



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**PROPUESTA DE MEJORA DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE PRODUCTO EN
PROCESO EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE EMPACADORA TOLEDO**

Walter Bernardo Lürssen Godínez

Asesorado por la Inga. Sigrid Alitza Calderón De León

Guatemala, marzo de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE MEJORA DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE PRODUCTO EN
PROCESO EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE EMPACADORA TOLEDO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

WALTER BERNARDO LÜRSSEN GODÍNEZ

ASESORADO POR LA INGA. SIGRID ALITZA CALDERÓN DE LEÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, MARZO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jorgen Antoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADORA	Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
EXAMINADORA	Inga. Norma Sarmientos Zeceña de Serrano
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

PROPUESTA DE MEJORA DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE PRODUCTO EN PROCESO EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE EMPACADORA TOLEDO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha octubre de 2013.

Walter Bernardo Lürssen Godínez



Guatemala, 02 de febrero de 2016.
REF.EPS.DOC.57.02.16.

Ingeniero
Silvio José Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Rodríguez Serrano:

Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Mecánica Industrial, **Walter Bernardo Lürssen Godínez**, Carné No. 9521806 procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **PROPUESTA DE MEJORA DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE PRODUCTO EN PROCESO EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE EMPACADORA TOLEDO.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Inga. Sigríd Alitza Calderón de León

Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



SACdL/ra



Guatemala, 02 de febrero de 2016.
REF.EPS.D.62.02.16

Ingeniero
Juan José Peralta
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Peralta:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **PROPUESTA DE MEJORA DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE PRODUCTO EN PROCESO EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE EMPACADORA TOLEDO**, que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Walter Bernardo Lürssen Godínez** quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Sigrid Alitza Calderón de León.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte de la Asesora-Supervisora de EPS, en mi calidad de Director, apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS



SJRS/ra



REF.REV.EMI.013.016

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **PROPUESTA DE MEJORA DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE PRODUCTO EN PROCESO EN EL AREA DE PRODUCCIÓN DE EMPACADORA TOLEDO**, presentado por el estudiante universitario **Walter Bernardo Lürssen Godínez**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, febrero de 2016.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF.DIR.EMI.030.017

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **PROPUESTA DE MEJORA DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE PRODUCTO EN PROCESO EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE EMPACADORA TOLEDO**, presentado por el estudiante universitario **Walter Bernardo Lürssen Godínez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. José Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR a.i.

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, marzo de 2017.

/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala

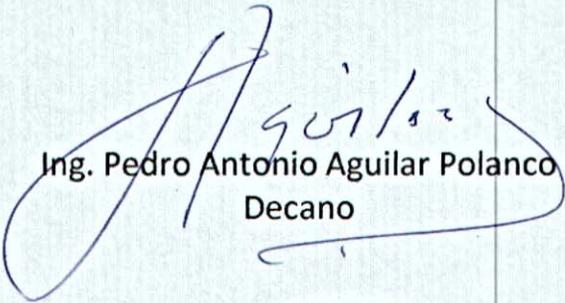


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 150.2017

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **PROPUESTA DE MEJORA DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE PRODUCTO EN PROCESO EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE EMPACADORA TOLEDO**, presentado por el estudiante universitario: **Walter Bernardo Lürssen Godínez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, marzo de 2017

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por el amor que me ha manifestado en todo momento al guiarme en todas las fases de mi carrera y de mi vida personal.
Mis padres	Walter Hugo Lürssen y Elba Ruth Godínez por sus consejos, su esfuerzo durante muchos años.
Mis abuelitos	Mario y Yoli Godínez Barillas por su infinito amor.
Mi esposa	Lourdes Amanda de Lürssen, por motivarme y apoyarme durante muchos años en el logro de mis metas.
Mis hijos	Walter y Jimena Lürssen, porque son mi motivación durante la realización de mis actividades diarias.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por su infinita bondad y misericordia que me ha acompañado durante toda mi vida.
Mis padres	Por su gran amor, paciencia y sus grandes virtudes.
Mis abuelitos	Sus sabios consejos y su incondicional apoyo en todas las etapas de mi vida.
Mi esposa	Por su incansable apoyo y motivación para alcanzar mis metas.
Mis hijos	Por sus innumerables muestras de apoyo y amor en esta etapa de mi vida.

2.1.1.3.2.	Diagrama de operaciones de salchicha.....	19
2.1.1.3.3.	Diagrama de flujo del proceso de salchicha.....	22
2.1.1.3.4.	Transporte del producto de salchicha.....	24
2.1.1.4.	Proceso de formados.....	25
2.1.1.4.1.	Descripción del proceso de formados.....	25
2.1.1.4.2.	Diagrama de operaciones del proceso de formados.....	27
2.1.1.4.3.	Diagrama de flujo del proceso de formados.....	29
2.1.1.4.4.	Transporte del producto de formados.....	32
2.1.2.	Propuesta de mejora del sistema de transporte de producto en proceso	34
2.1.2.1.	Proceso de salchicha	35
2.1.3.	Generalidades de la banda transportadora	36
2.1.3.1.	Características generales de los rodillos .	42
2.1.3.2.	Cálculos de la banda transportadora de salchichas.....	43
2.1.3.3.	Proceso de formados	59
2.1.3.4.	Cálculos de la banda transportadora de formados.....	60
2.2.	Plan de mantenimiento preventivo	77
2.2.1.	Programa de mantenimiento preventivo eléctrico y mecánico	77

	No.
2.3. Equipo y maquinaria	80
2.3.1. Montacargas manual	80
2.3.2. Montacargas	80
2.3.3. Molino	81
2.3.4. Sierra	81
2.4. Materiales a utilizar en banda transportadora.....	82
2.4.1. Grasa vegetal.....	82
2.4.2. Aceite vegetal	83
2.4.3. Acero inoxidable	83
2.4.4. Cinta de aislar	84
2.4.5. Diagrama eléctrico de la banda transportadora	85
2.5. Herramientas a utilizar en banda transportadora.....	86
2.5.1. Destornilladores	86
2.5.2. Llaves de cola y corona	87
2.5.3. Llave Allen	88
2.5.4. Cangrejo	89
2.5.5. Pinzas	89
2.5.6. Cinta métrica.....	90
2.5.7. Cautín	90
2.6. Recursos humanos.....	90
2.6.1. Mecánico industrial	90
2.6.2. Mecánico eléctrico	91
2.7. Resultados esperados	92
2.7.1. Inocuidad de alimentos	92
2.7.2. Minimización de desechos.....	93
2.7.3. Ahorro energético	94
2.8. Costo de la mejora del sistema de transporte de producto en proceso.....	95

2.8.1.	Costo de la banda transportadora de salchicha	96
2.8.2.	Costo del proyecto del área de salchicha	96
2.8.3.	Costo de la banda transportadora de formados	97
2.8.4.	Costo del proyecto del área de formados	98
2.8.5.	Equipo y maquinaria	99
2.8.6.	Costo de materiales	100
2.8.7.	Costo del recurso humano	100
3.	FASE DE INVESTIGACIÓN. PLAN DE AHORRO ENERGÉTICO	101
3.1.	Diagnóstico del consumo actual	101
3.2.	Plan de ahorro	102
3.2.1.	Implementación de tecnología led	107
3.2.2.	Implementación de láminas transparentes	108
3.2.2.1.	Área de salchichas	109
3.2.2.2.	Área de formados	109
3.2.3.	Implementación de apagado de luminarias	110
3.3.	Costo del plan de ahorro energético	112
4.	FASE DE DOCENCIA. PLAN DE CAPACITACIÓN	115
4.1.	Análisis FODA	115
4.2.	Diagnóstico de necesidades de capacitación	116
4.3.	Plan de capacitación	118
4.4.	Programa de capacitación	119
4.4.1.	Capacitación operativa	119
4.4.2.	Capacitación técnica	121
4.4.3.	Capacitación de higiene y sanitización	122
4.5.	Retroalimentación de la capacitación	123
4.6.	Costo de insumos de capacitación	124

CONCLUSIONES	127
RECOMENDACIONES	129
BIBLIOGRAFÍA.....	131
ANEXOS.....	133
APÉNDICES	135

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

	FIGURAS	No.
1.	Organigrama área de producción Empacadora Toledo.....	4
2.	Área de producción salchichas.....	12
3.	Diagrama causa y efecto.....	15
4.	Formato hoja de paro de maquinaria área de producción.....	17
5.	Diagrama de operaciones de procesos, área de salchichas.....	20
6.	Diagrama de flujo de proceso del área de salchichas.....	22
7.	Diagrama de operaciones de proceso del área de formados.....	27
8.	Diagrama de flujo proceso del área de formados.....	29
9.	Canastas en áreas de proceso, trasiego manual.....	33
10.	Banda transportadora en las áreas de proceso.....	35
11.	Banda transportadora señalizada.....	38
12.	Vistas de la banda transportadora propuesta.....	41
13.	Esquema eléctrico de la banda transportadora de salchicha.....	41
14.	Partes de los rodillos	42
15.	Partes de ruedas dentadas área de producción.....	48
16.	Dimensiones, sección motriz de la banda transportadora de salchicha.....	50
17.	Estructura y sistema de transmisión de potencia banda transportadora de salchicha.....	54
18.	Corte y acotado de polea dentada de producción.....	58
19.	Partes de ruedas dentadas, área de formados.....	65
20.	Rueda dentada, sección motriz de la banda transportadora de formados.....	68

