funcionar de una manera correcta de tal forma que logre cortar toda la grasa chicharrón de las medidas específicas.

#### **3.4.1.2 Operación.**

Debido a que el prototipo de la máquina cortadora de lonjas no va a ser operado por personal especializado debe ser de fácil operación para evitar daños del mismo.

#### **3.4.1.3 Construcción del prototipo.**

Los materiales que se deben usar en equipos que están en contacto con los alimentos deben ser de un material que no transmita sustancias tóxicas, olores ni sabores, no corrosible, capaz de resistir repetidas operaciones de limpieza y desinfección esto lo manifiesta el Código de Manipulación de alimentos (1987 p.8), el acero inoxidable cumple con estas características.

Este tipo de acero es el mejor material para emplearse en equipos industriales que procesan alimentos puesto que no altera la esencia y el sabor de los alimentos, su superficie es fácil de limpiar, resistente a la corrosión y tiene propiedades higiénicas y asépticas.

#### **3.4.1.4 Montaje del prototipo.**

El montaje y desmontaje del prototipo no debe ser complicado ya que de esto depende el ensamble del mismo, y para que el momento que se realice el mantenimiento de algunas partes no exista complejidad.

#### **3.4.1.5 Mantenimiento.**

Se debe tener en cuenta un plan de mantenimiento ya sea predictivo, preventivo o correctivo, ya que de esto depende la duración de cada elemento que constituye el prototipo teniendo en cuenta que el mantenimiento debe ser lo más rápido posible para evitar el paro en la producción.

#### **3.4.1.6 Costo.**

Este criterio es fundamental ya que se debe competir con el mercado nacional e internacional, de tal manera que el prototipo debe construirse a un costo menor que los que existen en el mercado los cuales están aproximadamente a \$35000 pero garantizando que sus partes presenten un buen funcionamiento.

#### **3.4.1.7 Vida útil.**

El prototipo de la picadora debe tener una vida útil de 10 años capaz de garantizar el buen funcionamiento de cada una de las partes sin que estas sufran algún daño en el tiempo determinado por el fabricante. Con el mantenimiento preventivo y correctivo necesario, según se aclara en el manual de mantenimiento de la máquina que consta en el Capítulo 3.7.

### **3.4.2 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS**

Una vez conocidos los criterios de selección y las alternativas se procede a la evaluación de cada una para poder seleccionar la mejor alternativa y proceder con el diseño y construcción del prototipo.

Como se menciona anteriormente para determinar la alternativa más conveniente se lo realiza mediante el método ordinal corregido de criterios ponderados.

### 3.4.2.1 Evaluación de las alternativas por el método ordinal corregido de criterios ponderados

Según Riba (2002):

*“La mayor parte de veces, para decidir entre diversas soluciones (especialmente en la etapa de diseño conceptual) basta conocer el orden de preferencia de su evaluación global. Es por esto que se recomienda el método ordinal corregido de criterios ponderados que, sin la necesidad de evaluar los parámetros de cada propiedad y sin tener que estimar numéricamente el peso de cada criterio, permite obtener resultados globales suficientemente significativos.”*

Este método se basa en la elaboración de tablas donde cada criterio se compara con los restantes criterios y se asignan los valores que se detallan en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Valores utilizados en el método de criterios ponderados.

VALOR	CRITERIO
1	Si el criterio de las filas es superior ( o mejor; >) que el de las columnas
0.5	Si el criterio de las filas es equivalente (=) al de las columnas
0	Si el criterio de las filas es inferior ( o peor;<) que el de las columnas

**Fuente:** RIBA, Carles; (2002); *“Diseño Concurrente”*; Universidad Politécnica de Catalunya; pág. 60.

Luego para cada criterio (o solución), se suman los valores asignados en la relación a los restantes criterios (o soluciones) al que se le añade una unidad (para evitar que el criterio o solución menos favorable tenga una valoración nula); después



en otra columna se calculan los valores ponderados para cada criterio, que se obtienen de la división de cada criterio para la sumatoria total.

Finalmente, la evaluación total para cada solución resulta de la suma de productos de los pesos específicos de cada solución por el peso específico de cada criterio.

Para realizar la selección de alternativas en la Tabla 5 y Tabla 6 se describen los códigos y criterios respectivamente.

**Tabla 5.** Código para las alternativas de diseño

CODIGO	ALTERNATIVA
<b>A</b>	PICADORA DE LONJA TIPO RODILLO MOLDEADOR
<b>B</b>	PICADORA DE LONJA TIPO CUCHILLAS CIRCULARES
<b>C</b>	PICADORA DE LONJA TIPO REJILLA

**Fuente:** Elaboración Propia

**Tabla 6.** Criterios para la evaluación de las alternativas de diseño

CRITERIOS	
<b>1</b>	Funcionalidad
<b>2</b>	Operación
<b>3</b>	Construcción del prototipo
<b>4</b>	Montaje del prototipo
<b>5</b>	Mantenimiento
<b>6</b>	Costo
<b>7</b>	Vida útil

**Fuente:** Elaboración Propia

Primeramente se realiza la evaluación del peso específico de cada criterio, la misma que se muestra en la Tabla 7.

Funcionalidad >Vida útil >Montaje del prototipo = Construcción del prototipo > Mantenimiento > Costo = Operación.

**Tabla 7.** Tabla de ponderación método ordinal corregido

CRITERIOS	Funcionalidad	Operación	Construcción del prototipo	Montaje del prototipo	Mantenimiento	Costo	Vida útil	$\Sigma+1$	Ponderación
Funcionalidad	-	1	1	1	1	1	0.5	6.50	0.224
Operación	0	-	0.5	1	0.5	0	0	3.00	0.103
Construcción del prototipo	0	1	-	0	1	0.5	0.5	4.00	0.138
Montaje del prototipo	0	1	1	-	0	0	1	4.00	0.138
Mantenimiento	0	0.5	0	0.5	-	0.5	1	3.50	0.121
Costo	0	0	0.5	1	0	-	0.5	3.00	0.103
Vida útil	0	1	0.5	1	0.5	1	-	5.00	0.172
								29.0	1.0

**Fuente:** Elaboración Propia

Luego se procede con la evaluación del peso específico de cada criterio (funcionalidad, facilidad de operación, construcción del prototipo, montaje del prototipo, mantenimiento, costo y vida útil), los resultados se muestran en las siguientes tablas.

En la Tabla 8 se observa la evaluación de la funcionalidad frente a las tres soluciones.

**Tabla 8.** Evaluación de la funcionalidad frente a las tres soluciones

Funcionalidad	Solución A	Solución B	Solución C	$\Sigma+1$	Ponderado
Solución A	-	0,5	0	1,5	0,214
Solución B	0,5	-	1	2,5	0,357
Solución C	1	1	-	3	0,429
			Suma	7	1

**Fuente:** Elaboración Propia

La evaluación de la vida útil frente a las tres soluciones se detalla en la Tabla 9.

**Tabla 9.** Evaluación de la vida útil frente a las tres soluciones

Vida Útil	Solución A	Solución B	Solución C	$\Sigma+1$	Ponderado
Solución A	-	1	1	3	0,5
Solución B	0	-	0	1	0,167
Solución C	1	0	-	2	0,333
			Suma	6	1

**Fuente:** Elaboración Propia

En la Tabla 10 se observa la evaluación del montaje del prototipo frente a las tres soluciones

**Tabla 10.** Evaluación del montaje del prototipo frente a las tres soluciones.

Montaje del prototipo	Solución A	Solución B	Solución C	$\Sigma+1$	Ponderado
Solución A	-	1	0	2	0,333
Solución B	1	-	1	3	0,500
Solución C	0	0	-	1	0,167
			Suma	6	1

**Fuente:** Elaboración Propia

La evaluación del peso específico del criterio construcción del prototipo se presenta en la tabla 11

**Tabla 11.** Evaluación de la construcción del prototipo frente a las tres soluciones

Montaje del prototipo	Solución A	Solución B	Solución C	$\Sigma+1$	Ponderado
Solución A	-	1	0	2	0,333
Solución B	1	-	1	3	0,500
Solución C	0	0	-	1	0,167
			Suma	6	1

**Fuente:** Elaboración Propia

La evaluación del peso específico del criterio mantenimiento se establece en la Tabla 12

**Tabla 12.** Evaluación del mantenimiento frente a las tres soluciones

Mantenimiento	Solución A	Solución B	Solución C	$\Sigma+1$	Ponderado
Solución A	-	0,5	0	1,5	0,231
Solución B	1	-	1	3	0,462
Solución C	0,5	0,5	-	2	0,308
			Suma	6,5	1

**Fuente:** Elaboración Propia

La evaluación del peso específico del criterio costo se detalla en la Tabla 13.

**Tabla 13.** Evaluación del costo frente a las tres soluciones

Costo	Solución A	Solución B	Solución C	$\Sigma+1$	Ponderado
Solución A	-	0,5	1	2,5	0,385
Solución B	1	-	0	2	0,308
Solución C	0,5	0,5	-	2	0,308
			Suma	6,5	1

**Fuente:** Elaboración Propia

En la Tabla 14 se muestra la evaluación del peso específico del criterio operación

**Tabla 14.** Evaluación de le operación frente a las tres soluciones

Operación	Solución A	Solución B	Solución C	$\Sigma+1$	Ponderado
Solución A	-	0	0,5	1,5	0,25
Solución B	1	-	1	3	0,5
Solución C	0	0,5	-	1,5	0,25
			Suma	6	1

**Fuente:** Elaboración Propia

La conclusión para el diseño y construcción del prototipo mediante el método ordinal corregido de criterios ponderados se lo determina en la Tabla 15

### 3.5 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

De la Tabla 15 luego del análisis de peso específico de cada criterio se llega a la conclusión que la solución B (Picadora de lonja tipo cuchillas circulares) obtiene los mejores puntajes, ya que esta es la alternativa que más se ajusta a las necesidades del cliente y cumple con los parámetros que se desean para el diseño.

**Tabla 15.** Conclusión para el diseño y construcción del prototipo

	Funcionalidad	Vida Útil	Montaje del prototipo	Construcción del prototipo	Mantenimiento	Costo	Operación	$\Sigma$	Prioridad
Solución A	0,048	0,086	0,046	0,049	0,028	0,040	0,026	0,323	Segunda
Solución B	0,080	0,029	0,069	0,049	0,056	0,032	0,052	0,366	Primera
Solución C	0,096	0,057	0,023	0,039	0,037	0,032	0,026	0,311	Tercera

**Fuente:** Elaboración Propia

## **3.6 PROTOCOLO DE PRUEBAS**

Una vez construido el prototipo se debe realizar una serie de pruebas que permiten verificar el funcionamiento de la máquina, tomando en cuenta parámetros como:

- Dimensiones.
- Funcionamiento en vacío.
- Capacidad de corte.

### **3.6.1 FUNCIONAMIENTO EN VACIO.**

Esta prueba se realiza sin someter al prototipo a ningún tipo de carga para de esta manera poder verificar el correcto funcionamiento de los mecanismos que lo conforman el formato para el momento de la realización de la prueba se presenta en la Tabla 16.

### **3.6.2 FUNCIONAMIENTO CON CARGA.**

Esta prueba verifica el correcto funcionamiento del prototipo y de los mecanismos que la conforman, sometiendo a los mismos a condiciones extremas de trabajo con cierta cantidad de grasa chicharrón. El formato para el momento de la realización de la prueba se muestra en la Tabla 16.

### **3.6.3 CAPACIDAD DE CORTE.**

Esta prueba se realiza para verificar el correcto funcionamiento del prototipo y comprobar que cumple con la capacidad de producción para la cual fue construida, el formato se detalla en la Tabla 16

Tabla 16. Formato Protocolo de Pruebas

PROTOCOLO DE PRUEBAS			
Prototipo picadora de lonjas de cerdo			
Microempresa		Fecha	
Nombre Verificador		Número de Hoja	1/2
FUNCIONAMIENTO EN VACIO			
Tiempo (minutos)	Sistema	Aceptación	
		Si	No
10	Transmisión de potencia		
	Velocidad de corte		
	Sistema de transmisión		
20	Transmisión de potencia		
	Velocidad de corte		
	Sistema de transmisión		
30	Transmisión de potencia		
	Velocidad de corte		
	Sistema de transmisión		
FUNCIONAMIENTO CON CARGA			
Funcionamiento (# de lonjas de cerdo)	Sistema	Aceptación	
		Si	No
1	Transmisión de potencia		
	Velocidad de corte		
	Sistema de transmisión		
2	Transmisión de potencia		
	Velocidad de corte		
	Sistema de transmisión		
3	Transmisión de potencia		
	Velocidad de corte		
	Sistema de transmisión		

PROTOCOLO DE PRUEBAS			
Prototipo picadora de lonjas de cerdo			
Microempresa		Fecha	
Nombre Verificador		Número de Hoja	2/2
CAPACIDAD DE CORTE			
Funcionamiento (# de lonjas de cerdo)	Dimensiones	Aceptación	
		Si	No
1			
2			
3			
4			
5			

**Fuente:** Elaboración Propia

### 3.7 MANUAL DE MANTENIMIENTO

Realizar un adecuado mantenimiento en el prototipo es importante puesto que prolongamos la vida útil de la máquina y a su vez obtener un producto final de buena calidad. Las recomendaciones de mantenimiento se describen a continuación:

#### A) DIARIA

- Limpiar las cuchillas de corte y la banda transportadora después de cada jornada de trabajo utilizando guantes de cuero, agua, franela y un cepillo.

#### B) SEMANAL

- Lavar la estructura del prototipo con agua a presión y limpiar con un removedor de grasa las cuchillas de corte y la banda transportadora.



c) MENSUAL

- Comprobar el correcto ajuste de los elementos de sujeción para evitar vibraciones al momento del funcionamiento.
- Usando un graseo lubricar las chumaceras y cadenas con grasa para maquinaria alimenticia.
- Eliminar del motor depósitos de polvo, aceite y suciedad en la tapa del ventilador para mantener una buena ventilación y permitir un correcto enfriamiento del motor, con la ayuda de una brocha y una franela.

d) SEMESTRAL

- Mediante inspección visual verificar la alineación y desgaste de las cuchillas de corte.
- Mediante el uso de un calibrador verificar si existe desgaste en los ejes portacuchillas.