21.	Estructura y sistema de transmisión de potencia banda transportadora de formados.....	71
22.	Corte y acotado de polea dentada de formados.....	76
23.	Programa de mantenimiento preventivo.....	78
24.	Diagrama eléctrico de la banda transportadora.....	86
25.	Plan de ahorro energético.....	106
26.	Retroalimentación de capacitación.....	123
27.	Personal de producción en capacitación.....	125

TABLAS

I.	Densidad típica utilizada para la fuerza tangencial máxima.....	43
II.	Constante C1 utilizada para calcular la fuerza de tracción máxima de la banda.....	45
III.	Constante C3 de un tambor de acero liso seco para calcular el diámetro del tambor motriz.....	46
IV.	Densidad típica utilizada para la fuerza tangencial máxima.....	61
V.	Constante C1 utilizada para calcular la fuerza de tracción máxima de la banda.....	63
VI.	Constante C3 de un tambor de acero liso seco para calcular el diámetro del tambor motriz.....	64
VII.	Costo del proyecto banda transportadora área de salchicha.....	97
VIII.	Costo del proyecto banda transportadora área de formados.....	98
IX.	Matriz de criterio.....	101
X.	Consumo anual de energía eléctrica en las áreas de salchichas y formados.....	102
XI.	Consumo de energía proyectada mediante la utilización tecnología led.....	107

XII.	Ahorro energético, mediante la colocación de láminas transparentes	108
XIII.	Ahorro proyectado, apagado de luminarias en desuso.....	111
XIV.	Costos anuales de las 3 propuestas de ahorro energético.....	111
XV.	Costos de implementación de los proyectos de producción más limpia.....	112
XVI.	Costos de implementación de lámparas led.....	112
XVII.	Costo de implementación de láminas transparentes.....	113
XVIII.	Matriz FODA.....	115
XIX.	Matriz de factores FODA.....	116
XX.	Plan de capacitaciones.....	118
XXI.	Programa de capacitación operativa.....	120
XXII.	Programa de capacitación técnica.....	121
XXIII.	Programa de capacitación limpieza.....	122
XXIV.	Costos de alquiler de equipo y mobiliario.....	124

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
ha, hf	Altura del diente
F	Ancho
bo	Ancho de la banda
S	Área
BPM	Buenas Prácticas de Manufactura
Hp	Caballos de fuerza
cms	Centímetros
cms³	Centímetros cúbicos
μR	Coefficiente de fricción
C1, C3	Constante
π	Constante 3.1416
ρ	Densidad típica
df	Diámetro del círculo del pie del diente
De	Diámetro exterior
DA	Diámetro mínimo del tambor motriz
d	Diámetro primitivo del diente
n	Eficiencia
ETSA	Empacadora Toledo, S. A.
s	Espesor del diente
F1	Fuerza de tracción máxima de la banda transportadora
Fu	Fuerza tangencial máxima
θ	Grados

°C	Grados centígrados
gr	Gramos
g	Gravedad
kg	Kilogramos
Kw	Kilowatts
MB	Masa de la banda
M	Masa del producto
MR	Masa del rodillo
mm	Milímetro
N	Newton
Z	Número de dientes
p	Paso diametral
I	Perímetro
Pm	Potencia del motor
PA	Potencia mecánica tambor motriz
PVC	Producto de la polimerización, es derivado del p plástico más versátil
Q	Quetzales
Rpm	Revoluciones por minuto
v	Velocidad de la banda transparente
VRS	Versus
V	Volts

GLOSARIO

Allen	Es la herramienta usada para atornillar o desatornillar tornillos, tienen cabeza hexagonal interior en milímetros.
Batch	Cantidad de lotes de productos, puede variar entre productos.
Cacharro	Recipiente plástico con ventilación útil para transportar objetos.
Chumacera	Dispositivo que permite el soporte y rotación de un eje; está compuesto de una parte rotativa y una fija.
Cuñero	Parte del motor que permite que una sección instalada en el eje no tenga movimiento.
Cutter	Máquina que tiene 6 cuchillas que corta productos cárnicos entre otros a medida industrial.
Engranaje	Engranaje sirve para transmitir movimiento circular mediante el contacto de ruedas dentadas.

Flequear	Proceso de corte de marquetas de carne y piel mecánicamente separada del hueso del pollo.
Fusible	Dispositivo, constituido por un soporte adecuado, un filamento o lámina de que se intercala en un voltaje determinado de una instalación eléctrica, para que se funda.
Guardamotor	Interruptor magneto térmico, diseñado para la protección de motores eléctricos.
Hidráulico	Estudio de las propiedades mecánicas de los líquidos.
Intralox	Marca de bandas transportadora de plástico modular.
Microemulsionadora	Máquina de corte que procesa la carne muy fina.
Organoléptica	Prueba de calidad sabor, olor y textura del producto.
<i>Pallet</i>	Son pequeñas grúas hidráulicas para transportar algún producto o materia prima.

Polipropileno

Polímero termoplástico y utilizado en una amplia variedad de aplicaciones, que incluye empaques para alimentos.

Poliuretano

Es un polímero que se caracteriza y por su alta resistencia a la abrasión, al desgaste y a las bajas temperaturas.

Sanitización

Concerniente a desinfectar un área.

Torx

Tipo de cabeza de tornillo caracterizado por una forma estrellada de 6 puntas.

Trifásico

Formado por tres corrientes alternas monofásicas de igual frecuencia y amplitud, que presentan una cierta diferencia de fase entre ellas.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación realizado en el área de salchichas y formados de la empresa Empacadora Toledo S. A., detectó la problemática de falta de Producción más Limpia; en la aplicación del proyecto de mejora se observa desorden de filas de canastas, cacharros o *bugiese*, apilados con base en la cantidad necesaria en las diferentes áreas de estudio, obstaculizando áreas de caminamientos; por las características de la forma de trabajar se cae producto en proceso al suelo, debido a que se trasladan las canastas apiladas empujándolas por el área, propiciando el crecimiento bacteriano, poniendo en riesgo la inocuidad de las áreas de producción, de los utensilios y mesas de trabajo, así como el mismo producto y de los ambientes de cada uno.

El proyecto de propuesta de mejora de un sistema de transporte de producto en proceso en las áreas de estudio corresponde a realizar estudios de tiempos y movimientos, determinando así el ritmo de la línea, las eficiencias de la maquinaria así como los tiempos muertos o paros programados para evaluar la velocidad o la disposición con que debería contar el proyecto a plantear.

En el primer capítulo se indica toda la información o descripción de empacadora Toledo, S. A., así como la localización geográfica y las bases de la organización; se incluye la misión, visión y las funciones de los puestos indicados en el organigrama.

En el segundo capítulo se describe la fase del servicio técnico profesional que indica la situación actual de las áreas de salchichas y formados; se describen los procesos de las áreas por medio de los diagramas de procesos y

de flujo; también se describe la problemática y la propuesta de mejora de transporte; se diseñó la banda transportadora de ambas áreas; también se sugiere un programa de mantenimiento preventivo tanto mecánico como eléctrico; se indican los materiales y herramientas a utilizar en la banda transportadora y se indica cuáles son los costos aproximados de la fabricación de ambas áreas.

En el tercer capítulo se describe la fase de investigación y plan de ahorro energético; se observa el diagnóstico del consumo actual de ambas áreas y a la vez se propone un plan de ahorro dividido en implementación de tecnología *led* y láminas transparentes y apagar las luminarias de las áreas que están en desuso, explicando los costos de estas tres implementaciones y señalando también los ahorros proyectados en un periodo de tiempo.

En el cuarto capítulo se describe la fase de docencia, donde se realiza un diagnóstico de necesidades de capacitación en el tema de la implementación de la propuesta realizada en el segundo capítulo, separándolo en tres áreas: operativa y técnica y para personal de higiene y sanitización.

OBJETIVOS

General

Mejorar el sistema actual de transporte de producto en proceso en el área de producción de la empresa Empacadora Toledo, S. A. a través de la implementación de un sistema de bandas transportadoras de las líneas de fabricación, tanto en el área de salchichas como de formados.

Específicos

1. Determinar aspectos propios del sistema transporte, como cargas axiales, tipo de producto y velocidad de la banda transportadora, para poder aplicarlo en el proyecto propuesto.
2. Automatizar el sistema de transporte de canastas, eliminando la contaminación cruzada del área de producción.
3. Eliminar el desecho de producto en proceso que cae al piso, por un manejo manual inadecuado.
4. Tener un mantenimiento preventivo adecuado de los componentes que forman parte de las bandas transportadoras.
5. Diseñar un plan de ahorro energético en el área de producción, aplicando los principios de producción más limpia.

6. Diseñar un plan de capacitación donde se cumplan los objetivos planificados.

INTRODUCCIÓN

Empacadora Toledo, S. A. logró consolidarse en el mercado guatemalteco como la marca líder y es reconocida por la calidad e higiene de sus productos. Fue inaugurada en septiembre de 1972, dentro del grupo de Avícola Villalobos. Empacadora Toledo, S. A.; surgió integrada a la producción de cerdos y proyectada a satisfacer la demanda local e internacional. Inició su operación fabricando embutidos, carnes ahumadas y productos enlatados y empanizados. Inició sus operaciones con dos plantas de fabricación; en el 2009 centralizaron sus operaciones productivas en Amatitlán.

Aunque en las operaciones de las áreas de producción se ha aplicado muy bien la logística con un alto grado de cumplimiento de pedidos arriba del 98 %, siendo un proceso continuo en las diferentes áreas de producción; actualmente en el flujo de proceso se observan las operaciones que generan actividades improductivas que pueden guiarse hacia una Producción más Limpia.

Lo anterior se debe principalmente a la carencia de una metodología de un sistema automático para transportar producto en proceso, como pasta y condimentos, que permitan un trasiego apropiado para los diferentes productos y realizar las actividades de adecuación del espacio físico.

En este documento se presenta el anteproyecto de EPS titulado: “Propuesta de mejora de un sistema de transporte de producto en proceso en el área de producción, con el cual se espera tener un área de Producción más Limpia, eliminando una gran cantidad desordenada de canasta, y el riesgo de

contaminación, y un piso resbaloso, así como minimizar el riesgo de tener un área de obstáculos ante cualquier siniestro.

Puede lograrse un sistema automatizado de trasiego adecuado de canasta limpia y sucia, mediante una sola banda de acero inoxidable que maximice el rendimiento de ambas áreas.

1. FASE INFORMACIÓN GENERAL DE EMPACADORA TOLEDO

A continuación se describe la historia de la empresa ETSA, desde su origen, así como también su alcance en el área de ventas, mencionando su recurso humano e indicando sus productos tanto de temporada como cotidianos.

1.1. Generalidades de la empresa

La empresa Empacadora Toledo pertenece a un grupo de empresas guatemaltecas del grupo Multinversiones; pertenece a una red formal de distribución de productos cárnicos tanto a nivel urbano como departamental; además exporta semanalmente sus productos hacia El Salvador, Honduras y Costa Rica; sus instalaciones están en el municipio de Amatitlán.

Actualmente se cuenta con más de 600 colaboradores distribuidos en las áreas de logística, producción, conservación industrial y administración.

1.1.1. Descripción

Empresa Toledo S. A. es una organización privada guatemalteca que se ha desarrollado gracias al empeño y dedicación de sus fundadores y a la buena administración que ha tenido a lo largo de su existencia. Como empresa líder en el mercado de embutido es modelo de referencia y en Guatemala ha ganado el prestigio por la calidad y diversidad en sus productos, que son

propios de cada época del año en Guatemala, como por ejemplo en el mes de noviembre y los eventos de la época navideña.

El centro de procesamiento industrial está ubicado a 28 kilómetros de la capital de Guatemala, en el municipio de Amatitlán. En el mismo se encuentran los departamentos de investigación y desarrollo de productos, planificación, higiene y sanitización, producción, mantenimiento industrial, área administrativa, recursos humanos y proyectos, que componen la planta de ETSA. Fue inaugurada en septiembre de 1,972, dentro del grupo de Avícola Villalobos. Empacadora Toledo, S. A.; surgió integrada a plantas avícolas, porcinas reproductoras y de engorde, proyectadas a satisfacer la demanda local e internacional. Inició su operación en Avícola Villalobos, elaborando embutidos y carnes preparadas.

Posteriormente se fundó la planta de procesamiento industrial en Amatitlán, elaborando productos como jamones, carnes preparadas, enlatados, empanizados y fritos.

Dejando en Avícola Villalobos la elaboración de salchichas, chorizos y longanizas, posteriormente se trasladó hacia Amatitlán, centralizando toda la producción en la nueva planta Toledo. En la actualidad opera con granjas altamente tecnificadas, que operan con animales de genética superior; son granjas reproductoras y de engorde, porcinas y avícolas que proveen carnes de diferentes cortes y contenidos grasos, de dichas plantas.

La materia prima cárnica es trasladada a la planta de procesamiento industrial y los productos ahí derivados puedan ostentar orgullosamente el calificativo de calidad desde su origen.

En el área de producción se cuenta con tres áreas procesadoras cárnicas que son: salchichas, jamones y formados; se elaboran diversos productos alimenticios como: carnes ahumadas, jamones, mortadelas, pollos, gallinas rellenas, deshuesada, lomos canadienses, pierna, pavo, salchichas, chorizos, longanizas, paté, productos empanizados, tortas de cerdo, alitas y frijol colorado y negro con chorizo y tocino. La planta de Amatitlán está certificada en la actualidad Mayafert, HACCP.

El crecimiento durante los años ha sido grande, al inicio se había planificado la creación de las granjas de animales porcinos y avícolas para suplir las necesidades de ETSA, pero en la actualidad se importa carne porque la demanda es mayor a la capacidad instalada. En sus inicios Toledo empacaba cerca de 40 000 libras mensuales, pero en la actualidad se empacan más de 6 000 000 de libras mensuales y se planea tener un crecimiento anual de un 15 %.

1.2. Visión

“Ser la empresa productora de cerdos más grande, competitiva y rentable de Centroamérica y el Caribe, que cumpla con los estándares de calidad mundial, promueva la mejora continua y protección al ambiente”¹

1.3. Misión

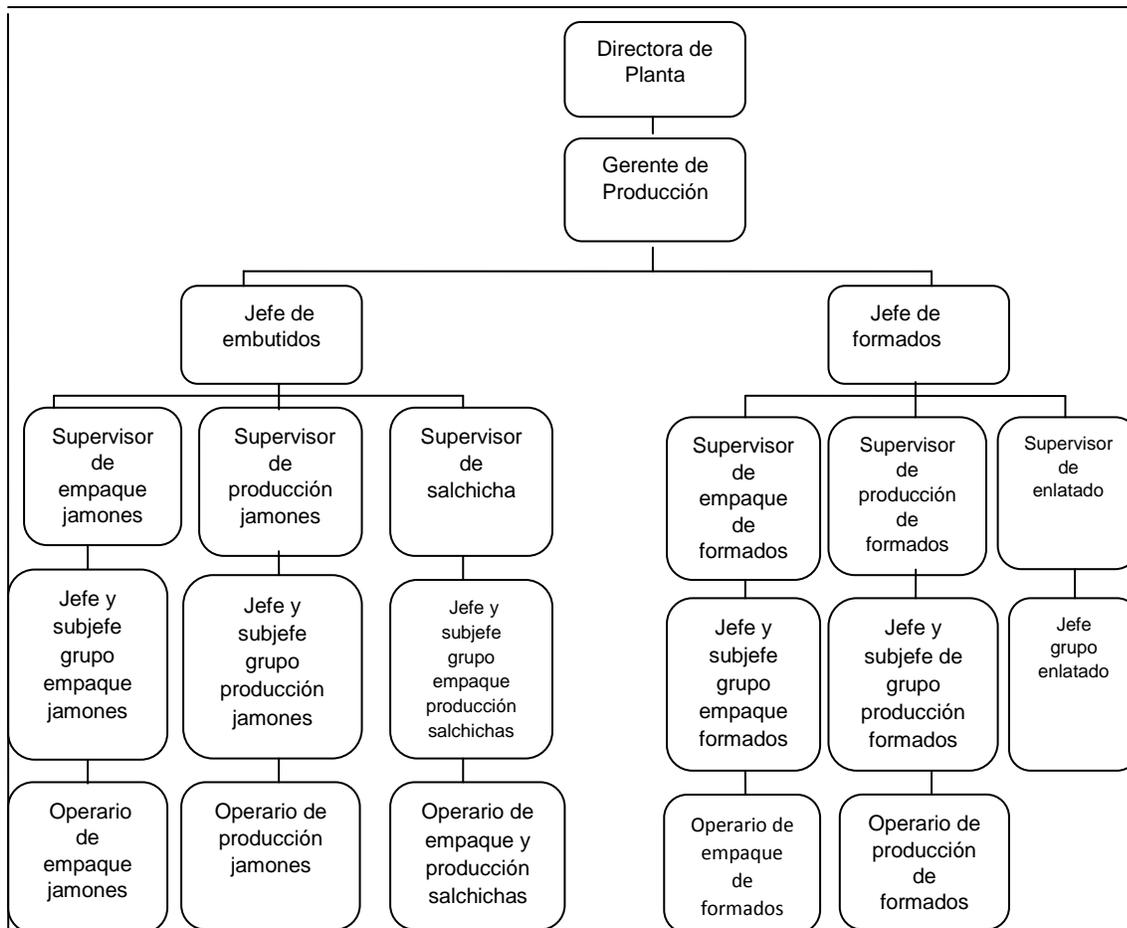
“Producir la máxima cantidad de cerdos de alta calidad, al menor costo, aplicando nuestros valores corporativos para lograr la satisfacción del cliente”²

1,2. Empacadora Toledo S. A.