**NOTA:** Apague y desenchufe el prototipo antes de limpiarlo.

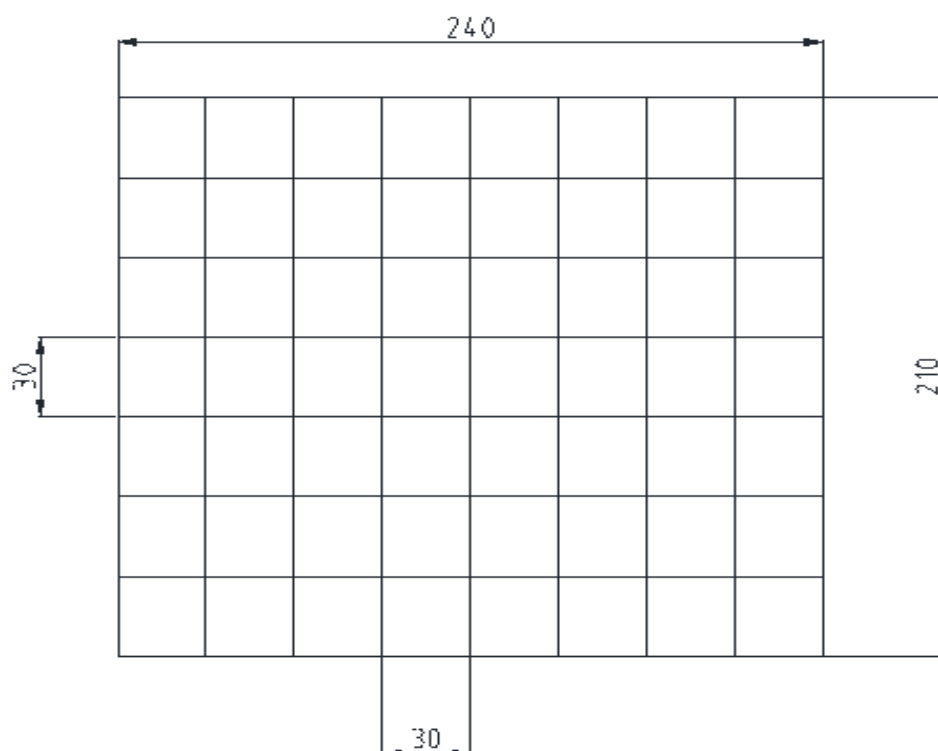
## CAPÍTULO 4

### DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA MÁQUINA.

#### 4.1 DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD LINEAL

Para determinar la velocidad lineal se tiene en cuenta que:

- La lonja de cerdo tiene las siguientes dimensiones aproximadas: 2400 x 2100 [mm], de la que se deben obtener cuadrados de 30 x 30 (mm), como se ilustra en la Figura 16.



**Figura 16.** Dimensiones de la lonja de cerdo  
**Fuente:** Elaboración Propia

- El espesor de la lonja a cortar es 11 mm. aproximadamente. Se debe tomar en cuenta que la lonja viene de diferentes espesores pero para el diseño consideramos la de mayor espesor ya que esta tiene la fuerza de corte crítica que es la que va a influir en el momento del diseño.
- El peso aproximado de un cuadrito de lonja de cerdo es 11.34 [gr]

El proceso de corte del prototipo consta de tres etapas básicamente:

- La carne con su espesor determinado es llevado por la banda transportadora hacia el eje de cuchilla circular.
- Las cuchillas circulares cortan la carne en tiras
- La cuchilla de corte transversal corta la carne en cubos.

Cabe mencionar que en cada ciclo se obtienen 56 cuadrillos de lonja de chicharrón.

Para calcular la velocidad lineal hay que cumplir con las medidas descritas anteriormente, entonces se tiene que:

$$\frac{100000[gr]}{3600 [s]} = \frac{56 x 11.34 [gr]}{X [s]}$$

Despejando x se obtiene:

$$X = 22.86 [s]$$

Por lo tanto la velocidad se puede calcular con la ecuación (2):

$$velocidad = \frac{distancia [mm]}{tiempo [s]} \quad (2)$$

Reemplazando valores se tiene:

$$velocidad = \frac{210[mm]}{22.86 [s]} = 9,19 \left[ \frac{mm}{s} \right]$$

Para el diseño se toma un valor de 10 mm/s.

## 4.2 CÁLCULO DE LA VELOCIDAD ANGULAR

Para la fabricación de la picadora se utiliza un eje de diámetro 44mm, porque este diámetro de eje se puede encontrar con facilidad en el mercado; entonces la velocidad angular se calcula con la ecuación (3):

$$w = 0.01 \frac{m}{s} \times \frac{1 rev}{2 \pi * 0.022 m} * \frac{60 s}{1 min} \quad (3)$$

$$w = 4.34 [rpm]$$

Con este resultado la velocidad mínima para poder cumplir con los parámetros establecidos es 5 RPM, pero por facilidad de mercado y para el diseño del prototipo se llegó a la conclusión que la velocidad angular con la que se va a diseñar el prototipo es de 10 RPM.

Partiendo de esta consideración, se calcula la nueva velocidad lineal con la cual se diseña el prototipo.

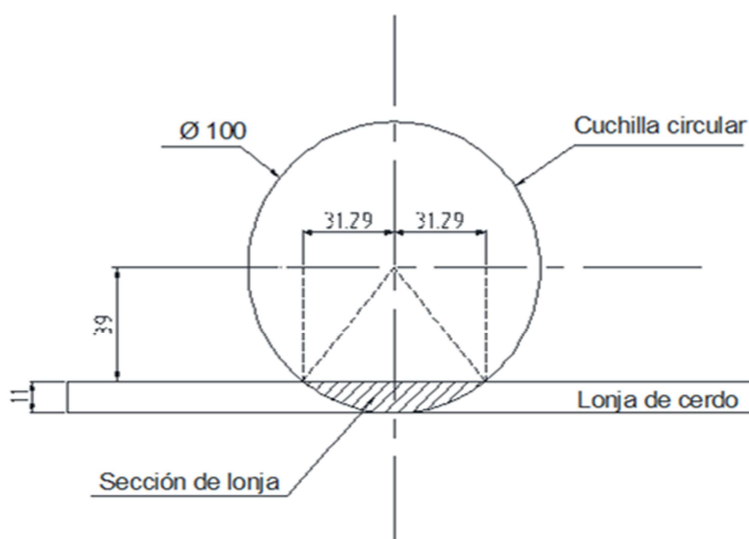
$$velocidad = 0.02 \left[ \frac{m}{s} \right]$$

## 4.3 CÁLCULO DE LA FUERZA DE CORTE

### 4.3.1 CÁLCULO DE LA FUERZA DE CORTE CUCHILLA CIRCULARES

Para realizar el corte de la lonja se determina la fuerza de corte, la misma que se la calcula con la ecuación (1)

En el mercado se puede encontrar con facilidad cuchillas con un diámetro de 100 mm y es por esto que para el cálculo de la sección de lonja se asume dicho valor y se lo realiza mediante el análisis de la Figura 17.



**Figura 17.** Determinación de la sección de carne  
**Fuente:** Elaboración propia

Según Pérez & Valencia en su Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, la sección de lonja se define por la ecuación (4)

$$A_{\alpha} = \frac{\pi x r^2 x \alpha}{360} \quad (4)$$

$$A_{\alpha} = \frac{\pi \times (50\text{mm})^2 \times 77}{360}$$

$$A_{\alpha} = 1679.87 \text{ mm}^2$$

El área del triángulo que se forma en la intersección de la cuchilla circular y la lonja de grasa se obtiene de la ecuación (5):

$$A_{\Delta} = \frac{b \times h}{2} \quad (5)$$

$$A_{\Delta} = \frac{62.58\text{mm} \times 39\text{mm}}{2}$$

$$A_{\Delta} = 1220.31 \text{ mm}^2$$

La sección de grasa chicharrón se obtiene de la diferencia entre las áreas calculadas anteriormente, según (Pérez & Valencia, 2013, p35), con la ecuación (6)

$$A_{lonja} = A_{\alpha} - A_{\Delta} \quad (6)$$

$$A_{lonja} = (1679.87 - 1220.31)\text{mm}^2$$

$$A_{lonja} = 459.56 \text{ mm}^2$$

Entonces de la ecuación 1 se calcula:

$$F = A_T \times K_S$$

Donde:

$$K_S = 0.70 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \text{ (ver tabla 2)}$$

$$F = 459.56 \text{ mm}^2 \times 0.70 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$F = 321.61 \text{ [N]}$$

La fuerza calculada anteriormente es la que se genera en una cuchilla, pero para el corte que se realiza en el prototipo se utilizan 7 cuchillas, entonces la fuerza total se calcula como:

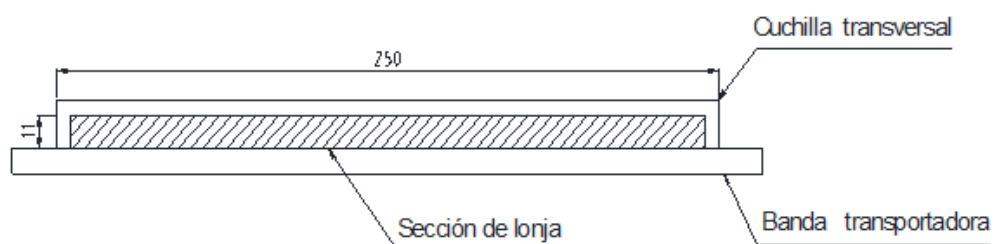
$$F = 321.61 \text{ [N]} \times 7$$

$$F = 2251.84 \text{ [N]}$$

#### 4.3.2 CÁLCULO DE LA FUERZA DE CORTE CUCHILLA TRANSVERSAL

Para el cálculo de la fuerza de corte en función de la ecuación (1), se necesita deducir el área de la lonja mediante el análisis de la Figura 18, y con ello posteriormente se calcula la fuerza.

$$F = A \times K_S$$



**Figura 18.** Determinación de la sección de carne en la cuchilla transversal

**Fuente:** Elaboración propia

La sección de grasa chicharrón se obtiene de mediante la ecuación (7)

$$A = b \times h \quad (7)$$

$$A = 240 \times 11$$

$$A = 2640 \text{ mm}^2$$

Entonces de la ecuación (1) se calcula:

$$F = 2640 \text{ mm}^2 \times 0,70 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$F = 1848 [N]$$

#### 4.4 CÁLCULO DE LA POTENCIA

La potencia se calcula según Singer (1982, p552) con la ecuación (8):

$$P = F \times v \quad (8)$$

Donde:

P = potencia [watts]; [hp]

F = fuerza total [N]

V = velocidad lineal [m/s]

$$P = (2251.84 + 1848) [N] \times 0.02 \frac{m}{s}$$



$$P = 82 \text{ watts}$$

$$P = 82 \text{ watts} \times \frac{1 \text{ hp}}{746 \text{ watts}}$$

$$P = 0.11 \text{ hp}$$

#### 4.5 CORRECCIÓN DE LA POTENCIA

El momento del diseño del prototipo se debe tomar en cuenta que existe una pérdida en la potencia calculada anteriormente, es por ello que se realiza la corrección de la misma tomando un factor de corrección de 1,2 por ser un motor eléctrico que va a trabajar menos de 6 horas al día; para un desempeño óptimo de corte, y contrarrestar la pérdida de potencia calculada.

La potencia corregida viene expresada por la ecuación (9):

$$Pot_{correg} = Pot_{calc} \times 1,2 \quad (9)$$

$$Pot_{correg} = 0.11 \text{ hp} \times 1,2$$

$$Pot_{correg} = 0.132 \text{ hp}$$

$$Pot_{correg} = 0.098 \text{ [Kw]}$$

Para el diseño del prototipo y con el fin de obtener una velocidad de salida de 10[rpm], se emplea un motoreductor de las características que se detallan en la Tabla 17

**Tabla 17.** Características del motoreductor

Marca	SITI		
Modelo	P80 + MOT 63/3		
	símbolo	Valor	Unidad
Potencia nominal	$P_{nom}$	0,55	Kw
Revoluciones de entrada	N1	1400	rpm
Revoluciones de salida	N2	10	rpm

**Fuente:** Catálogo SITI

En el ANEXO I se encuentra el catálogo de selección del motoreductor.

## 4.6 SELECCIÓN DE LA BANDA TRANSPORTADORA

Para llevar la lonja hacia el rodillo de corte se usa una banda transportadora, este elemento se utiliza como un componente que entrega la lonja permitiendo ahorrar mano de obra.

### 4.6.1 PROCESO DE SELECCIÓN DE LA BANDA

Para seleccionar una banda adecuada para la picadora se utiliza el catálogo Manual de ingeniería de las Bandas Transportadoras Intralox. (ANEXO II)

#### 4.6.1.1 Requerimientos de diseño

A fin de escoger una banda adecuada se deben considerar los siguientes factores:

- Tipo de recorrido de la banda: recorrido recto.

- Dimensiones generales aproximadas: largo 1500mm y ancho 254mm.
- Características del producto a transportar: peso de una lonja 0,635 kg; textura irregular; temperatura entre 10 -18 °C.
- Tipo de sistema de accionamiento: motoreductor.

#### **4.6.1.2 Elección del material adecuado.**

El material adecuado para construir la picadora debe presentar las siguientes características:

- Buena durabilidad.
- Resistencia al corte.
- Diseño higiénico.
- Limpieza de cintas eficiente y fiable.

Con lo expuesto anteriormente la banda a utilizarse es de un material de alto impacto que cumple con las regulaciones de la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) para el procesamiento de alimentos, Serie 800 Tipo Flat top, bisagra abierta, paso de 2 pulg. (50,8mm). (Ver Anexo II).

#### **4.6.1.3 Cálculos para la selección de la banda**

##### **a) Tensión de la banda**

La resistencia a la tracción en una banda transportadora en movimiento se produce por la combinación de las cargas presente.

El cálculo se realiza según Intralox (2013,p41) con la ecuación (10):

$$BP = [(M+2W) * Fw] * L + (M * H) \quad (10)$$

Donde:

M= Carga del producto (kg/m<sup>2</sup>)

W= Peso de la banda (kg/m<sup>2</sup>)

Fw= Coeficiente de fricción entre la banda y el tambor motriz

L= longitud de la banda (m)

H= cambio de altura del transportador (m).

### **b) Tracción ajustada de la banda**

El cálculo se realiza según Intralox (2013,p41) con la ecuación 11:

$$ABP = BP * SF \quad (11)$$

Donde:

BP= Tensión de la banda (kg/m)

SF= factor de servicio Tabla 6 (Anexo II)

### **c) Resistencia permitida de la banda**

El cálculo se realiza según Intralox (2013,p41) con la ecuación (12):

$$ABS = BS * T * S \quad (12)$$

Donde:

BS= resistencia nominal de la banda (kg/m) (ver tabla 4 ANEXO II)

T= Factor de temperatura (ver tabla 7 ANEXO II)

S= Factor de resistencia (ver tabla 9 Anexo II)

#### **d) Comparación de ABP con ABS**

Si ABS excede a ABP, la banda es suficientemente fuerte para soportar la aplicación.

#### **e) Resistencia eje motriz**

La deflexión se calcula según Intralox (2013,p41) con la ecuación (13):

$$D = \frac{5}{384} * \frac{w * L_s^3}{E * I} \quad (13)$$

Donde:

w= Carga total del eje (kg)

$w = (ABP + Q) * B$

B= ancho de la banda (m)

Ls= largo del eje entre cojinetes

E= módulo de elasticidad (ver Tabla 8 ANEXO II)

I= momento de inercia (m) (ver tabla 8 ANEXO II)

### f) Par de Torsión

El cálculo del par de torsión se realiza según Intralox (2013, p41) con la ecuación (14):

$$T_o = ABP * B * (PD/2) \quad (14)$$

Donde:

PD= Diámetro de paso del engrane

### g) Potencia necesaria para accionar la banda

El cálculo se realiza según Intralox (2013, p41) con la ecuación (15):

$$Vatios = \frac{ABP * B * V}{6,12} \quad (15)$$

Donde:

ABP= Fuerza de tensión ajustada (kg/m<sup>2</sup>)

B= ancho de la banda (m)

V= velocidad de la banda (m/min)

Con los datos que se presentan en la Tabla 18 se proceden a realizar los cálculos para seleccionar la banda transportadora adecuada para el diseño.

**Tabla 18.** Datos para selección de banda transportadora

	Magnitud	Unidad
M	25,2	kg/m <sup>2</sup>
W	11,03	kg/m <sup>2</sup>
Fw	0,18	
L	1,5	M
H	0	M
SF	1	
BS	744	
T	1	
S	0,98	
W	5,1841908	Kg
Q	7,65	kg/m
B	0,254	M
Ls	254	Mm
E	19700	
I	213300	
PD	132	
V	2,5	m/min

**Fuente:** Catálogo Intralox

En la Tabla 19 se observan los datos obtenidos para seleccionar la banda.

**Tabla 19.** Datos obtenidos para seleccionar la banda transportadora

	Magnitud	Unidad
BP	12,7602	kg/m
ABP	12,7602	kg/m
ABS	729,12	kg/m
W	5,1841908	Kg
D	0,00025657	Mm
To	213,911993	
Potencia	0,00024554	Vatios

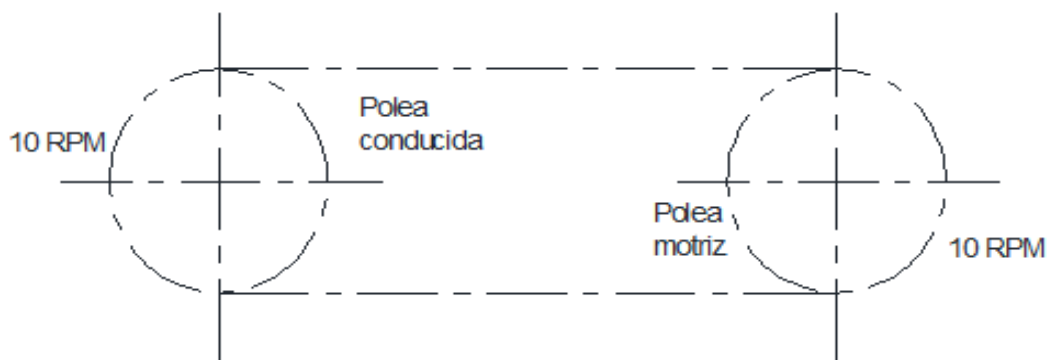
**Fuente:** Propia

## 4.7 SISTEMA DE TRANSMISIÓN

### 4.7.1 SELECCIÓN DE BANDAS Y POLEAS.

La transmisión de potencia del motoreductor hacia la banda transportadora se lo realiza con bandas y poleas con una relación de transmisión de 1:1 como se indica en la Figura 19.

Para la selección del tipo de banda y el diámetro de las poleas se trabaja con el catálogo “Engineering Data formultiple V-Belts” GOODYEAR.



**Figura 19.** Relación de transmisión de poleas

**Fuente:** Elaboración propia

### 4.7.2 FACTOR DE SERVICIO.

Conociendo las características de trabajo del prototipo, el factor de servicio según Goodyear (2013, p7) es de  $FS=1.2$ , ya que tendrá un servicio normal de menor a 6 horas por día y no arranca con cargas elevadas.



### 4.7.3 POTENCIA DE DISEÑO.

Para encontrar la potencia de diseño o corregida se debe trabajar según Goodyear (2013,p7) con la ecuación (16):

$$P_{dis} = P_{nom} * FS \quad (16)$$

Donde:

$P_{dis}$  = Potencia de diseño [w]

$P_{nom}$  = Potencia nominal [w]

F.S = Factor de servicio = 1.2

De la tabla 20 se conoce que:

$P_{nom}$  = 0.55 [kw]

Reemplazando estos valores en la ecuación (16) se tiene que la potencia de diseño es:

$$P_{dis} = 0.55(1.2) = 0.66 \text{ kw}$$

#### 4.7.3.1 Tipo de banda y diámetro de las poleas

En la tabla 28 del Manual de Bandas, trazando los valores de potencia de diseño, y la velocidad angular del eje más rápido, se observa la intersección de estas y se selecciona la banda tipo B.

Los diámetros de las poleas se seleccionan partiendo de la relación de transmisión (relación 1 a 1) y con los datos calculados anteriormente se tiene que:

$$D_R = 8.6 \text{ cm} \quad D_N = 8.6 \text{ cm}$$

Para calcular la distancia entre centros de las poleas (C), se establece un criterio bajo el cual la distancia entre centros cuando se utiliza bandas en V, no debe ser mayor que tres veces la suma de los diámetros de las poleas y no debe ser menor que el diámetro de la polea mayor.

$$C = 3(D + d) = 3(8.6 + 8.6) = 52 \text{ cm}$$

$$C < 52 \text{ cm}$$

Para un factor de corrección del arco y longitud de 1 (por facilidad), se tiene C=52 cm Por tanto se tiene una banda B51.

#### **4.7.3.2 Determinación de la longitud de la banda**

Con los diámetros calculados anteriormente la longitud de la banda se la determinasegún Goodyear (2013, p7) mediante la ecuación (17):

$$L = 2C + 1.57 (D + d) + \frac{(D - d)^2}{4C} \quad (17)$$

Donde:

C = distancia entre centros = (52cm)

D = diámetro exterior polea = (8.6cm)

d =diámetro exterior polea = (8.6cm)

Reemplazando estos valores se tiene que la longitud es igual a:

$$L = (2 \times 52) + 1.57 (8.6 + 8.6)$$

$$L = 131 \text{ cm}$$

#### 4.7.4 SELECCIÓN DE CADENAS Y CATARINAS.

La transmisión de potencia del motoreductor hacia los rodillos de corte se lo realiza por medio de cadenas y catarinas, puesto que una de las características de este tipo de transmisiones es que su relación de velocidad es constante debido a que no presentan deslizamientos, además posee una capacidad para impulsar varios ejes a partir de una sola fuente de potencia.

Para seleccionar las cadenas y catarina se parte de las características del motoreductor que se encuentran en la Tabla 17.

A continuación se describen recomendaciones según Mott (2006, p290) para diseñar transmisiones por cadenas:

- Cantidad mínima de dientes en una catarina debe ser 17, a menos que el impulsor funcione con una velocidad muy pequeña menor a 100 rpm.
- Relación de velocidades máxima 7.
- Distancia entre centros entre los ejes de catarinas debe ser de 30 a 50 pasos.
- En un caso normal la catarina no debe tener más de 120 dientes.
- Longitud de la cadena debe ser un múltiplo entero del paso, y se recomienda tener un número par de pasos
- La distancia entre centros debe ser ajustable para adaptarse a la longitud de la cadena, y para adaptarse a las tolerancias y al desgaste.

Los datos que se usan para efectuar los cálculos se muestran en la Tabla 20

**Tabla 20.** Datos iniciales para seleccionar las cadenas y catarinas

	<b>Abreviatura</b>	<b>Magnitud</b>	<b>Unidad</b>
Potencia nominal	Pnom	0.55	Kw
Factor de servicio	FS	1	
rpm de entrada	N1	10	
rpm de salida	N2	10	

**Fuente:** Elaboración propia

#### **4.7.4.1 Potencia de diseño.**

La potencia de diseño se calcula según Mott (2006, p293) con la ecuación (18).

$$P_{\text{diseño}} = P_{\text{nom}} * FS \quad (18)$$

Donde:

Pnom= Potencia nominal

FS= Factor de seguridad

#### **4.7.4.2 Relación deseada**

La relación deseada se la encuentra según Mott (2006, p293) con la ecuación (19).

$$i = \frac{n1}{n2} \quad (19)$$

Donde:

n1= rpm de entrada

n2= rpm de salida

#### 4.7.4.3 Paso de la cadena

El paso de la cadena se calcula según Mott(2006, p293) con la ecuación (20)

$$P_{\text{diseño}} = P_{\text{nom}} * FS \quad (20)$$

Donde:

$P_{\text{nom}}$ = Potencia nominal

$FS$ = Factor de seguridad

#### 4.7.4.4 Diente rueda grande.

El cálculo del número de dientes de la rueda grande se calcula según Mott (2006, p293), con la ecuación (21).

$$n_2 = n_1 * i \quad (21)$$

Donde:

$n_1$ = número de dientes catarina motriz

$n_2$ = número de dientes catarina conducida

$i$ = relación transmisión

#### 4.7.4.5 Velocidad de salida esperada.

La velocidad de salida esperada se calcula según Mott(2006, p293), con la ecuación 22:

$$n_2 = n_1 \left( \frac{N_1}{N_2} \right) \quad (22)$$

Donde:

$n_1$ = número de dientes catarina motriz

$n_2$ = número de dientes catarina conducida

$N_1$ = velocidad de entrada (rpm)

$N_2$ =velocidad de salida (rpm)

#### **4.7.4.6 Diámetros de paso de las catarinas.**

El diámetro de paso se calcula según Mott (2013,p293) con la ecuación 23

$$D = \frac{p}{\text{sen}\left(\frac{180^\circ}{N}\right)} \text{ (pulg.)} \quad (23)$$

Donde:

$p$ = paso (pulg)

#### **4.7.4.7 Distancia entre centros nominal**

Esta distancia se encuentra entre 30 y 50 pasos

#### **4.7.4.8 Longitud necesaria**

La longitud se calcula según Mott (2013,p293) con la ecuación (24):

$$L = 2C + \frac{N_2 + N_1}{2} + \frac{(N_2 - N_1)^2}{4\pi^2 C} \text{ (pasos)} \quad (24)$$

Donde:

C= distancia de centros nominal

N1= velocidad de entrada (rpm)

N2=velocidad de salida (rpm)

#### **4.7.4.9 Distancia entre centros**

Según Mott (2013,p293), la distancia entre centros se calcula con la ecuación (25):

$$C = \frac{1}{4} \left[ L - \frac{N2+N1}{2} + \sqrt{\left[ L - \frac{N2+N1}{2} \right]^2 - \frac{8(N2-N1)^2}{4\pi^2}} \right] [\text{pasos}] \quad (25)$$

Donde:

L= longitud (pasos)

N1= velocidad de entrada (rpm)

N2=velocidad de salida (rpm)

Los datos para seleccionar la cadena se muestran en la Tabla 21

**Tabla 21.** Datos obtenidos para seleccionar las cadenas y catarinas

Parámetro	Magnitud (unidad)
Potencia de diseño	0.55[kw]
Relación de velocidades	1
Paso de la cadena	19.05(mm)
Numero de cadena	60
Número de dientes- catarina motriz	40
Numero de dientes- catarina conducida	40
Velocidad real de salida	10[rpm]
Diámetro de paso catarina motriz	242.82 ( mm)
Diámetro de paso catarina conducida	242.82 ( mm)
distancia nominal entre centros	30 pasos
Longitud nominal de la cadena	100 pasos
Distancia real	30 pasos
Distancia real	571.5 (mm)
Velocidad tangencial	12,51[pies/min]
fuerza tangencial	1951,59[lb]
Torque	530,81[Nm]
Fc	4386,8 [N]

**Fuente:** Elaboración Propia

## 4.8 SELECCIÓN DE CUCHILLAS DE CORTE

Después de realizar la evaluación de alternativas en la sección 3.5 se decidió que el mejor método de corte es el uso cuchillas circulares puesto que estas presentan las siguientes características:

- Se pueden cortar varios espesores de una sola pasada.
- Se pueden conseguir fácilmente en el mercado.
- Pueden ser reemplazadas cuando exista un desgaste.



Las cuchillas que se escogen para el diseño son las que se especifican en la Tabla 22 ya que estas se encuentran con facilidad en el mercado:

**Tabla 22.** Dimensiones de la cuchilla seleccionada

Material	Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Espesor (mm)
Acero inoxidable	100	44	2

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 20.** Cuchilla Circular de acero inoxidable

**Fuente:** Baucor tomado de <http://www.baucor.com/es/products/blades-by-industry/cuchillos-de-procesamiento-de-alimentos>

## 4.9 CÁLCULO DE EJES

Para el diseño de los ejes se utiliza un acero AISI 304, cuyas propiedades se indican en la Tabla 23.

**Tabla 23.** Propiedades del material de los ejes

ACERO	
$S_{ut}$	530 MPa
$S_y$	225 MPa

Como software de apoyo para el cálculo de ejes se emplea el programa MDSolids3.5

### 4.9.1 CÁLCULO DEL EJE CON CUCHILLAS CIRCULARES.

Para realizar el cálculo se usa las fuerzas que actúan sobre el eje, se muestran en la siguiente Tabla 24.

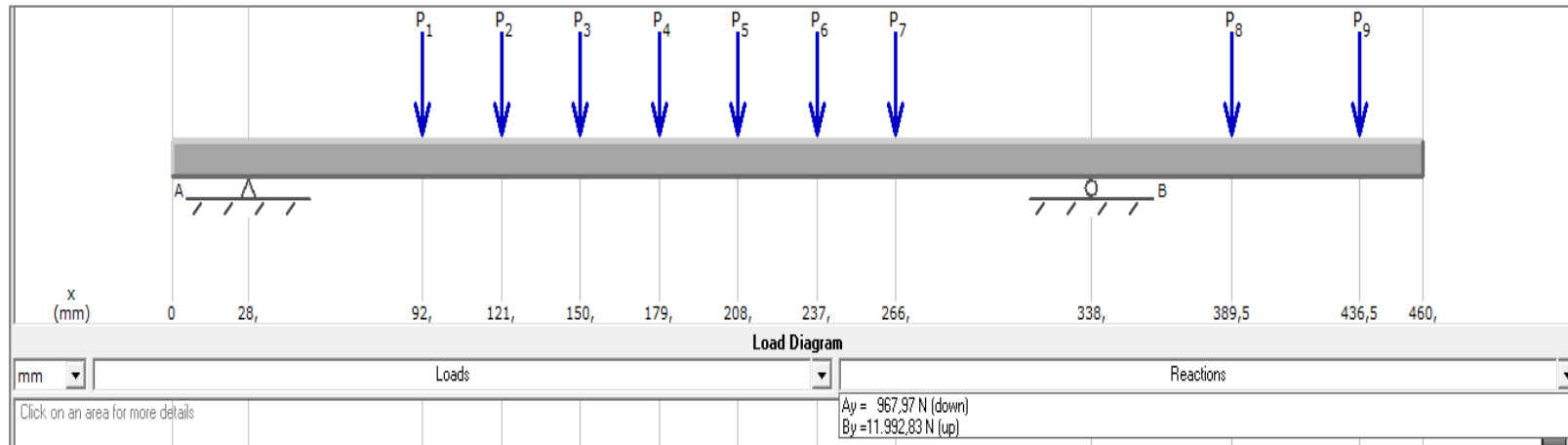
**Tabla 24.** Fuerzas que actúan sobre el eje con cuchillas circulares

Elemento que ejerce la fuerza	Fuerza
Cuchillas (7 cuchillas)	321,61 [N]
Catarina	4386,8 [N]

**Fuente:** Elaboración propia

En las Figuras 21, 22 y 23 se indican los diagramas de cargas, cortante y momento para el eje porta cuchillas circulares.

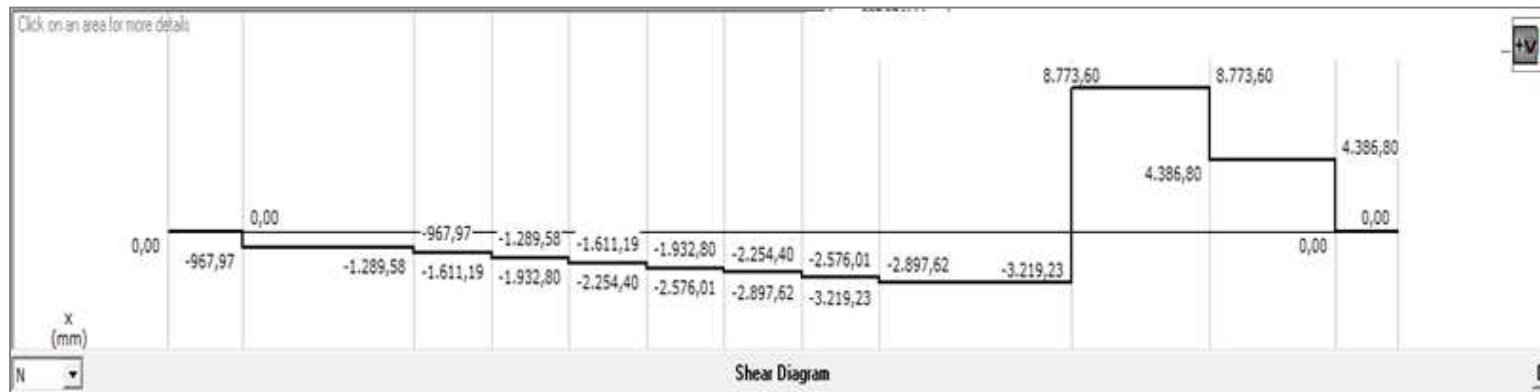
La Figura 21 muestra las cargas que se aplican en el eje porta cuchillas circulares.