1.4. Organización

Empacadora Toledo es una organización con fines de lucro, formales y descentralizada. Su objetivo primordial es lograr beneficio de sus operaciones; tiene una estructura organizacional formal; delegan a los gerentes de los departamentos la capacidad de tomar decisiones para poder responder ágilmente a inconvenientes suscitados.

Figura 1. Organigrama del área de producción de empacadora Toledo



Fuente: Área Administrativa, empacadora Toledo, S. A.

El organigrama que se tiene en ETSA puede clasificarse por su naturaleza en:

- Microadministrativo: ya que es una sola organización y se refiere a ella en forma global. Por su finalidad este organigrama es:
 - Formal: ya que su funcionamiento es planificado y organizado.
 - Vertical: este organigrama presenta las unidades ramificadas de arriba hacia abajo a partir del titular en la parte superior, y se agregan los diferentes niveles jerárquicos en forma escalonada.

1.5. Funciones

Se muestran a continuación las actividades administrativas realizadas en la empresa:

- Gerente de planta
 - Es la persona encargada de la totalidad de las operaciones de la planta.
 - Representa a la planta en reuniones con su jefe inmediato con la Junta Directiva.
 - Se encarga de que se cumplan los preceptos, lineamientos o proyectos asignados por sus superiores.
 - Vela porque se respete el presupuesto para cada una de las áreas bajo su cargo.
 - Vela porque se respete el presupuesto para cada una de las tareas a su cargo.

- Preside las reuniones para revisar los costos, indicadores generales, proyectos, inversiones con los gerentes de cada área.
 - Supervisa que todas las áreas cumplan con sus funciones al pie de la letra, como fue previsto en reuniones con cada uno de los departamentos.
 - Administra los proyectos emprendidos y verifica que se concluyan con el mayor beneficio posible.
- Gerente
 - Es la persona que se encarga de sus subordinados para alcanzar las metas del área que representan.
 - Debe reunirse con sus subalternos para evaluar las funciones que realizan y así mejorarlas periódicamente.
 - Debe reunirse semanalmente con su equipo de trabajo para revisar indicadores asignados por él.
 - Evalúa las futuras inversiones para su área.
 - Representa su área en reuniones con gerentes regionales o de su país.
 - Da seguimiento a los correos enviados para crear reportes concernientes a su área.
 - Dirige las reuniones con los jefes de producción para evaluar y resolver problemas que se susciten.
 - Jefe de área
 - Es responsable de auditar el trabajo de los supervisores de su área.
 - Revisa los costos mensuales de su área.

- Presenta los resultados en reuniones con el Gerente General.
 - Implementa proyectos y mejoras con los supervisores de su área.
 - Representa a su área en reuniones internas de la planta.
 - Autoriza vacaciones de supervisores.
- Supervisores
 - Son las personas encargadas de supervisar las actividades de sus subalternos.
 - Planifican o hacen que se lleve a cabo el programa de producción de la semana.
 - Planifican las operaciones o pruebas con el jefe de grupo.
 - Realizan la solicitud de materiales que necesitarán en dicho período.
 - Supervisan operaciones y toman acciones correctivas.
 - Autorizan contrataciones, llamadas de atención y despidos del personal.
 - Autorizan vacaciones de jefes de grupo y personal operativo.
- Jefe de grupo
 - Es la persona que se encarga de dirigir y coordinar los movimientos del grupo de personas a su cargo.
 - Coordina las actividades indicadas por el supervisor.
 - Supervisa las actividades de su personal.
 - Lleva el control de horas extras y vacaciones.
 - Toma decisiones sobre el proceso o desviaciones del producto, o maquinaria.
 - Realiza pruebas pilotos de procedimientos.

- Coordina con otros.
- Monitor de calidad
 - Controla la calidad del producto y realiza inspecciones o pruebas de muestreo para verificar que las características del mismo sean óptimas.
 - Monitorea las BPM's en las áreas de producción y empaque.
 - Supervisa la calidad en los procesos de producción y empaque.
 - Toma muestras para análisis de laboratorio.
 - Realiza análisis organolépticos.
 - Reporta a su supervisor inconvenientes observados.
- Planificadores
 - Son las personas que con base en la demanda de los productos, programan qué fabricar, qué cantidad y cuándo.
 - Planifican parcialmente la semana de producción.
 - Coordinan con el supervisor de producción los pedidos urgentes.
 - Interactúan con los clientes.
 - Organizan reuniones con otros departamentos.
- Coordinador de despachos
 - Es la persona encargada en coordinar la cantidad vendida de producto y llevar el control de las unidades de transporte.
 - Ejecuta instrucciones de su supervisor
 - Supervisa las actividades de su personal.

- Mantiene el control de horas extras y otras actividades asignadas por su supervisor.
- Lleva el control de horas extras, vacaciones.
- Coordinador de cámaras
 - Es la persona que dirige los movimientos de los diferentes productos, hacia los furgones y realiza movimientos entre las cámaras.
 - Ejecuta instrucciones de su supervisor.
 - Realiza inventarios periódicos.
 - Supervisa las actividades de su personal.
 - Mantiene el control de horas extras y otras actividades asignadas por el supervisor.
 - Lleva el control de horas extras, vacaciones.
- Personal administrativo
 - Son las personas que llevan el control de los insumos gastos e inventarios de la empresa.
 - Ejecuta instrucciones giradas por el gerente administrativo.
 - Llevan el control de las tareas asignadas.
- Brigadista de seguridad industrial
 - Grupo de personas organizadas, capacitadas para atender una emergencia o un siniestro.
 - Ejecuta actividades indicadas por su supervisor.
 - Asisten a una persona accidentada.

- Documentan y asisten accidentes.
- Documenta actividades y áreas.
- **Subjefes de grupo**
 - Son las personas que apoyan al jefe de grupo para dirigir y coordinar los movimientos del grupo de personas a su cargo.
 - Coordinan las actividades indicadas por el jefe de grupo.
 - Supervisan las actividades de su personal.
 - Llevan el control de horas extras.
 - Toman decisiones sobre proceso del producto.
 - Realizan pruebas pilotos de procedimientos.
 - Coordinan actividades con su personal.
 - Informan sobre desviaciones del producto, con maquinaria.
 - Llevan el control de horas extras y vacaciones de su personal.
- **Operarios**
 - Llevan a cabo las diferentes actividades en producción, realizando trabajos manuales y operan maquinarias.
 - Ejecutan actividades asignadas por el jefe o subjefe de grupo.
- ***Trainee***
 - Personal egresado capacitado en ciertas áreas, para posteriormente ocupar posiciones de mandos medios.
 - Aprenden todo lo concerniente del área asignada.
 - Indican alguna desviación al supervisor en el proceso.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO - PROFESIONAL. PROPUESTA DE MEJORA DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE PRODUCTO EN PROCESO EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN

En esta sección se indica la situación actual de cada área de trabajo; con base en esto se determinó una solución técnica donde se implementaron herramientas de ingeniería para visualizar el inconveniente de diseñar y proponer una solución óptima.

Se analiza la situación actual de las áreas de producción, tanto de salchichas como de formados, mediante los diagramas de procesos y de flujo, para tener otro punto de vista acerca del transporte actual de ambas áreas; a continuación se ahonda en dichos temas claves del proyecto.

2.1. Diagnóstico de la situación actual

La planta de procesamiento industrial se ubica actualmente en el kilómetro 28 de la carretera al Pacífico, en el municipio de Amatitlán. Las áreas de distribución y ventas están ubicadas en la ciudad de Guatemala, atendiendo tanto al mercado nacional como centroamericano.

Figura 2. **Área de producción de salchichas**



Fuente: empacadora Toledo, S. A.

En la actualidad, tanto en las áreas de producción de salchichas como de formados, se observa un desorden visual inadecuado de canastas, porque para poder llevarlas desde la entrada hacia las máquinas donde se inicia el proceso y viceversa, tienen que trasladarse manualmente entre las máquinas y operarios del área, provocando pérdida de tiempo entre los mismos operarios, se tiene un área insegura, ya sea porque se pueden caer las canastas sobre alguna persona o a la hora de un siniestro, o se puede provocar un accidente al tropezar con ellas, por querer salir rápido del área de trabajo.