**Figura 21.** Diagrama de cargas en el eje porta cuchillas circulares

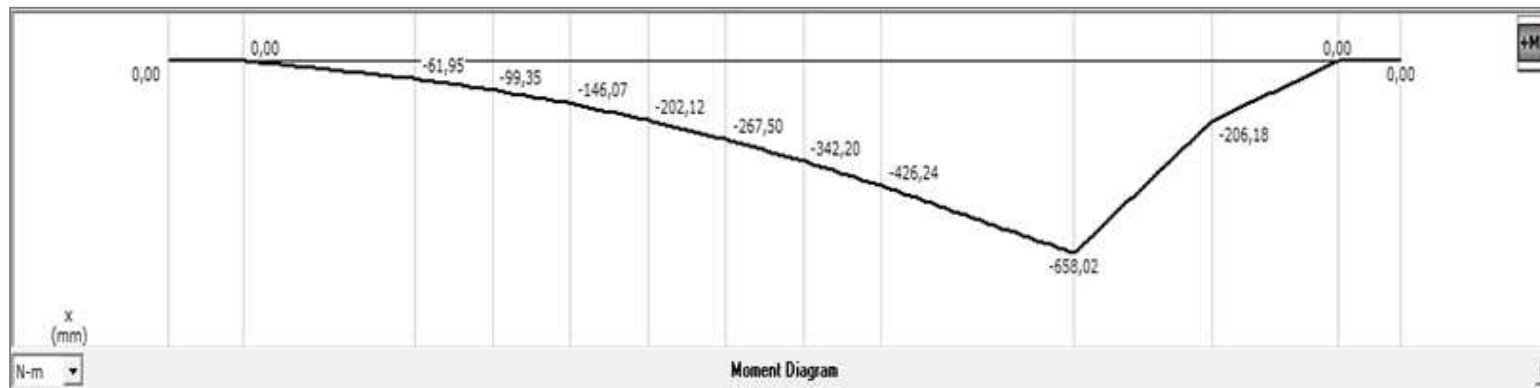
**Fuente:** Elaboración propia

En la Figura 22 y 23 se observa el diagrama de fuerza cortante y momentos del eje porta cuchillas circulares respectivamente.



**Figura 22.** Diagrama de fuerza cortante en el eje porta cuchillas circulares

**Fuente:** Elaboracion propia



**Figura 23.** Diagrama de momentos en el eje porta cuchillas circulares

**Fuente:** Elaboracion propia

#### 4.9.1.1 Cálculo a fatiga del diámetro del eje porta cuchillas circulares

Según Shigley (2002, p379) el análisis a fatiga del diámetro del eje porta cuchillas se realiza mediante la ecuación (26)

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e S_e' \quad (26)$$

$$S_e' = 0,506 S_{ut} \quad (27)$$

$$S_e' = 0,506 \times 530 \text{ MPa} = 268,18 \text{ MPa}$$

Los factores que modifican el límite de resistencia a la fatiga según Shigley (2002) son los siguientes

$$k_a = 0,89$$

$$k_b = 1$$

$$k_c = 0,85$$

$$k_d = 1$$

$$k_e = 1$$

Reemplazando estos valores en la ecuación (26) se obtiene que:

$$S_e = 202,87 \text{ MPa}$$

Se conoce los datos que se muestran a continuación, los cuales se reemplazan en la ecuación (28) y (29).

$$M_a = 658,02 \text{ [N-m]}; T_m = 525,25 \text{ [N-m]}$$

Material del eje = Acero Inoxidable 304

$$\sigma_a = \frac{32 \times M_a}{\pi \times d^3} \quad (28)$$

$$\sigma_m = \frac{16 \times \sqrt{3} \times T_m}{\pi \times d^3} \quad (29)$$

Resolviendo las ecuaciones (28) y (29) se tiene:

$$\sigma_a = \frac{6702,54}{d^3} \quad (30)$$

$$\sigma_m = \frac{4633,37}{d^3} \quad (31)$$

Se trabaja con el criterio del lugar geométrico de falla de Goodman que se expresa en la ecuación (32) y se asume un factor de seguridad  $n=1.5$  según Norton (1989, p21), con lo cual se determina el diámetro del eje.

$$\frac{n \sigma_a}{S_e} + \frac{n \sigma_m}{S_{ut}} = 1 \quad (32)$$

Reemplazando las ecuaciones (30) y (31) en la ecuación (32)

$$\frac{4,96 \times 10^{-5}}{d^3} + \frac{1,31 \times 10^{-5}}{d^3} = 1$$

Se obtiene el diámetro del eje que soporta las cuchillas circulares tiene un valor igual a: 0,03972m (40 mm)

## 4.9.2 CÁLCULO DEL EJE QUE SOPORTA LAS CUCHILLAS TRANSVERSALES

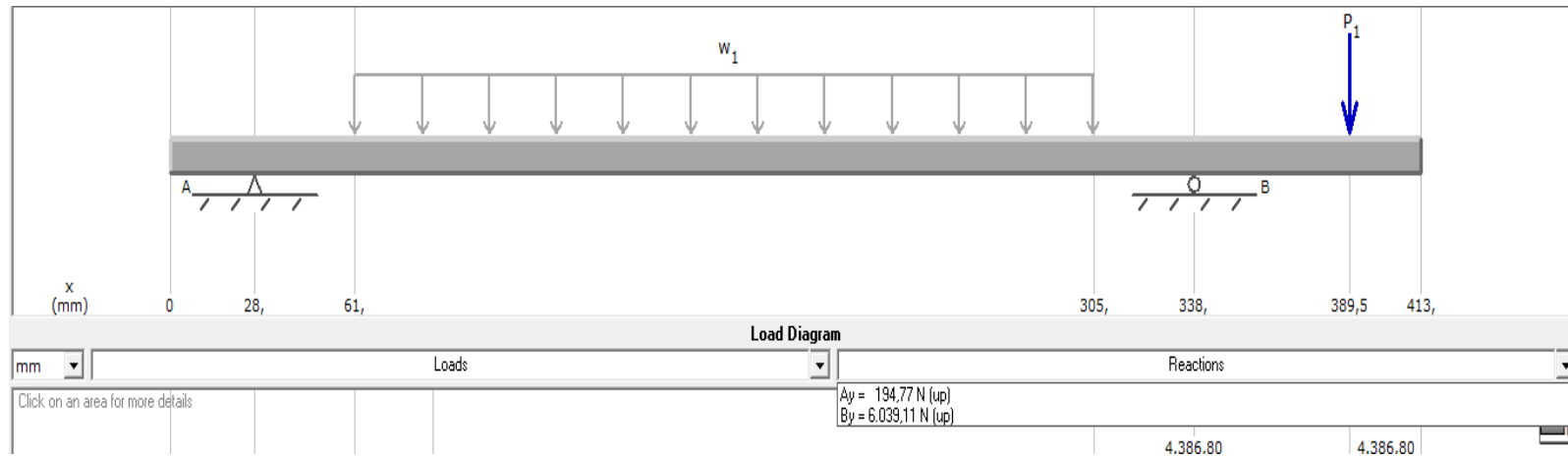
**Tabla 25.** Fuerzas que actúan sobre el eje con cuchillas circulares

Elemento que ejerce la fuerza	Fuerza
Cuchilla	1848 [N]
Catarina	4386,8 [N]

**Fuente:** Elaboración propia

En las Figuras 24, 25 y 26 se indican los diagramas de cargas, cortante y momento para el eje porta cuchillas circulares

En la Figura 24 muestra las cargas que se aplican en el eje porta cuchillas circulares.

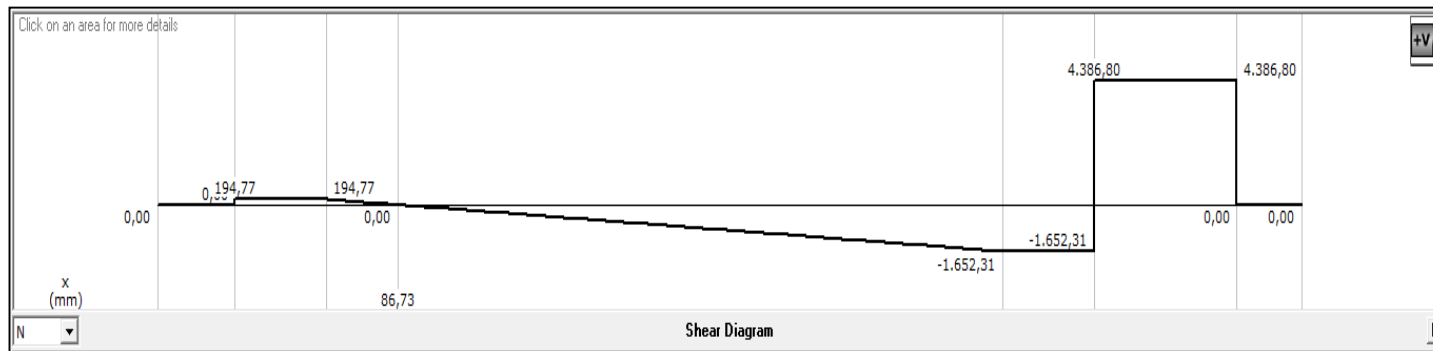


**Figura 24.** Diagrama de cargas del eje porta cuchillas transversales

**Fuente:** Elaboración propia

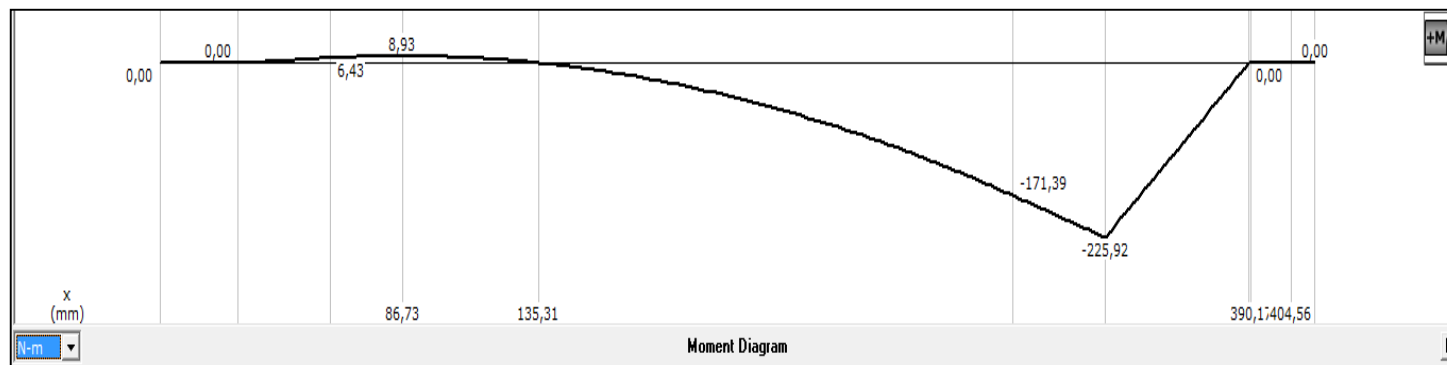
En la Figura 25 y 26 se observa el diagrama de fuerza cortante y momentos del eje porta cuchillas transversales respectivamente.





**Figura 25.** Diagrama de fuerza cortante en el eje porta cuchillas transversales

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 26.** Diagrama de momentos en el eje porta cuchillas transversales

**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.9.2.1 Cálculo a fatiga del diámetro del eje porta cuchillas transversales.

Según Shigley (2002, p379) el análisis a fatiga del diámetro del eje porta cuchillas se realiza mediante la ecuación (26)

$$S'_e = 0,506 \times 530 \text{ MPa} = 268.18 \text{ MPa}$$

Se conoce los datos que se muestran a continuación, los cuales se reemplazan en la ecuación (28) y (29).

$$M_a = 225,92 \text{ [N-m]}; T_m = 525,25 \text{ [N-m]}$$

Material del eje = Acero Inoxidable 304

Se obtiene:

$$\sigma_a = \frac{2301,2}{d^3}$$

$$\sigma_m = \frac{4633,37}{d^3}$$

Se trabaja con el criterio del lugar geométrico de falla de Goodman que se expresa en la ecuación (32) y se asume un factor de seguridad  $n=1.5$  según Norton (1998,p21), con lo cual se determina el diámetro del eje: 31mm

Del cálculo que se realiza a los ejes, se selecciona para el eje porta cuchillas circulares un eje de diámetro de 44mm y para el eje porta cuchillas transversales un eje diámetro 38mm, que son los diámetros de eje de acero inoxidable que se encuentran en el mercado, además con esto se garantiza que los ejes no fallen.

#### 4.10 CÁLCULO DE LENGÜETAS

Las lengüetas son elementos de transmisión de movimiento utilizados para fijar piezas como poleas, catarinas o engranes en los ejes.

En el ANEXO V se muestra una tabla con las dimensiones recomendadas para lengüetas estándar, de donde se obtienen las siguientes dimensiones:

Ancho =  $b = 12$

altura =  $h = 8$

Torque:

$T = 525,25 \text{ Nm}$

El material para construir las lengüetas es acero AISI 1018 que se conoce según Bohler (2014)

$S_y = 235 \text{ MPa}$

La longitud mínima para la lengüeta según Shigley (1989) es:

$$L = \frac{4 \times T \times \eta}{D_{eje} \times b \times S_y} \quad (33)$$

$$L = \frac{4 \times 525,25 \times 2}{0,035 \times 0,012 \times 235 \times 10^6}$$

$L = 0,042 \text{ m}$

## 4.11 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS

Para la selección de los rodamientos se trabaja con el catálogo según KDF. (ANEXO VI)

Para diseñar una disposición de rodamientos es necesario seleccionar un tipo de rodamiento adecuado y determinar un tamaño del mismo que sea óptimo. Pero además, se deben tener en cuenta otros aspectos, como:

- Que la forma y el diseño de los demás componentes de la disposición sean adecuados.
- Que los ajustes y el juego interno o la precarga del rodamiento sean apropiados.
- Los mecanismos de fijación.
- El tipo y la cantidad de lubricante.
- Los métodos de montaje y de desmontajes utilizados, etc.

### 4.11.1 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS PARA EL EJE PORTA CUCHILLAS CIRCULARES.

Conociendo los datos de las fuerzas sobre los apoyos se tiene que la fuerza radial viene expresada con la ecuación (34):

$$Fr = \sqrt{R_1^2} \quad (34)$$

$$Fr = 11992,83 [N]$$

$$Fr = 1222.92 \text{ kgf}$$

Para determinar el rodamiento a utilizarse, se debe encontrar la capacidad de carga dinámica que viene expresada con la ecuación (35)

$$C = \frac{fl}{fn} P \quad (35)$$

Donde:

- P: fuerza radial = 1222.92kg
- $fn$ : factor de velocidad para rodamiento de bolas = 1.494 ( 10 RPM)
- $fl$ : factor de esfuerzo dinámico = 2.2

Los valores de  $fn$  y  $fl$  se encuentran en el catálogo, reemplazando estos valores en la ecuación (35) se tiene que:

$$C = \frac{2.2}{1.494} (1222.92)$$

$$C = 1800.81 \text{ kgf}$$

Con este valor calculado y conociendo el diámetro del eje se procede a seleccionar del catálogo el rodamiento respectivo.

Rodamiento 6008

d = 40mm

D = 68 mm

B = 15 mm

#### 4.11.2 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS PARA EL EJE PORTA CUCHILLAS TRANSVERSALES.

Conociendo los datos de las fuerzas sobre los apoyos se tiene que la fuerza radial viene expresada con la ecuación (34):

$$Fr = 6039,11 [N]$$

$$Fr = 615,81 \text{ kgf}$$

Para determinar el rodamiento a utilizarse, se debe encontrar la capacidad de carga dinámica que viene expresada con la ecuación (35)

$$C = 906,82 \text{ kgf}$$

Con este valor calculado y conociendo el diámetro del eje se procede a seleccionar del catálogo el rodamiento respectivo

Rodamiento 6007

d = 35mm

D = 62 mm

B = 14 mm

Finalizado el diseño del prototipo se elaboran los Planos de Montaje y de Taller. Estos se presentan en el ANEXO VIII

## 4.12 SIMULACIÓN

Para un mejor entendimiento del diseño y funcionamiento del prototipo se presenta la simulación del mismo, en la cual se puede observar los pasos para el montaje del prototipo como su correcto funcionamiento para realizar el corte de la grasa chicharrón.

Para el diseño se utiliza como software de apoyo el programa Inventor y Autocad 2015, que consta en el cd adjunto

## **CAPÍTULO 5**

### **CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y PRUEBAS DE CAMPO**

En el presente capítulo se definen los aspectos técnicos necesarios y se detalla el procedimiento para la construcción de los sistemas que conforman parte del prototipo, así como también las herramientas y elementos necesarios.

Una vez terminada la construcción se deben realizar las pruebas de campo para verificar el correcto funcionamiento del prototipo y que satisfagan las necesidades pedidas por el cliente.

#### **5.1 CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO**

Para la construcción del prototipo de la picadora de lonjas se debe contar con un taller mecánico equipado con las máquinas y herramientas que se muestran en la Tabla 26, además de contar con personal especializado en el manejo de las máquinas para obtener los mejores resultados al finalizar la construcción.

Se conoce que el principal inconveniente es el factor económico, por esta razón se deben escoger los procesos más adecuados en el maquinado de tal manera que garanticen un acabado óptimo a un precio conveniente, con la ayuda de los planos de taller (ANEXO VIII) se realiza la construcción de los diferentes elementos que forman parte de la picadora de lonja.

El bastidor o estructura de la cortadora de lonja se lo realiza con tubos de sección cuadrada, perfiles, en los cuales van soportados los sistemas de corte, todos estos tipos de perfiles se pueden encontrar con facilidad en el mercado nacional.

Los ejes, soportes de cuchillas y demás elementos se construyen en el taller con la utilización de máquinas y herramientas.

El sistema motriz cuenta con un motor de 0.55 [kw] acoplado a un motoreductor para así poder obtener las RPM necesarias para realizar el corte.

La cinta transportadora se la ubica en el bastidor con ayuda de herramientas que se encuentran en el taller.

Todos los elementos necesarios para la construcción del prototipo se pueden encontrar con facilidad en el mercado nacional y con una gran variedad de precios, para poder elegir los más económicos y adecuados para el funcionamiento correcto del prototipo.

#### **5.1.1 REQUERIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.**

La construcción de los elementos que conforman la cortadora de carne se los realiza en un taller mecánico con la ayuda de máquinas y herramientas que se detallan en la Tabla 26.



**Tabla 26.** Máquinas, herramientas e instrumentos utilizados en la construcción

<b>Clase</b>	<b>Denominación</b>
<b>MÁQUINAS HERRAMIENTAS</b>	Soldadora eléctrica
	Torno paralelo
	Fresadora horizontal
	Esmeril
	Amoladora
	Taladro manual
	Compresor
	Cortadora de disco
<b>HERRAMIENTAS</b>	Útiles para fresadora
	Útiles para torneear
	Limas
	Fresas
	Brocas
	Martillos
	Juego de llaves hexagonal
	Destornilladores (estrella y plano)
	Alicate
	Sierra de arco
<b>INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN</b>	Calibrador pie de rey
	Flexómetro
	Escuadras
	Nivel
	Regla metálica

**Fuente:** Elaboración Propia

El en ANEXO VII se presentan las hojas de procesos que facilitan la construcción de los elementos que conforman el prototipo.

## 5.2 MONTAJE DE LA PICADORA

Cuando todas las partes que conforman la máquina se encuentren correctamente construidas se procede al montaje de sus partes y piezas.

La picadora de lonja consta de los siguientes sistemas: sistema de corte longitudinal, corte transversal, sistema de alimentación y el sistema de transmisión de potencia.

Para el montaje final se deben considerar independiente cada uno de los sistemas anteriormente descritos y regirse al siguiente instructivo

- Alinear las 7 cuchillas circulares en el eje portacuchillas con la ayuda de un nivel de burbuja con sus respectivos soportes y pernos
- Alinear las 4 cuchillas rectangulares en el portacuchillas con la ayuda de un nivel de escuadra con sus respectivos soportes y pernos
- Colocar el motorreductor en el bastidor mediante pernos.
- Montaje de los rodillos guías de la banda transportadora en las 4 chumaceras de piso.
- Colocación y ajuste de las 4 chumaceras de piso a la estructura principal del prototipo.
- Montaje del eje portacuchillas circulares en la estructura del prototipo
- Montaje del eje portacuchillas transversales en la estructura del prototipo

- Colocación de las chumaceras de pared en los ejes portacuchillas transversales y portacuchillas circulares en la estructura principal del prototipo.
- Montaje de la catarina con su respectiva lengüeta en el eje portacuchillas circulares.
- Montaje de la polea con su respectiva lengüeta en el eje portacuchillas circulares.
- Montaje de la catarina con su respectiva lengüeta en el eje portacuchillas transversales.
- Montaje de la catarina con su respectiva chaveta en el eje del motorreductor.
- Montaje de la polea con su respectiva chaveta en el eje del motorreductor.
- Colocación de la banda y cadena en el sistema motriz, verificando su correcta alineación.
- Colocación de la cadena en el sistema de corte.
- Ajustar todos los pernos a la estructura principal del prototipo.

### **5.3 PRUEBAS DE CAMPO**

Una vez finalizada la construcción y montaje del prototipo de la cortadora se realizan las Pruebas de Campo , presentado en el Protocolo de Prueba del Capítulo 3.6.

## **CAPÍTULO 6**

### **COSTEO**

#### **6.1 INTRODUCCIÓN**

En el presente capítulo se realiza un análisis sobre los costos necesarios para el diseño, construcción y montaje del prototipo de la máquina picadora de lonjas de cerdo, con la finalidad de determinar la cantidad de recursos económicos necesarios para el correcto funcionamiento del prototipo.

El costo total para la construcción del prototipo de la cortadora de lonjas de cerdo viene dado por la sumatoria de los costos directos y los costos indirectos.

Para obtener el total de los costos directos se toman en cuenta los siguientes factores:

- Costos de materia prima
- Costo de elementos normalizados
- Costo de maquinado de los elementos
- Costo de montaje

De la misma manera para obtener los costos indirectos totales se consideran los siguientes factores:

- Materiales indirectos
- Costo de ingeniería
- Gastos imprevistos

## 6.2 COSTOS DIRECTOS

### 6.2.1 COSTOS DE MATERIA PRIMA.

Los costos de la materia prima vienen expresados por los materiales necesarios para la fabricación de los elementos constitutivos del prototipo y se presentan en la Tabla 27

**Tabla 27.** Costos materia prima

MATERIAL	CANTIDAD	PESO TOTAL (KG)	VALOR UNITARIO (USD/KG)	VALOR TOTAL (USD)
Eje cilíndrico de acero inoxidable AISI 304; Ø 44.45mm (1 3/4"); L =500 mm	1	5,6	6,25	35
Eje cilíndrico de acero inoxidable AISI 304; Ø 38.15mm (1 1/2"); L =500 mm	1	4,3	6,25	26,875
Tubo cuadrado acero inoxidable; 60x2mm; L= estándar 6 metros	1		50	50
Plancha de acero inoxidable AISI 304;	1	1	680	680
Imprevistos			60	60
	SUBTOTAL			851,875

**Fuente:** IVAN BOHMAN, FERRO ACEROS

### 6.2.2 COSTOS DE ELEMENTOS NORMALIZADOS.

Los elementos normalizados son aquellos construidos bajo un tipo de norma y se los puede conseguir mediante catálogos. Estos elementos son fundamentales para la construcción del prototipo y se los puede encontrar en el mercado local.

Los costos de estos se muestran en la Tabla 28.

**Tabla 28.** Costos de elementos normalizados

<b>MATERIAL</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO (USD)</b>	<b>VALOR TOTAL (USD)</b>
Motoreductor trifásico, 10rpm, 0.55 kw, 220V	1	350	350
Banda transportadora	1	1200	1200
Cuchillas transversales acero inoxidable	4	20	80
Cuchillas circulares acero inoxidable	7	140	980
Chumacera de pared acero inoxidable	4	14,1	56,4
Chumacera de piso acero inoxidable	4	14,3	57,2
Banda AP B-51	1	3,65	3,65
Catarina simple Z-40	4	82	328
Cadena ANSI N° 60 paso ¾	2	68,5	137
Pernos (varios)		15	15
Arandelas (varios)		4	4
Tuercas (varios)		9	9
Prisioneros (varios)		6	6
	<b>SUBTOTAL</b>		<b>3226,25</b>

**Fuente:** IVAN BOHMAN, INTRALOX

### 6.2.3 COSTOS DE MAQUINADO

El costo de maquinado viene dado por la mano de obra directa empleada para la fabricación de las piezas de la cortadora de lonjas, este costo se calcula basándose en el tiempo que se utiliza cada máquina herramienta en la fabricación de los elementos. Estos costos se detallan en la Tabla 29.

**Tabla 29.** Costos de maquinado

MÁQUINA	COSTO HORA MÁQUINA INCLUIDA MANO DE HORA (USD/H)	TIEMPO MAQUINADO (h)	COSTO TOTAL (USD)
Torno	12	10	120
Fresadora	14	8	112
Soldadora eléctrica	7	7	49
Taladro	5	2	10
Esmeril	2,5	1	2,5
Amoladora	3	4	12
Cortadora de disco	5	5	25
Compresor	4	3	12
	SUBTOTAL		342,5

**Fuente:** P MEC

#### 6.2.4 COSTOS DE MONTAJE.

Son los costos relacionados con el personal ocupado en el ensamble de las partes de los diferentes sistemas del prototipo de la cortadora, aquí se incluye el costo de calibración de las cuchillas, puesta a punto y puesta en marcha de la máquina.

Este armado se realiza en el taller mecánico donde fueron maquinadas las diferentes partes ya que cuenta con un personal capacitado para realizar este tipo de ensambles. Estos costos se detallan en la Tabla 30.

**Tabla 30.** Costos de montaje

<b>PERSONAL</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>COSTO HORA (USD/h)</b>	<b>COSTO TOTAL (USD)</b>
Tecnólogo	1	15	3	45
Ayudante	1	15	2	30
SUBTOTAL				75

**Fuente:** P MEC

### 6.2.5 COSTOS DIRECTO TOTAL.

Como se explica anteriormente el costo directo total se expresa por la sumatoria de los costos calculados como se observa en la Tabla 31.

**Tabla 31.** Costos directo total

<b>COSTO</b>	<b>VALOR (USD)</b>
Materia Prima	851,88
Elementos normalizados	3266,25
Costo de maquinado	342,50
Costo de montaje	75,00
SUBTOTAL	4535,63

**Fuente:** IvanBohman, Ferro Aceros, Intralox, Pmec

## 6.3 ANÁLISIS DE COSTOS INDIRECTOS

### 6.3.1 COSTOS DE MATERIA INDIRECTOS.

Son los costos de los materiales que se utilizan para ayudar a terminar la construcción de los elementos de la cortadora, estos costos se muestran en la Tabla



**Tabla 32.** Costos de materiales indirectos

MATERIAL	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Disco de corte	4	4,5	18
Grata	1	10	10
Electrodo AGA E11-60- 1/8"	10	2,6	26
Lijas	10	0,2	2
Varios		50	50
SUBTOTAL			106

**Fuente:** IvanBohman

### 6.3.2 COSTOS DE INGENIERÍA.

Estos costos son debidos al tiempo que invierten los graduandos o personal experimentado en el diseño y construcción de máquinas, en este tiempo se desarrolla las siguientes funciones:

- Definición del problema
- Presentación de alternativas
- Selección de la alternativa más adecuada
- Diseño y selección de los componentes
- Construcción y supervisión del prototipo
- Inspección en el montaje de la máquina

El tiempo invertido en cada paso para la construcción de la máquina se detalla en la Tabla 33

**Tabla 33.** Costos de ingeniería

ACTIVIDAD	TIEMPO (h)	COSTO (USD)
Estudio de campo	15	150
Definición del problema	2	
Investigación y búsqueda de alternativas	4	700
Selección de alternativas	4	
Diseño de componentes de la máquina	40	
Realización de planos	60	600
Informe final con conclusiones	30	300
SUBTOTAL		1750

**Fuente:** Elaboración Propia

### 6.3.3 COSTOS DE IMPREVISTOS.

Los costos de imprevistos son aquellos que no se consideran al inicio del proyecto para el análisis del costo total del prototipo, estos costos se detallan en la Tabla 34

**Tabla 34.** Costos de imprevistos

RUBRO	VALOR (USD)
Transporte de materiales	30
Ploteo de planos	30
Movilización	35
Impresión de documentos	25
Varios	25
SUBTOTAL	145

**Fuente:** Elaboración Propia

### 6.3.4 COSTO INDIRECTO TOTAL.

El costo indirecto se detalla en la Tabla 35.

**Tabla 37.** Costo indirecto total

RUBRO	VALOR (USD)
Materiales indirectos	106
Costos de ingeniería	1750
Costos de imprevistos	145
<b>SUBTOTAL</b>	<b>2001</b>

**Fuente:** Elaboración Propia

## 6.4 COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA.

El costo total para la construcción del prototipo es el resultado de la sumatoria de los costos directos y los costos indirectos, como se indica en la Tabla 38

**Tabla 36.** Costo total del prototipo

RUBRO	VALOR (USD)
Costo directo	4535,63
Costo indirecto	2001
<b>TOTAL</b>	<b>6536,63</b>

De la tabla 36 se obtiene un costo total para el prototipo de \$6536.63. Este valor es accesible para la microempresa, puesto que cuenta con un capital estimado de 9000, con lo cual se cumple el principal objetivo del presente proyecto.

Cabe recalcar que es el costo para producir un prototipo, este valor puede reducir al producirlo en serie.

## **CAPÍTULO 7**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

#### **7.1 CONCLUSIONES**

- Una vez culminado el proyecto se cumple el principal objetivo de diseñar el prototipo de picadora de lonjas de cerdo con la capacidad deseada por la microempresa.
  
- Al realizar las visitas a la microempresa se definió los parámetros de diseño del prototipo.
  
- Se presenta los planos de taller y montaje del prototipo.
  