2.1.1. Metodología empleada para su ejecución

En el área de producción actualmente se trasladan de forma manual las canastas o cacharros; esto repercute en: tiempos improductivos, aumento de costos en operaciones y contaminación.

Estas acciones fueron extraídas utilizando el método de la observación sencilla y concentrada en el análisis de las causas que contribuyen a la problemática observada, que es una operación ineficiente.

Herramienta 6 M's:

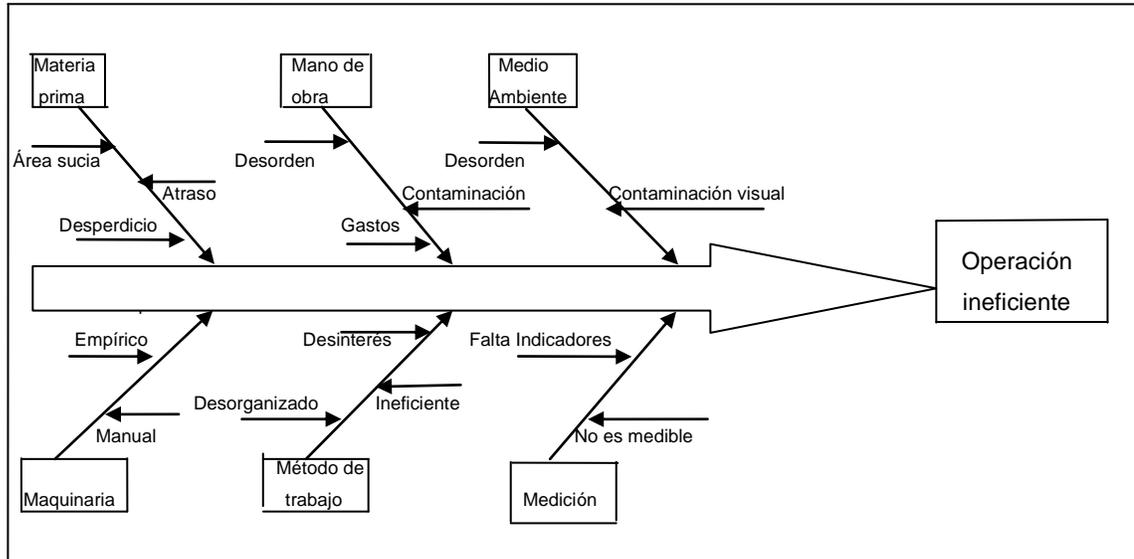
- **Materia prima:** la materia prima o parcialmente procesada por accidente la botan al suelo cuando se cae una canasta, en el momento de ser transportada hacia el *cutter* en salchichas o hacia la mezcladora en formados; por tal motivo se propone automatizar la operación.
- **Mano de obra:** se observa que la operación de estar llevando canastas entre las máquinas, propicia que los operarios platiquen o bromeen, ocasionando una actividad ineficiente. Debido a la característica de la actividad de la persona que lleva canastas hacia el área donde se limpian, como siempre está en contacto con canastas sucias, a veces no se limpia el uniforme o las manos correctamente. El costo de tener una persona realizando esta operación más el valor del uniforme, es alto; por ello podría asignarse a dicha persona en otra operación que amerite. Todos los inconvenientes de la mano de obra se pueden eliminar colocando una banda transportadora como lo plantea el proyecto.
- **Medio ambiente:** actualmente en el medio ambiente de las áreas, tanto de salchichas como de formados se observa muy cargado debido al desorden de canastas. Las filas altas de las mismas provocan una situación de inseguridad. El medio ambiente podría mejorarse colocando una banda transportadora, ya que este equipo tiene menos del metro de altura, pudiéndose observar un ambiente propicio de trabajo.

- **Maquinaria:** en las áreas de salchichas y formados se observa la operación de trasiego de canastas y cacharros en forma artesanal; es necesario automatizar la operación para poder tener un proceso continuo que garantice mejor eficiencia en dichas áreas.
- **Método de trabajo:** actualmente el método de trabajo tanto del ingreso como egreso de canastas se vuelve ineficiente al observar tiempos muertos ocasionados por las personas encargadas de este procedimiento, al realizar tareas ajenas al mismo. Para evitar este inconveniente es necesario automatizar el procedimiento.
- **Medición:** actualmente no se mide el proceso de trasiego de canastas y cacharros; por la manera que se desarrolla se sabe que es una operación ineficiente, ya que depende del tiempo en que se desocupan, cantidad de materia prima colocada en cada canasta, entre otros. Pero si se coloca una banda transportadora donde se pudiera medir la velocidad y tiempo de ingreso, y el tiempo de calibración y mantenimiento, podrán mejorarse los muestreos de superficies.

2.1.1.1. Diagrama de causa y efecto

Representación gráfica sencilla en la que puede verse de manera relacional una especie de espina central, que es una línea en el plano horizontal, representando el problema a analizar (causa raíz), que es una operación ineficiente, indicándolo mediante la herramienta de las 6m's.

Figura 3. Diagrama causa y efecto



Fuente: elaboración propia, utilizando el programa Word.

Tomando en cuenta las causas que ponen en riesgo la inocuidad del producto, como el tener un área sucia, se está transformando en criadero bacteriano y atrasos en la continuidad de la producción mediante *batch* de materia prima incompleta por haberse caído al suelo y el gasto por un operario; tener canastas apiladas significa desorden y contaminación visual; una supervisión ineficiente por no poder evaluar a todos los operarios, por tener filas de canastas e interrumpir todos los ángulos de las áreas de producción y no tener un método de trabajo aplicado al proceso, conlleva a la necesidad de colocar una banda transportadora en cada área, para eliminar de raíz el problema.

2.1.1.2. Situación actual de producción

En producción de salchichas de ETSA se cuenta con dos secciones: una de salchichas y otra de chorizos y longanizas, en las cuales se procesan más de dos millones y medio de libras mensuales de productos cárnicos, embutidos y carnes preparadas. En la sección de salchichas se cuenta con 49 operarios, quienes son multifuncionales y están capacitados para trabajar en más de 3 posiciones distintas, contando con maquinaria actualizada, y disponiendo de dos jornadas de trabajo, una diurna y la otra mixta.

En la sección de chorizos y longanizas se tienen dos líneas; se cuenta con 20 operarios, quienes también son multifuncionales; tienen maquinaria actualizada, usan dos jornadas de trabajo: una diurna, la otra mixta.

Se cuenta con cámaras frías de producto en proceso y de descongelado y cámaras de condimentos, de secadero; en ambas secciones se cuenta con alrededor de 150 canastas por turno. En el tráfico manual de canastas plásticas y cacharros, tanto limpios como sucios, se observa mucho desorden en cualquier punto del área de salchichas. En la planta de producción de Toledo algunos productos de embutidos comparten los mismos métodos y procesos de producción; las variables que los hacen diferentes son el tiempo, cantidad y tipo de ingredientes, por lo cual el método que se describirá se utilizará para todas las líneas de producción.

Actualmente, no se cuenta con manuales de procedimientos de inducción, de reclutamiento de personal, pero sí se dispone de hojas de procedimientos o de control de máquinas, por diferente tipo de proceso y producto.

Figura 4. Formato hoja de paro de maquinaria área de producción

CÓDIGO CAUSA		HORA INICIO	HORA FIN	DESCRIPCION DEL PARO	PRODUCCION	MANTEN
01-05		7:45	8:05	Ajuste de maquina / No sella la bolsa	Pa Crispa	Mano
01-06		13:45	14:30	Cambio de resistencia y de las varillas	Pa Crispa	Mano

Fuente: Área de producción, empacadora Toledo, S. A.

En el formato anterior se indica la hoja de control de paros de maquinaria o de la línea, clasificados por producto, donde se especifican los motivos reales, para posteriormente tratar de minimizarlos al máximo.

2.1.1.3. Proceso de salchichas

Actualmente se tienen dos secciones: producción de salchichas y de longanizas y chorizos; en la sección de salchichas se cuenta con 3 líneas de producción donde se procesan más de 34 tipos diferentes de presentaciones; en el área de chorizos y longanizas se cuenta con dos líneas de producción que ofrecen más de 22 tipos de productos de diferentes características.