- Todas las partes del prototipo se construyen con materiales existentes en el mercado nacional, lo cual facilita su mantenimiento y reparación en caso de necesitarlo y se cumple uno de los principales parámetros de diseño como es el factor económico.

## 7.2 RECOMENDACIONES

- Se debe promover la construcción de este prototipo; con el diseño presentado en el proyecto permitiendo así mejorar la producción de la microempresa.
- Se debe cumplir las pautas que se presentan en el manual de mantenimiento para alargar la vida útil del prototipo y mantener una higiene adecuada.
- Se debe tomar las respectivas medidas de seguridad industrial al momento de la construcción y montaje del prototipo y además capacitar al personal que opera el prototipo
- El personal que opera el prototipo debe observar la normativa de higiene para el procesamiento de alimentos, BMP.

## BIBLIOGRAFÍA

1. BARTSCH, R. (1973) *Herramientas máquinas trabajo*. Barcelona: EditorialReverté.
2. BOHMAN, I. (2013) . *Catálogo de Aceros*. Quito - Ecuador
3. INEN (1989) *Código de Dibujo Técnico-Mecánico*. Ecuador
4. INTRALOX; *Manual de Ingeniería de la Bandas Transportadoras*; 2013
5. GOODYEAR; “Engineering data for multiple V-belts”
6. MAGILL J. &MEYER R. (2004) *Microempresas y Microfinanzas en Ecuador*, Resultados del estudio de línea de base de 2004, Proyecto SALTO/USAID-Ecuador.
7. MOTT, R (2006)*Diseño de Elementos de Máquinas*. México: Editorial Pearson Educación; cuarta edición.
8. NORTON, R (1998) *Diseño de máquinas* México: Editorial Prentice Hall; primera edición.
9. RIBA, C. (2002)*Diseño Concurrente*. España: Editorial Universidad Politécnica de Catalunya; primera edición.
10. Pérez G. & Valencia L. (2013) *Diseño y construcción de una máquina cortadora de planchas cartón para separadores de flores de exportación*. Tesis de Pregrado. EPN
11. SALTOS, N.(2010)*Ecuador su realidad*. Ecuador: Fundación José Peralta..

12. SINGER (1982) *Mecánica para Ingenieros*. México: editorial Harla; tercera edición.
13. SHIGLEY J.& MISCHKE C. (2002) *Diseño en ingeniería mecánica*. México: Editorial McGraw-Hill. Sexta edición.
14. VARGAS, J.(2013) *Guía de los fundamentos de Dibujo Industrial E.P.N;* Carrera de Ingeniería Mecánica; Quito-Ecuador.

|

## PÁGINAS WEB

1. Alimeq (2010) Cutter Recuperado de <http://alimeq.blogspot.com/2010/06/cutter.html>
2. Roser de México (2008) Guillotina. Recuperado de <http://1700.mx.all.biz/guillotina-g8083#!prettyPhoto>
3. El Comercio (2 de abril 2011) Tres tipos de plátano se cosechan. Recuperado de [http://www.elcomercio.com.ec/agromar/tipos-platano-cosechan\\_0\\_455354483 .html](http://www.elcomercio.com.ec/agromar/tipos-platano-cosechan_0_455354483.html).
4. Fercompany (2011) El plátano. Recuperado de <http://www.fercompanysa.com/platano.php#>
5. Lakidis Cortadora de Bloques de carne. Recuperado de <http://www.lakidis.gr/es/fr-100.html>
6. Medoc Sierra suelo 2 poleas. Recuperado de <http://www.medocsa.com/cas/catalogo/s4-Sierra-suelo-2-poleas-MESA-FIJA/>
7. Nuevamaquinaria.com Picadora de carne. Recuperado de [http://www.nuevamaquinaria.com/subseccion.php?id=35&descMAQUINARIA-AUXILIAR\\_PICADORAS-DE-CARNE](http://www.nuevamaquinaria.com/subseccion.php?id=35&descMAQUINARIA-AUXILIAR_PICADORAS-DE-CARNE)
8. Ciencia y Tecnología (2003) Maquinaria para la elaboración de embutidos  
Recuperado de [http://www.science.oas.org/oea\\_gtz/libros/embutidos/cap14.htm](http://www.science.oas.org/oea_gtz/libros/embutidos/cap14.htm)

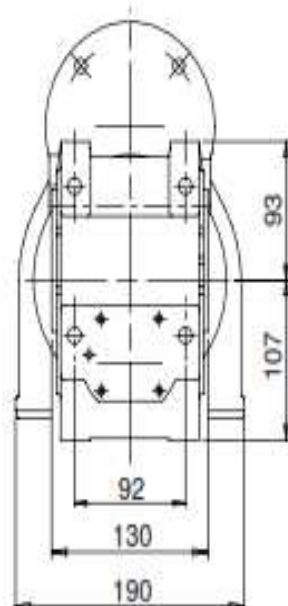


## **ANEXOS**

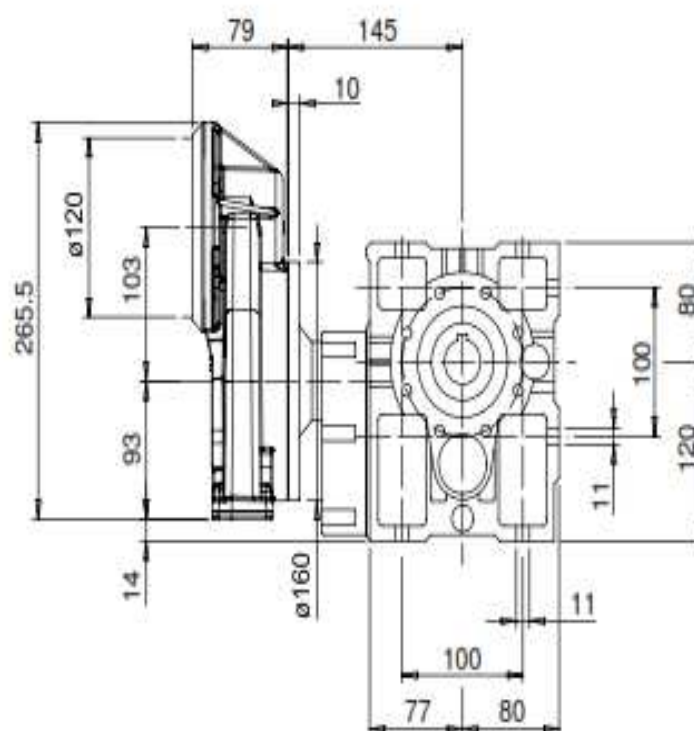
**ANEXO I**  
**CATALOGO MOTOREDUCTOR**

## P 80 + MOT 63/3

### Dimensioni



### Overall dimensions



### Prestazioni

### Performances

$kW_1$	$n_1$	$i_1$	$i_2$	$i_{TOT}$	$n_2$	$M_2$	$M_{2MAX}$	RD	sf
0.75	1400	3	16,54	<b>49,6</b>	28,2	227	<b>264</b>	0,89	1,17
0.75		3	21,3	<b>63,9</b>	21,9	292	<b>297</b>	0,89	1,02
0.55		3	23,41	<b>70,2</b>	19,9	235	<b>286</b>	0,89	1,22
0.55		3	33,08	<b>99,2</b>	14,1	332	<b>308</b>	0,89	0,93
0.55		3	42,59	<b>127,8</b>	11,0	428	<b>330</b>	0,89	0,77
0.55		3	46,82	<b>140,5</b>	10,0	470	<b>308</b>	0,89	0,65

**ANEXO II**  
**CATÁLOGO BANDA TRANSPORTADORA**





## SISTEMA INTRALOX

### REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

Las bandas transportadoras Intralox se encuentran disponibles en numerosos estilos, materiales y colores, con muchas opciones de accesorios. En la fase de diseño de una aplicación concreta, y a fin de escoger la selección adecuada, es crucial disponer de información fiable acerca de las condiciones de funcionamiento y ambientales.

Es importante considerar las siguientes facciones:

- El tipo de sistema de bandas: de recorrido recto o de flexión lateral
- Las dimensiones generales de la banda instalada: distancia entre los ejes motor y conducido, anchura y cambios de altura.
- La velocidad del desplazamiento de la banda
- Las características del producto que se va a transportar:
  1. densidad
  2. tamaño y forma de las piezas
  3. firmeza, resistencia, fragilidad, rigidez
  4. textura (lisa, rugosa, granulada, irregular, esponjosa...)
  5. corrosividad
  6. contenido de humedad
  7. temperatura
  8. grado de fricción
- Los cambios sufridos por el producto durante el transporte:
  1. calentamiento

2. enfriamiento
3. lavado, aclarado, escurrido
4. secado

• Los requisitos y condiciones higiénicas y sanitarias:

1. homologación USDA-FSIS
2. temperaturas extremas o químicos
3. limpieza en la línea de transporte

• Los métodos planeados para la carga y descarga del producto, transferencias suaves o con impacto

• Las características del entorno de funcionamiento:

1. temperatura
2. humedad
3. naturaleza química (ácido, base, etc.)
4. materiales abrasivos (arena, gravilla, etc.)
5. materiales peligrosos (polvos, gases, etc.)

• El tipo de sistema de accionamiento:

1. motores
2. cadenas

Si desea obtener más información, consulte "Sección Irs: Directrices de diseño" (página 375).

### PROCESO DE SELECCIÓN DE BANDAS

**PASO UNO:** Elegir el tipo correcto de SISTEMA DE BANDA, recorrido recto o de flexión lateral.

Todas las bandas Intralox se pueden utilizar en recorridos rectos. **Las series 2200, 2400, 2600, 2700, 2800, 3000 y 4000** están diseñadas para aplicaciones de flexión lateral.

**PASO DOS:** Elegir el MATERIAL correcto para la aplicación.

Las bandas y los accesorios de Intralox están disponibles tanto en materiales para aplicaciones estándar como para aplicaciones especiales. Si desea una descripción más completa de los materiales de bandas para aplicaciones estándar y especiales, consulte "Materiales estándar para las bandas" (página 20) y "Materiales para aplicaciones especiales" (página 20).

Para obtener más información, póngase en contacto con el departamento de Soporte Técnico o con el Servicio de Atención al Cliente de Intralox. Los números de teléfono actuales aparecen en la contraportada.

Para obtener recomendaciones concretas acerca de las propiedades químicas, consulte "Guía de resistencia química" (página 413).

**PASO TRES:** Seleccionar la mejor superficie de banda, el mejor paso y el mejor método de accionamiento.

El siguiente paso en el proceso de selección de la banda necesaria para una aplicación concreta es determinar la **SUPERFICIE** o **ESTILO DE LA BANDA** que mejor se adapte al producto o material a transportar.

El **PASO** de la banda es la siguiente característica diferenciadora. Las bandas Intralox están disponibles en: 0,50 pulg. (12,7 mm), 0,60 pulg. (15,2 mm), 1,00 pulg. (25,4 mm), 1,07 pulg. (27,2 mm), 1,25 pulg. (31,8 mm), 1,44 pulg. (36,6 mm), 1,50 pulg. (38,1 mm), 2,00 pulg. (50,8 mm), 2,07 pulg. (52,6 mm) y 2,50 pulg. (63,5 mm). Cuanto menor sea el paso de la banda, menor será la acción polidétrica, y menor será también el espacio requerido para la transferencia de productos.

Debe considerarse también el **MÉTODO DE ACCIONAMIENTO**. Intralox utiliza dos métodos de accionamiento: por bisagra y central. El método de accionamiento desempeña un papel relevante cuando la tensión posterior cobra importancia.

**Nota:** A menos que se indique lo contrario, los bordes de las bandas son completamente a ras.

# SERIE 800

Tough Flat Top		
	pulg.	mm
Paso	2,00	51,0
Ancho mínimo	2	51
Incrementos del ancho	0,66	16,8
Dimensión de abertura (aproximado)	-	-
Área abierta	0%	
Tipo de bisagra	Abierta	
Método de accionamiento	Accionamiento central	

### Notas sobre el producto

- Póngase siempre en contacto con el departamento de Servicio al Cliente si desea realizar una medida preleva de la banda y comprobar el estado de las existentes antes de diseñar un transportador u ordenar una banda.
- Superficie lisa y cerrada con bordes completamente al ras y varillas embutidas.
- Diseñada para soportar aplicaciones de impacto extremo en el sector del procesamiento de alimentos.
- Conversión sencilla de sistema a partir de la Serie 1800 sin cambios significativos en la estructura del transportador para la mayoría de las aplicaciones en la industria cárnica, puesto que las dimensiones A, B, C y E no superan las 0,25 pulg. (6 mm) de la Serie 1800.
- Diseño de articulaciones tipo leva: expone una mayor área de la varilla y de la bisagra al girar la banda alrededor del engranaje. Esta función exclusiva de Intralox permite un acceso de limpieza insuperable a esta área.
- Barra impulsora que, al igual que las de las Series 1600 y 1800, está situada en la parte inferior de las bandas Tough Flat Top Serie 800 y conduce el agua y la suciedad a la parte exterior de la banda para facilitar y acelerar la limpieza. La eficacia de la barra impulsora ha quedado comprobada tanto en pruebas de laboratorio como en pruebas de campo.
- Compatibilidad total con las reconocidas bandas Flat Top Serie 800 y Open Hinge Serie 800. Puede empalmarse directamente en ambas, utilizando los mismos engranajes y accesorios.
- El colorante gris está restringido a alimentos grasos y húmedos.
- El material blanco y gris cumplen totalmente con las normativas (FDA y EU MC)
- Hay disponibles empujadores Tough (robustos) lisos La altura estándar de estos es de 6 pulg. (152,4 mm) o se pueden cortar a alturas especiales. Hay disponible un margen lateral moldeado de 1,3 pulg. (33 mm) desde el borde.

Información adicional		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consulte "Proceso de selección de bandas" (página 5)</li> <li>• Consulte "Materiales estándar para las bandas" (página 20)</li> <li>• Consulte "Materiales para aplicaciones especiales" (página 20)</li> <li>• Consulte "Factores de fricción" (página 35)</li> </ul>		

Datos de la banda																
Material de la banda	Material de las varillas estándar Ø 0,24 pulg. (6,1 mm)	CF	Resistencia de la banda	Rango de temperatura (continuo)		P	Peso de la banda		Homologación: 1=Blanco, 2=Azul, 3=Natural, 4=Gris							
				lb/pie	kg/m		°F	°C	lb/pie <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	FDA (EE. UU.)	USDA- FSIS - carnes y aves	USDA Lácteos <sup>a</sup>	CFA <sup>b</sup>	A <sup>c</sup>	Z <sup>d</sup>
Alto Impacto	Acetal	500	744	0 a 120	-18 a 49	2,26	11,03	*			*	*	*	*	*	*

a. Lácteos: Para ser aprobados por el USDA se requiere el uso de un sistema de limpieza incorporado.

b. Agencia de Inspección Alimentaria de Canadá.

c. Servicio australiano de Inspecciones por cuarentena.

d. MAF, Ministerio de Agricultura y Silvicultura de Nueva Zelanda. La aprobación del MAF requiere el uso de un sistema de limpieza incorporado.

e. Ministerio de Calidad, Trabajo e Inmigración de Chile.

f. Ministerio de Calidad, Trabajo e Inmigración de Chile.

## SISTEMA INTRALOX

### PASO CUATRO: Seleccionar una banda de suficiente RESISTENCIA para la aplicación.

El paso siguiente, tras elegir el material y el estilo de superficie, es determinar si la banda seleccionada tiene la resistencia requerida por la aplicación.