2.1.1.3.1. Descripción del proceso de salchicha

- El proceso de salchichas se inicia en el área de condimentos donde se pesan los ingredientes y proteínas; se coloca cada extensor que lleva la cantidad de *batch* que necesita cada salchicha, según el programa de producción; la persona que traslada manualmente se puede lavar y desinfectar las manos y uniforme de manera ineficiente; simultáneamente en el área de molinos se muelen los bloques de carnes y se *flekea* otro tipos de carnes.
- A continuación se pesan las diferentes carnes separadas por canastas o bolsas para evitar que se mezclen antes de tiempo; esto conlleva los *batches* de salchicha que se están preparando según programa semanal; los condimentos, proteínas y extensores son trasladados en filas de canastas; esto significa la ejecución de operaciones innecesarias ya que mientras tanto los operarios conversan entre sí; de ese modo se incurre en gastos como: mano de obra, y costo de uniformes y desinfecciones. Luego las canastas con carne van hacia el *cutter* para realizar al mismo tiempo el mezclado y picado; se deja emulsionar por varios minutos, y luego se forma la pasta.
- Del *cutter* es trasladada la pasta hacia la microemulsionadora en donde se pica más finamente y es succionada por una bomba y trasladada hacia un *buggie* limpio; luego se coloca manualmente en un elevador que verte la pasta hacia la tolva de la embutidora.
- Se embute la pasta en fundas de diferente tipo, según el producto o presentación, se le da forma a las salchichas, verificándose las

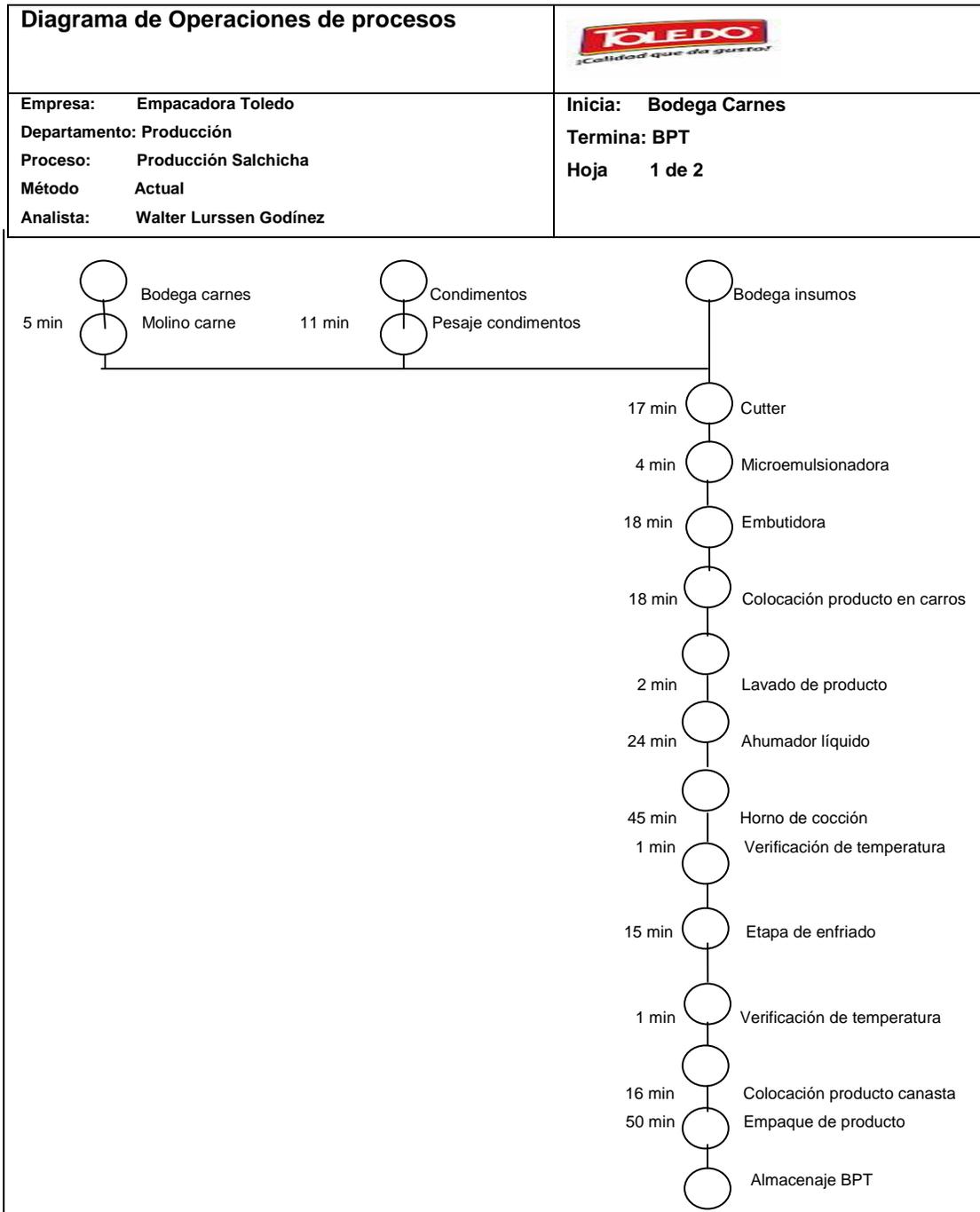
dimensiones y pesos de los embutidos; estas se colocan en varillas y carros.

- Después las salchichas pasan por una ducha de agua a temperatura ambiente, donde se desechan los residuos cárnicos, se pasa luego por el ahumado líquido y posteriormente se colocan en el horno para las etapas de secado y cocinado. Al terminarse de cocinar, se verifica la temperatura interna del producto, y sus características organolépticas; posteriormente pasan los carros con salchicha al proceso de enfriado; al terminar dicha etapa se verifica la temperatura nuevamente.
- Se colocan las salchichas en canasta. En el trayecto, por condiciones del piso, a veces se cae producto, o puede llevarse contaminación por medio de las canastas que van de un área a otra. Luego se pesan y trasladan para ser cortadas en unidad o en pares. Al concluir, las salchichas se empacan, etiquetan y fechan; se verifica que todo cumpla con las especificaciones de calidad.

2.1.1.3.2. Diagrama de operaciones de salchicha

A continuación se observan en forma secuencial las operaciones de la ruta del producto de salchicha, desde que la materia prima está en bodega hasta que llega al área donde está el producto terminado.

Figura 5. Diagrama de operaciones área de salchicha



Continuación de la figura 5.

Diagrama de Operaciones de procesos			
Empresa: Empacadora Toledo Departamento: Producción Proceso: Producción Salchicha Método: Actual Analista: Walter Lurssen Godínez		Inicia: Bodega Carnes Termina: BPT Hoja: 2 de 2	
Símbolo	Figura	Cantidad	Tiempo
Operación	○	18	227
Total		18	227

Fuente: elaboración propia, empleando el programa Visio.

El transporte de las bodegas hacia el *cutter* es grande por lo que realizarlo de forma empírica representa una oportunidad de mejora realizándola de forma automática.

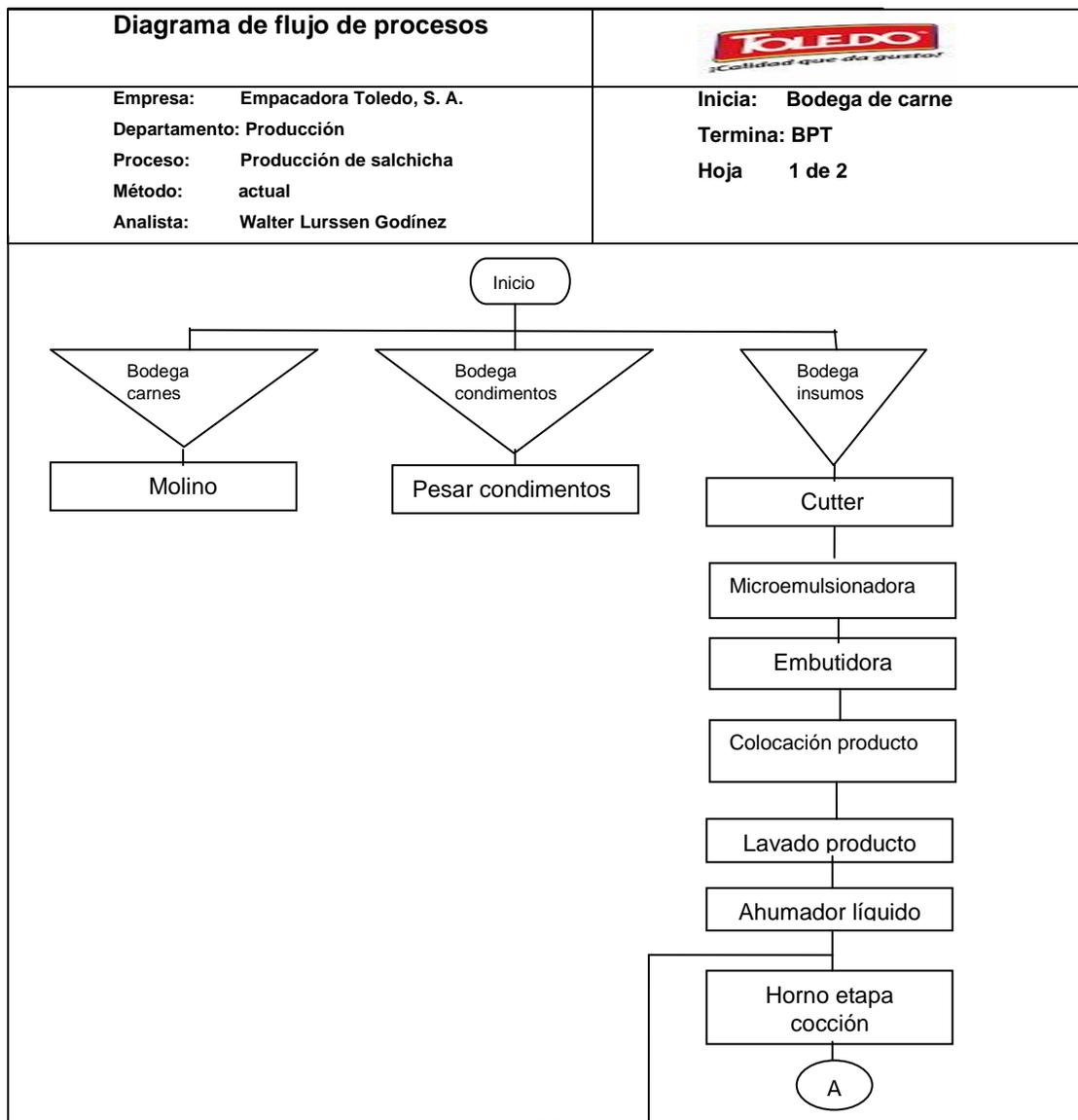
Al revisar el diagrama puede verse que las operaciones de microemulsionadora y embutidora podrían realizarse de manera automática, colocando una tubería a la salida de la microemulsionadora y por medio de una bomba se lleva la pasta hacia la entrada de la embutidora, ahorrando por lo menos un minuto en cada *batch*.

Para evitar la operación de ducha de producto se podría colocar una llave con salida de agua, para que se vaya humedeciendo la salchicha recién hecha, y así evitar los dos minutos que se pierden en hacerlo por separado.

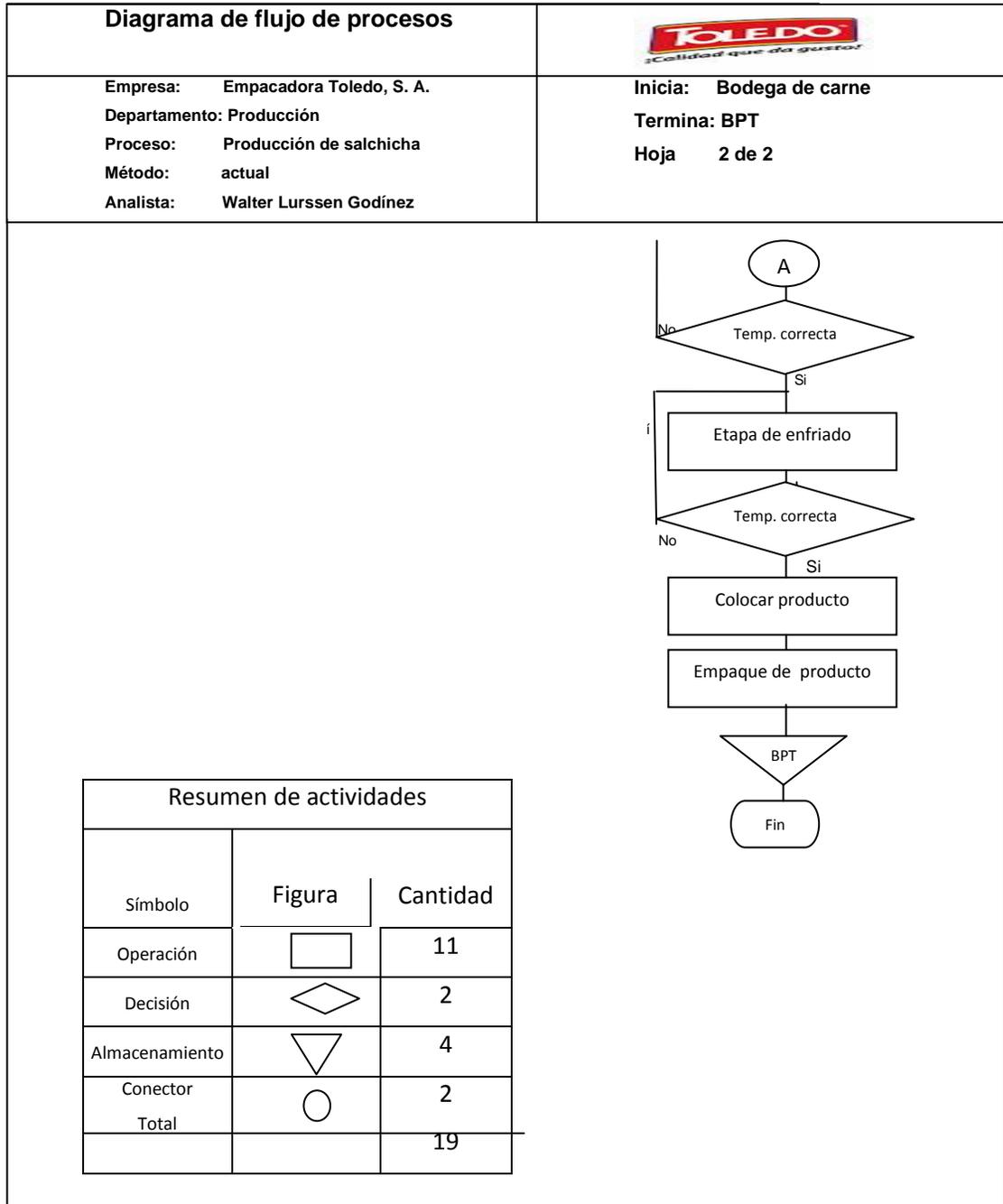
2.1.1.3.3. Diagrama de flujo de proceso de salchicha

A continuación se observa la secuencia del proceso de salchicha, desde las bodegas de materia prima hasta la de producto terminado.

Figura 6. Diagrama de flujo del área de salchicha



Continuación de la figura 6.



Fuente: elaboración propia, empleando el programa Microsoft Word.

Es recomendable que periódicamente se mida la temperatura de la pasta con un termómetro de vástago, para cotejarla con la temperatura que marca el sensor del *cutter*, y así evitar echar a perder un *batch* de producto por una elevada temperatura. Se podrían separar las mesas y máquinas para crear líneas de empaque que permitan aumentar la productividad, pudiendo ordenar aún más los procesos.

La operación del *cutter* se tarda 17 minutos para procesar un *batch* de cualquier producto; por lo tanto cada 17 minutos se deben sacar e ingresar canastas para utilizarse en la elaboración de la pasta o en materia prima; además, en otras máquinas también se utilizan canastas; por lo menos en cada proceso de *catch* se tendría que trasladar 24 canastas, ocasionando el desorden visual antes mencionado, provocando un obstáculo para poder supervisar las operaciones por la falta de visibilidad de las canastas apiladas.

2.1.1.3.4. Transporte del producto de salchicha

En el área de producción algunas carnes se transportan hacia el molino en canastas; esto se da también en condimentos, expansores, proteínas, hielo, piel, diferentes tipos de carnes para producir los chorizos y longanizas, y carnes en la flequeadora. Hacia el *cutter* también se transportan condimentos, expansores, proteínas, hielo y piel, para los diferentes productos que se elaboran. Algunos subproductos se elaboran en el *cutter* y se transportan en canastas; a veces cuando se cambia de línea se transporta la molienda de los productos que estén fabricando en algún *cutter*, hacia la tolva de la embutidora de otra línea.

Después de ser embutida la molienda, se colocan en varillas, y después en carros que trasladen todo. Posteriormente son ingresados hacia el ahumado líquido, luego a los hornos, tanto a la sección de cocción como de enfriado.

Al salir se trasladan los carros de los hornos hacia el lugar donde serán cortadas las salchichas; posteriormente serán llevadas las canastas hasta el área donde se empacarán y fecharán. Finalmente se coloca el producto ya empacado, se ingresa en canasta y luego a la cámara de producto terminado.

2.1.1.4. Proceso de formados

Actualmente, en producción de formados se tienen tres líneas; la tercera línea es una reciente extensión de esta área, donde se cuenta con maquinaria recientemente adquirida, en su mayoría; se procesan más de 15 tipos de presentaciones de productos; 11 llevan envoltura; 4 de ellos contienen fritura; en el empaque se tienen 3 embolsadoras y 4 mesas que utilizan para empacar en forma manual; se utilizan dos detectores de metal.

2.1.1.4.1. Descripción del proceso de formados

El proceso de producción de formados se inicia tanto en el área de condimentos donde se pesan los ingredientes y proteínas, como también en los extensores que llevan la cantidad de *batch* de cada producto, según el programa de producción de ese día. Se lleva hacia la mezcladora; simultáneamente en el área de molinos se muelen los bloques de diferentes carnes que contiene cada *batch* de producto; a continuación se pesan las diferentes carnes molidas separadas por *buggie*; también los condimentos son trasladados hacia la mezcladora en forma manual.