#### Análisis de bandas de recorrido recto:

Una vez realizada una selección provisional de las series y estilos de la lista anterior, consulte "Instrucciones para la selección de bandas" (página 42), **Línea de productos**, donde encontrará instrucciones para determinar la **tracción de la banda** y la **tracción ajustada de la banda** por comparación con la **resistencia permitida de la banda**. Con objeto de realizar los cálculos necesarios para obtener la **tracción de la banda**, recopile esta información:

1. peso del producto aplicado a la banda, en libras por pie cuadrado (o kilogramos por metro cuadrado) de la banda
2. longitud del transportador propuesto, en pies (o metros)
3. cambios de altura del transportador, en pies (o metros)
4. velocidad de funcionamiento deseada, en pies por minuto (o metros por minuto)
5. porcentaje de producción acumulado y parado sobre la banda,
6. temperatura máxima de funcionamiento que va a soportar la banda, en grados Fahrenheit (o Celsius)
7. tipo de material sobre el que se va a deslizar la banda en la estructura del transportador; p. ej., acero inoxidable, acero al carbono, polietileno de peso molecular ultraleveado (UHMW), polietileno de alta densidad (HDPE), nylon, etc. y
8. el **rendimiento de servicio**, es decir, arranques frecuentes bajo cargas pesadas, transportador elevador o "de empuje", etc.

#### Análisis de bandas de flexión lateral:

Estas bandas exigen un análisis más complejo. Es necesaria la siguiente información adicional:

9. longitud de cada tramo recto,
10. ángulo de giro y dirección de cada giro y
11. radio interno de giro, medido desde el borde interior de la banda.

### PASO CINCO: Otras consideraciones importantes.

Deben considerarse los factores siguientes antes de proseguir con la selección de bandas.

#### MATERIAL DE LAS VARILLAS

Todos los estilos de banda y los materiales se ofrecen con un material de varilla estándar; sin embargo, hay otros materiales disponibles para las varillas que deberían considerarse en función de su aplicación. Póngase en contacto con el servicio de atención al cliente para obtener más información.

#### VELOCIDAD DE LA BANDA

La velocidad de la banda afecta el desgaste y consecuentemente la duración de la banda de las formas siguientes:

1. **Desgaste de articulaciones y engranajes:** la frecuencia de rotación del módulo alrededor de las varillas de articulación (a medida que la banda engrana y desengrana alrededor de los engranajes) es directamente proporcional a la velocidad. El movimiento rotatorio puede originar el desgaste de las varillas y los módulos. Sin embargo, este índice de desgaste es inversamente proporcional a la longitud de la banda, es decir, a la misma velocidad, un transportador más corto se desgastaría antes que uno más largo. Esto implica que el desgaste de los engranajes o sus

dientes es directamente proporcional a la velocidad. La rotación de los módulos o las articulaciones alrededor de los engranajes con más dientes es menor que alrededor de los engranajes con menos dientes, por lo que los primeros producen un menor desgaste que estos últimos.

2. **Desgaste de la superficie de la banda:** al deslizarse la banda sobre los recorridos de ida, de retorno, las zapatas y otros elementos fijos, se produce desgaste. Las condiciones que más afectan en este sentido son: altas velocidades, cargas pesadas, materiales abrasivos y funcionamiento seco o sin lubricación.
3. **Efectos dinámicos de velocidades altas:** dos efectos de las condiciones de alta velocidad son los "efectos de látigo" de la banda, u oscilaciones en secciones sin apoyo, y las "ondas de banda causadas por el impulso del producto", cuando productos estacionarios pesados se aceleran repentinamente hasta alcanzar la velocidad de la banda. Siempre que sea posible, deben evitarse ambas condiciones.

#### CONDICIONES ABRASIVAS Y EFECTOS DE FRICIÓN

Para alargar la vida útil de la banda deberán identificarse los elementos abrasivos, para así poder elegir la mejor combinación de materiales y tomar medidas de precaución. Los abrasivos desgastan cualquier tipo de material, pero una elección correcta aumenta significativamente la vida útil de la banda. En aplicaciones altamente abrasivas, las varillas de articulación y los engranajes son normalmente los primeros elementos afectados. El desgaste de las varillas de articulación produce normalmente un excesivo alargamiento del paso de la banda. Esto puede impedir el correcto engrane de los engranajes, aumentando el desgaste de sus dientes. Intralox ofrece engranajes bipartidos de acero inoxidable y varillas resistentes a la abrasión que alargan la vida útil de la banda.

#### ACCIÓN POLIÉDRICA Y SELECCIÓN DE ENGRANAJES

A medida que los módulos de la banda se engranan a su paso sobre los engranajes motores, se produce una pulsación en la velocidad lineal de la banda. Esto es lo que se llama acción poliédrica, es decir, la elevación y caída de un módulo al girar alrededor de los engranajes, que produce una variación en el radio de la sección de banda que gira alrededor de la línea central de un eje. Todas las bandas y cadenas accionadas por engranajes cuentan con esta característica. La variación en la velocidad es inversamente proporcional al número de dientes del engranaje. Por ejemplo, una banda accionada por un engranaje de seis dientes experimenta una variación de velocidad vibratoria del 13,4%, mientras que en una banda de engranaje de 19 dientes es de sólo el 1,36%. En aplicaciones en las que debe evitarse que el producto se vuelque o en las que una velocidad suave y uniforme es crítica, es recomendable seleccionar engranajes con el mayor número posible de dientes.





# LÍNEA DE PRODUCTOS



## INSTRUCCIONES PARA LA SELECCIÓN DE BANDAS

Para determinar si esta banda es adecuada para su aplicación, se debe conocer su carga en funcionamiento en comparación con su resistencia en dicho funcionamiento. Los siguientes pasos le ayudarán a hacer los cálculos necesarios para esta comparación:

### PAÑO 1: CALCULE LA CARGA DE TENSIÓN DE LA BANDA O LA TRACCIÓN DE LA BANDA, BP, lb/pie (kg/m)

$$BP = [(M + 2W) \times F_w + M_p] \times L \times (M + H)$$

donde:

- M = Carga de producto, lb/pie<sup>2</sup> (kg/m<sup>2</sup>)
- W = Peso de la banda, lb/pie<sup>2</sup> (kg/m<sup>2</sup>) (consultar la página DATOS DE LA BANDA)
- L = Longitud del transportador, pies (m)  $C_1$  a  $C_2$
- H = Cambio de altura del transportador, pies (m)
- $F_w$  = Coeficiente de fricción entre la guía de desgaste y la banda
- $M_p$  =  $M \times (F_p \times \% \text{ acumulación en la banda})$ , carga debida a la acumulación del producto

Obtenga  $F_w$  y  $F_p$  de la página DATOS DE LA BANDA para el estilo de banda que elija. Si no se presenta acumulación de producto sobre la banda, ignore  $M_p$ .

### PAÑO 2: AJUSTE EL BP CALCULADO A LAS CONDICIONES ESPECÍFICAS DE SERVICIO.

Ya que la banda puede experimentar diversas condiciones, el BP debe ser ajustado aplicando un **FACTOR DE SERVICIO, SF**, apropiado.

Determine el SF:

[BP] FACTOR DE SERVICIO	
Arranques sin carga, con carga aplicada gradualmente.	1,0
Arranques frecuentes bajo carga (más de una vez por hora)	AGREGAR 0,2
A velocidades mayores de 100 FPM (pies por minuto) (30 m/min)	AGREGAR 0,2
Transportadores ascendentes	AGREGAR 0,4
Transportadores por empuje	AGREGAR 0,2
	TOTAL

Nota: Para velocidades superiores a los 50 pies/min (15 m/min) en transportadores que arrancan con acumulación de producto, se recomienda usar factores de arranque suavis.

La tracción ajustada de la banda, ABP, se determina mediante la fórmula:

$$ABP = BP \times SF$$

Para transportadores bidireccionales o por empuje:

$$ABP = BP \times SF \times 2,2$$

donde:

ABP = FUERZA DE TRACCIÓN AJUSTADA, lb/pie (kg/m) de ancho de la banda

### PAÑO 3: CALCULE LA RESISTENCIA PERMITIDA DE LA BANDA, ABS lb/pie (kg/m) de ancho de la banda

La **RESISTENCIA PERMITIDA DE LA BANDA** puede, debido las condiciones específicas de funcionamiento, ser menor que la **RESISTENCIA NOMINAL DE LA BANDA** mostrada en la página **DATOS DE LA BANDA**. Por lo tanto, **ABS** debe ser calculado mediante la fórmula:

$$ABS = BS \times T \times S$$

donde:

BS = **RESISTENCIA DE LA BANDA** de la página DATOS DE LA BANDA.

T = **FACTOR DE TEMPERATURA** en página 24.

S = **FACTOR DE RESISTENCIA** de la página DATOS DE LA BANDA.

El **FACTOR DE RESISTENCIA** se encuentra en la intersección de la **RELACIÓN VELOCIDAD-LONGITUD** y la línea del engranaje apropiada. Para obtener la **RELACIÓN VELOCIDAD-LONGITUD**, divida la velocidad de la banda (pies/min) por la  $C_1$  distancia entre ejes (pies). El **FACTOR DE RESISTENCIA** ajusta el índice de la banda para compensar el desgaste causado por la combinación de alta velocidad, transportadores cortos y engranajes pequeños.

### PAÑO 4: COMPARE ABP CON ABS

Si **ABS** excede a **ABP**, la banda es suficientemente fuerte para la aplicación. Continúe con los pasos siguientes para determinar la **SEPARACIÓN ENTRE LOS ENGRANAJES MOTRICES**, la **RESISTENCIA DEL EJE** y la **POTENCIA REQUERIDA**.

Si **ABS** es inferior a **ABP** y se pueden cambiar algunos parámetros de la aplicación (por ejemplo, la distribución de la carga de producto o la velocidad de la banda), la **ABP** recalculada puede ser aceptable.

### PAÑO 5: DETERMINE LA SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE LOS ENGRANAJES DEL EJE MOTRIZ

El porcentaje de **RESISTENCIA PERMITIDA DE LA BANDA UTILIZADA, ABSU**, se determina mediante la fórmula:

$$ABSU = (ABP \div ABS) \times 100\%$$

Usando la **ABSU**, obtenga la separación máxima entre los engranajes en la gráfica de la página **DATOS DE ENGRANAJE** de la serie elegida. La separación entre los engranajes en ejes de conducción puede ser, a veces, mayor que el de los ejes motrices, pero nunca debe exceder las 6,0 pulg. (152 mm) en ninguna serie (excepto la **Serie 200**, donde la separación máxima nunca debe exceder las 7,5 pulg. [191 mm]).

Si el valor de **ABSU** calculado está por encima del 75%, póngase en contacto con el departamento de Soporte Técnico de Intralox para ejecutar el programa de Ingeniería Intralox y verificar los resultados.



## LÍNEA DE PRODUCTOS

### PAÑO 6: CONFIRME LA RESISTENCIA DEL EJE MOTRIZ

Los ejes motrices deben ser lo suficientemente rígidos para resistir la flexión o deflexión excesivas, originadas por la tracción de la banda y suficientemente fuertes para transmitir el par de torsión requerido. Por lo tanto, se deben determinar la **DEFLEXIÓN DEL EJE MOTRIZ** y el **PAR DE TORSIÓN** para asegurar la selección apropiada del eje.

Seleccione un tamaño de eje adecuado para el engranaje según, usando la página de **DATOS DE ENGRANAJES**.

**Nota:** La mayoría de los engranajes ofrecen más de una medida de agujero central.

El eje se flexiona bajo las cargas combinadas de la **TRACCIÓN AJUSTADA DE LA BANDA** y su propio **PESO**. La **CARGA TOTAL DEL EJE, W**, se obtiene de:

$$W = (ABP + Q) \times B$$

donde:

- Q = PESO DEL EJE, lb/pie (kg/m), de la tabla DATOS DEL EJE
- B = ANCHO DE LA BANDA, pies (m)

En ejes soportados por dos cojinetes, la **DEFLEXIÓN, D**, se calcula con:

$$D = \frac{6}{384} \times \frac{W \times L_e^3}{E \times I}$$

donde:

- L<sub>e</sub> = LARGO DEL EJE entre cojinetes, pulg. (mm)
- E = MÓDULO DE ELASTICIDAD en "Tabla 6 DATOS DEL EJE" (página 409).
- I = MOMENTO DE INERCIA en "Tabla 6 DATOS DEL EJE" (página 409).

**Nota:** Para ejes soportados por tres cojinetes, consulte "DEFLEXIONES CON COJINETES INTERMEDIOS" (página 400).

Si la deflexión calculada es menor que el máximo recomendado de 0,10 pulg. (2,5 mm) para transportadores estándar o 0,22 pulg. (5,6 mm) para unidades bidireccionales, calcule el **PAR DE TORSIÓN** requerido. De lo contrario, use un eje más grande, un material más fuerte o una separación más corta entre cojinetes y calcule de nuevo la deflexión.

El **PAR DE TORSIÓN, T<sub>a</sub>**, a transmitirse se determina con:

$$T_a = ABP \times B \times \frac{PD}{2}$$

donde:

- PD = DIÁMETRO DE PASO DEL ENGRANAJE según la PÁGINA DATOS DEL ENGRANAJE

Ahora compare T<sub>a</sub> con el "Tabla 9 PAR DE TORSIÓN MÁXIMO RECOMENDADO EN EL EJE MOTRIZ" (página 408), para las dimensiones de mangostas de los ejes mostrados. Usando un diámetro de mangosta que permita que ésta pueda ser torceda sobre el eje seleccionado, determine su par de torsión máximo recomendado. Este valor debe exceder T<sub>a</sub>. De lo contrario, pruebe con un material más fuerte o un eje más grande.

### PAÑO 7: DETERMINE LA POTENCIA NECESARIA PARA ACCIONAR LA BANDA

La **POTENCIA MOTRIZ, HP**, se obtiene con:

$$HP = \frac{ABP \times B \times V}{33.000}$$

donde:

- ABP = FUERZA DE TRACCIÓN AJUSTADA, lb/pie de ancho de la banda
- B = ANCHO DE LA BANDA, pies
- V = VELOCIDAD DE LA BANDA, pies/min.

La **POTENCIA en VATIOES** se calcula con:

$$\text{VATIOES} = \frac{ABP \times B \times V}{8,12}$$

1 HP = 745,7 VATIOES

donde:

- ABP = FUERZA DE TRACCIÓN AJUSTADA, lb/pie de ancho de la banda
- B = ANCHO DE LA BANDA, pies
- V = VELOCIDAD DE LA BANDA, pies/min.

Para obtener la potencia requerida por el motor debe añadir a la **POTENCIA** calculada, las pérdidas de potencia previstas en el tren motriz entre el eje motriz y el motor. Para recomendaciones, consulte "Sección tres: Directrices de diseño" (página 375).

Una vez determinada la conveniencia de esta banda, el espaciado entre los engranajes, el tamaño del eje motriz y los requerimientos de potencia, puede seleccionar los **ACCESORIOS** y diseñar el transportador.

# FÓRMULAS Y TABLAS



## TABLAS

**Tabla 1 (W) PESO DE LA BANDA EN lb/pie<sup>2</sup> (kg/m<sup>2</sup>).**

SERIE	ESTILO	MATERIALES ESTÁNDAR			MATERIALES PARA APLICACIONES ESPECIALES <sup>a</sup>
		POLIPROPILENO	POLIETILENO	ACETAL Y ACETAL EC	
Esta información se ha añadido al gráfico de la página página 25.					

**Tabla 2 (F<sub>w</sub>) COEFICIENTE DE FRICCIÓN DEL ARRANQUE ENTRE LA GUÍA DE DESGASTE Y LA BANDA**

MATERIAL DE LA GUÍA DE DESGASTE	MATERIALES ESTÁNDAR <sup>a</sup>									
	POLIPROPILENO				POLIETILENO		ACETAL		ACETAL EC	
	SUPERFICIE LISA		ABRASIVA <sup>b</sup> LISA		SUPERFICIE LISA		SUPERFICIE LISA		SUPERFICIE LISA	
	HÚMEDO	SECO	HÚMEDO	SECO	HÚMEDO	SECO	HÚMEDO	SECO	HÚMEDO	SECO
U.H.M.W.:	0,11	0,13	NR	NR	0,24	0,32 <sup>c</sup>	0,10	0,10	0,10	0,10
H.D.P.E.	0,09	0,11	NR	NR	NR	NR	0,09	0,08	0,09	0,08
Niñón impregnado con molibdeno o sílice	0,24	0,25	0,29	0,30	0,14	0,13	0,13	0,15	0,13	0,15
Aceero inoxidable o al carbono con acabado laminado en frío	0,26	0,26*	0,31	0,31*	0,14	0,15*	0,16	0,19*	0,18	0,19*

- a. Para obtener información sobre materiales de aplicaciones especiales, consulte las páginas de datos correspondientes.  
 b. Según pruebas de Intralox.  
 c. Puede producirse un aumento del desgaste a velocidades de la banda superiores a 90 pies por minuto (15 metros/mín).

**Tabla 3 (F<sub>p</sub>) COEFICIENTE DE FRICCIÓN EN FUNCIONAMIENTO ENTRE EL ENVASE Y LA BANDA<sup>a</sup>**

MATERIAL DEL ENVASE	MATERIALES ESTÁNDAR <sup>b</sup>							
	POLIPROPILENO		POLIETILENO <sup>c</sup>		ACETAL		ACETAL EC	
	HÚMEDO	SECO	HÚMEDO	SECO	HÚMEDO	SECO	HÚMEDO	SECO
Vidrio	0,18	0,19	0,08	0,09	0,13	0,14	0,13	0,14
Inoxidable	0,26	0,32	0,10	0,13	0,13	0,13	0,19	0,20
Plástico	0,11	0,17	0,08	0,08	0,13	0,16	0,13	0,16
Cartón	—	0,21	—	0,16	—	0,18	—	0,18
Aluminio	0,40	0,40	0,20	0,24	0,33	0,27	0,33	0,27

**Nota:** Las bandas que funcionan en seco en un sistema transportador con acumulación de producto pueden, según la velocidad y el peso, desgastar una superficie dura de la banda, lo que podría incrementar de forma sustancial el coeficiente de fricción.

- a. Los valores de los factores de fricción dependen en gran medida de las condiciones ambientales. Un valor bajo en el intervalo de factores de fricción es un factor de fricción derivado experimentalmente para nuevas bandas en guías de desgaste nuevas. Solo se debe utilizar este valor en los entornos más limpios o en lugares donde haya agua u otro agente lubricante. La mayoría de las aplicaciones tendrán que ajustarse basándose en las condiciones ambientales que rodean al transportador.  
 b. Para obtener información sobre materiales de aplicaciones especiales, consulte las páginas de datos correspondientes.  
 c. No se recomienda el uso de polietileno para el manejo de contenedores.

**Tabla 4 RESISTENCIA DE LA BANDA EN lb/pie (kg/m)**

SERIE	ESTILO	MATERIALES ESTÁNDAR			MATERIALES PARA APLICACIONES ESPECIALES
		POLIPROPILENO	POLIETILENO	ACETAL Y ACETAL EC	
Esta información se ha añadido al gráfico de la página página 25.					

**Tabla 5 REFERENCIA DE CANTIDAD DE ENGRANAJES Y SOPORTES**

Ancho nominal <sup>a</sup> pulg. (mm)	Número mínimo de engranajes por eje <sup>b</sup>				Número mínimo de soportes			
	SERIE 200	SERIE 1700	SERIES 100, 400, 800, 850, 1200, 1400, 1800, 1900	SERIES 900, 1100, 1500, 1800 y 2000	SERIES 100, 900, 1000, 1100, 1400, 1500, 1900, 2000		SERIES 200, 400, 800, 850, 1200, 1800, 1900, 2200 y 2400	
					del rodillo Helix	Retorno	del rodillo Helix	Retorno
2 (51)	1	ND	1	1	2	2	2	2
4 (102)	1	ND	1	1	2	2	2	2
6 (152)	2	2	2	2	2	2	2	2
7 (178)	2	2	2	2	2	2	2	2
8 (203)	2	2	2	2	2	2	2	2
10 (254)	2	3	2	3	2	2	2	2
12 (305)	3	3	3	3	2	2	2	2
14 (356)	3	3	3	5	4	3	3	3
16 (406)	3	3	3	5	4	3	3	3
18 (457)	3	4	3	5	4	3	3	3



## FÓRMULAS Y TABLAS

**Tabla 6 REFERENCIA DE CANTIDAD DE ENGRANAJES Y SOPORTES**

Ancho nominal <sup>a</sup>	Número mínimo de engranajes por eje <sup>b</sup>				Número mínimo de soportes				
	diámetro	SERIE 200	SERIE 1700	SERIE 100, 400, 800, 1200, 1600, 1800, 1900	SERIE 600, 1100, 1300, 1600 y 2000	SERIE 100, 400, 1000, 1100, 1100, 1300, 1600, 1900		SERIE 200, 400, 600, 800, 1200, 1300, 1600, 2000 y 2400	
diámetro	mm					del rodillo (máx.)	Rotario	del rodillo (máx.)	Rotario
20	(10)	3	4	5	5	3	3	4	3
24	(12)	3	5	5	7	3	3	4	3
30	(15)	5	6	5	8	3	4	5	4
32	(16)	5	7	7	8	7	4	5	4
36	(18)	5	8	7	9	7	4	5	4
42	(21)	7	9	7	11	8	5	6	5
48	(24)	7	10	9	12	8	5	7	5
54	(27)	8	11	9	13	10	6	7	6
60	(30)	8	12	11	13	11	6	8	6
72	(36)	11	15	12	16	12	7	9	7
84	(42)	12	17	15	21	13	8	11	8
90	(45)	12	20	17	25	17	8	12	8
120	(60)	17	24	21	31	21	11	15	11
144	(72)	21	28	25	37	25	12	17	12
Para otros anchos		Utilice un número impar de engranajes con una separación máxima de 7,5 pulg. (191 mm).	Utilice un número impar de engranajes con una separación máxima de 5 pulg. (127 mm).	Utilice un número impar de engranajes con una separación máxima de 6 pulg. (152 mm).	Utilice un número impar de engranajes con una separación máxima de 4 pulg. (102 mm).	Máximo de 6 pulg. (152 mm).	Máximo de 12 pulg. (305 mm) de separación.	Máximo de 6 pulg. (152 mm) de separación.	Máximo de 12 pulg. (305 mm) de separación.

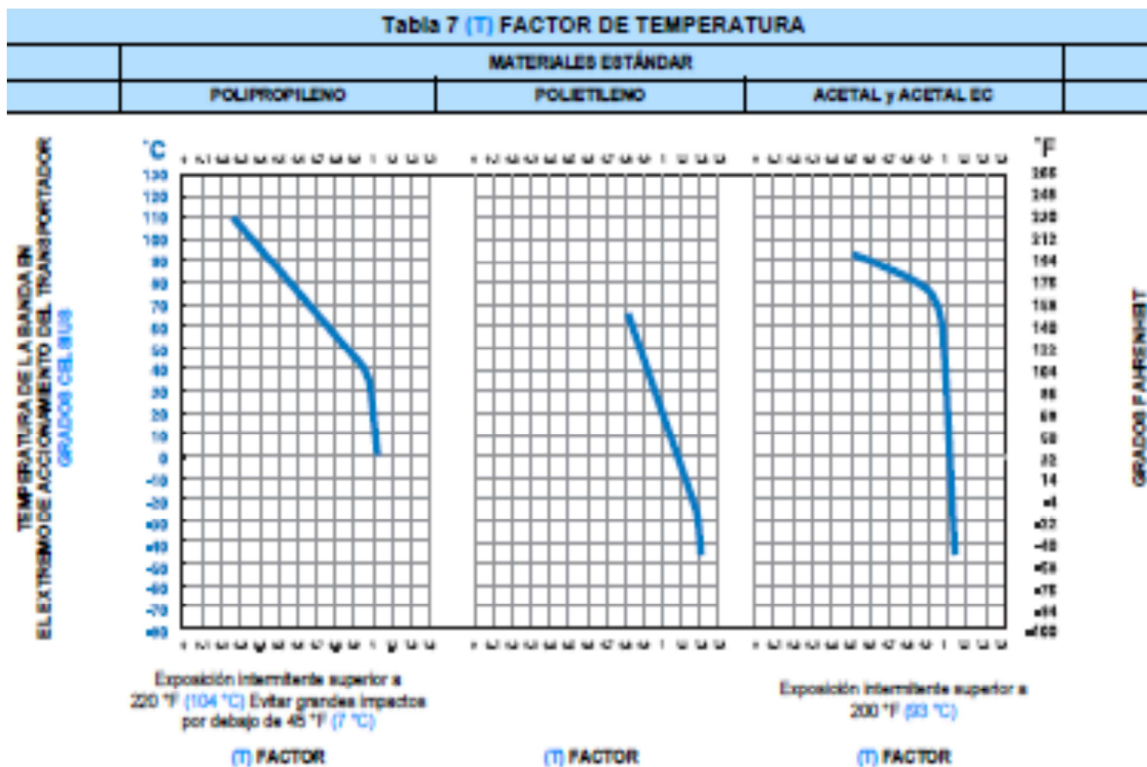
**Nota:**

- Si el ancho de la banda es diferente al ancho de los engranajes, debe tenerse cuidado con asegurar que los engranajes no interfieran con los rodillos.
- Este es el número mínimo de engranajes. Pueden ser necesarios más engranajes, consulte las Páginas de datos para aplicaciones específicas.
- Se pueden hacer variaciones adicionales en la Tabla de referencia de cantidad de engranajes y soportes de los series siguientes: Serie 100 en la página 107, Serie 1300 en la página 220, Serie 1700 en la página 240, Serie 2000 en la página 321 y Serie 2400 en la página 318.

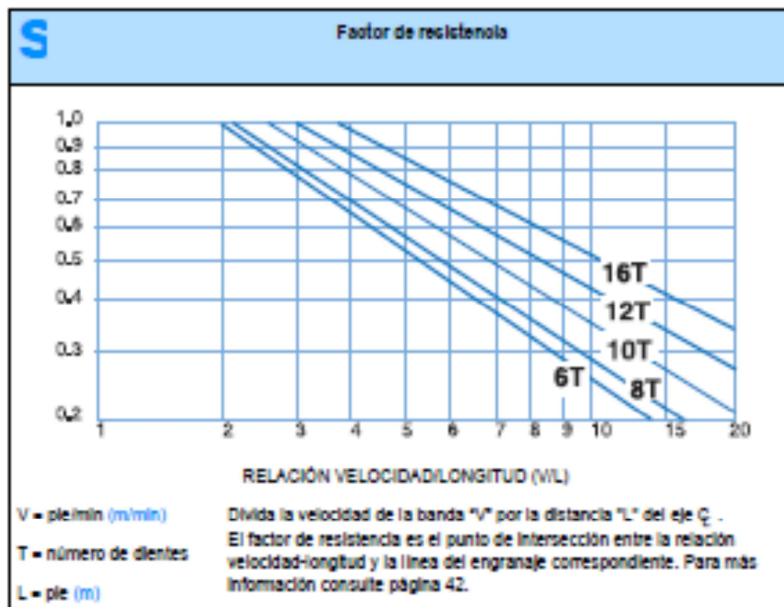
- Los anchos de banda reales serán diferentes del valor nominal. Si el ancho real es crítico, contacte con el Servicio de Atención al Cliente.
- Fijar engranaje central solamente. (Si solo hay dos engranajes en el eje, deberá fijarse únicamente el engranaje del lado derecho).

**Tabla 8 (3F) FACTOR DE SERVICIO**

Atanques sin carga, con carga aplicada gradualmente		1,0
Atanques frecuentes bajo carga (más de uno por hora)	AGREGAR 0,2	_____
A velocidades superiores a 100 RPM (giros por minuto) (30 metros/min)	AGREGAR 0,2	_____
Transportadores accionados	AGREGAR 0,4	_____
Transportadores por empuje	AGREGAR 0,2	_____
		TOTAL _____
<p><b>Nota:</b> Para velocidades superiores a los 50 pies/min (15 m/min) en transportadores que arrancan con acumulación de producto, se recomienda usar motores de arranque suave.</p>		



**Tabla 9**



**ANEXO III**  
**ESPECIFICACIÓN CATARINAS Y CADENA**

**ANEXO IV**  
**CATÁLOGO DE BANDAS CARLISLE**

**ANEXO V**  
**TABLAS DE LENGÜETAS**



Chavetas y lengüetas										
Chavetas y chavetas embutidas Unión de presión por cuña				Chaveta de disco Unión de arrastre sin apriete						
DIN 6886 (Dic. 67)				DIN 6888 (Agos. 56)						
<p>A extremos redondos B extremos rectos (chaveta engastada) (chaveta de arrastre)</p> <p>Inclinación 1:100 Inclinación 1:100</p> <p>h es el extremo grueso de la chaveta</p>										
<p>Design. d. una chaveta: forma A; ancho <math>b = 20</math> mm; altura <math>h = 12</math> mm; long. <math>l = 125</math> mm; material St 60 Chav. A 20×12×125 DIN 6886</p>				<p>Designación de una lengüeta de <math>b = 4</math>, <math>h = 5</math>: Chaveta de disco 4 × 5 DIN 6888</p>						
Para ejes de	Chaveta anch. × alt.	Profund. del chavetero del eje	Profund. del chavetero del cubo	Para ejes de	Lengüeta				Prof. chavetero eje	Profund. chave. cubo
					Ancho	Altura	Longitud	Lengüeta		
$D$	$b \times h$	$t_1$	$t_2$	$D$	$b$	$h$	$l$	$D_2$	$t$	$t_1$
10...12	4 × 4	2,5+0,1	1,2+0,1	6...8	2	2,6	6,76	7	1,8	$D + 1$
12...17	5 × 5	3 +0,1	1,7+0,1			3,7	9,66	10	2,9	
17...22	6 × 6	3,5+0,1	2,2+0,1	8...10	3	3,7	9,66	10	2,5	$D - 1,4$
22...30	8 × 7	4 +0,2	2,4+0,2			5	12,65	13	3,8	
30...38	10 × 8	5 +0,2	2,4+0,2	10...12	4	5	12,65	13	3,5	$D + 1,7$
38...44	12 × 8	5 +0,2	2,4+0,2			6,5	15,72	16	5,0	
44...50	14 × 9	5,5+0,2	2,9+0,2	12...17	5	6,5	15,72	16	4,5	$D + 2,2$
50...58	16 × 10	6 +0,2	3,4+0,2			7,5	18,57	19	6,0	
58...65	18 × 11	7 +0,2	3,4+0,2			6,5	15,72	16	4,5	
65...75	20 × 12	7,5+0,2	3,9+0,2			7,5	18,57	19	5,5	
						9	21,63	22	7,0	

**ANEXO VI**  
**ESPECIFICACIONES CHUMACERAS**

**ANEXO VII**  
**HOJAS DE PROCESOS**

**ANEXO VIII**  
**PLANOS DE TALLER Y MONTAJE**