Para realizar el proceso de mezclado por varios minutos según indica la hoja de procedimientos que tiene cada proceso de productos, dichas hojas se encuentran en un *leitz* en la mesa de trabajo en la mezcladora, donde se forma la pasta.

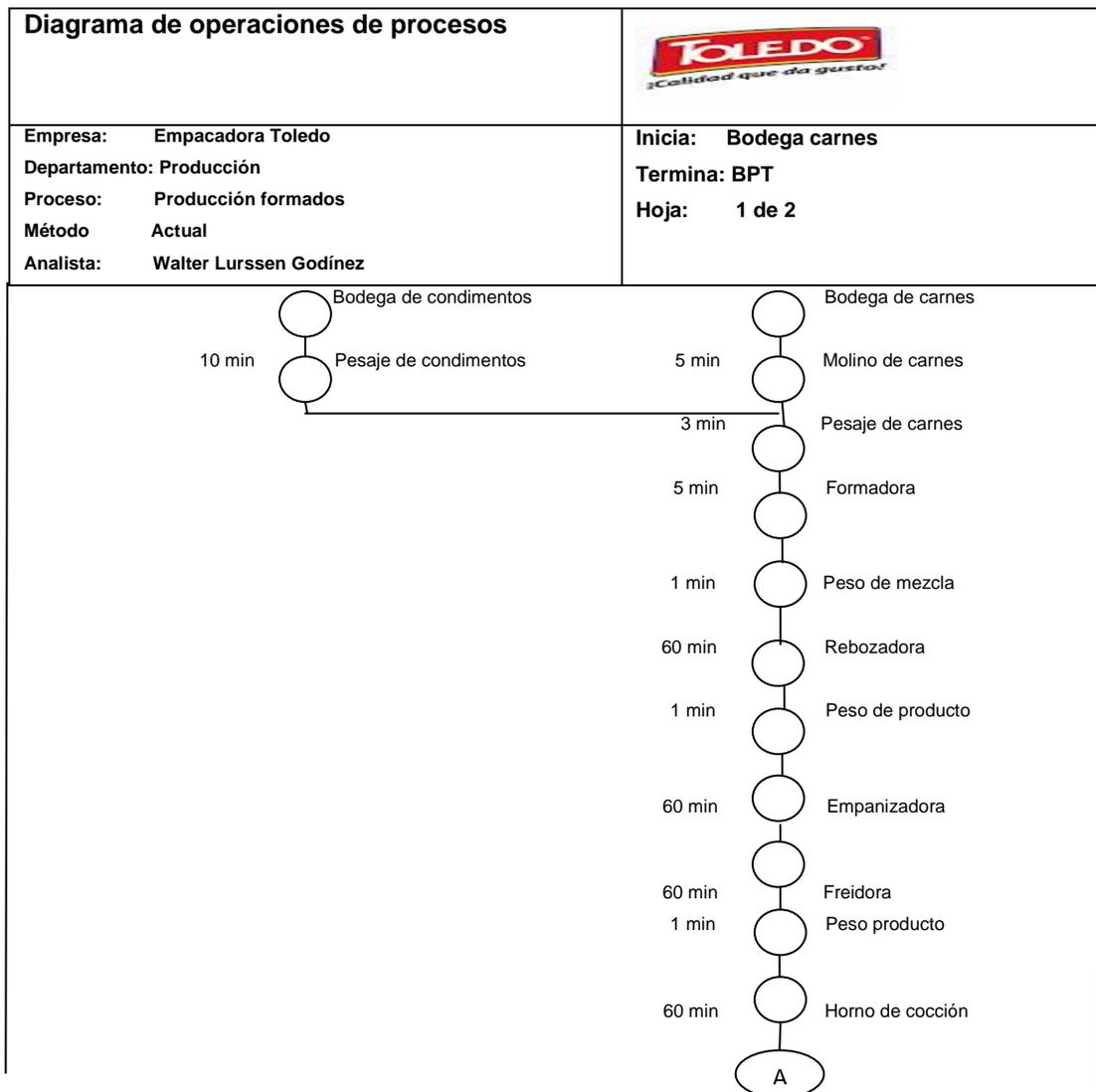
La pasta de la mezcladora es trasladada en *buggie* hacia la formadora, en donde es colocada en un elevador; este sube, se vierte en la tolva de la formadora, y se deja caer en un molde para formar la pieza que se está trabajando; en este punto se toman los pesos de varias muestras. Luego pasa por la rebozadora que aplica *bater* al producto, para que tenga cierta adherencia; se toman los pesos de varias muestras para ver sus variaciones, posteriormente pasa por la empanizadora que es donde se le aplica el empanizado.

Al salir el producto ingresa directamente por la freidora, que es donde se le aplica el aceite a una temperatura mayor de 160 °C por 35 segundos; se toman los pesos de varias muestras para ver las variaciones de peso nuevamente; luego pasa el producto hacia el horno durante 5 minutos, a una temperatura de 145 °C; al salir se toman los pesos de varias muestras para ver sus variaciones; luego es trasladada directamente por un túnel de congelamiento que está configurado a una temperatura de -30 °C, por unos 45 minutos. Después pasa el producto a empaque, donde se coloca en canastas; se pesa en forma manual y se coloca en bolsa; se vuelve a trasladar y es colocado en cajas, las cuales se fechan y pasan por un detector de metales e ingresan en la cámara de producto terminado.

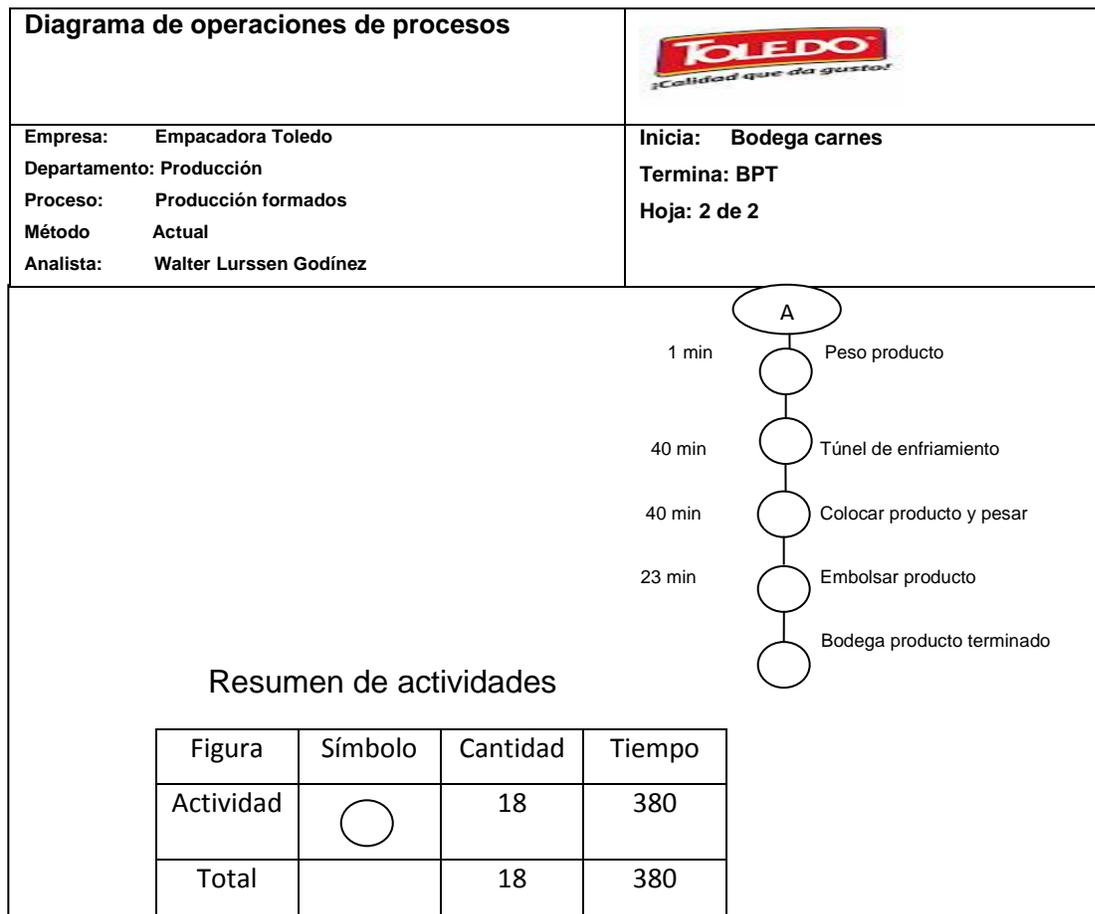
2.1.1.4.2. Diagrama de operaciones del proceso de formados

A continuación se observan en forma secuencial las operaciones del área de formados, desde que la materia prima está en bodega hasta que llega a la bodega de producto terminado.

Figura 7. Diagrama de operaciones del área de formados



Continuación de la figura 7.



Fuente: elaboración propia, empleando el programa Visio.

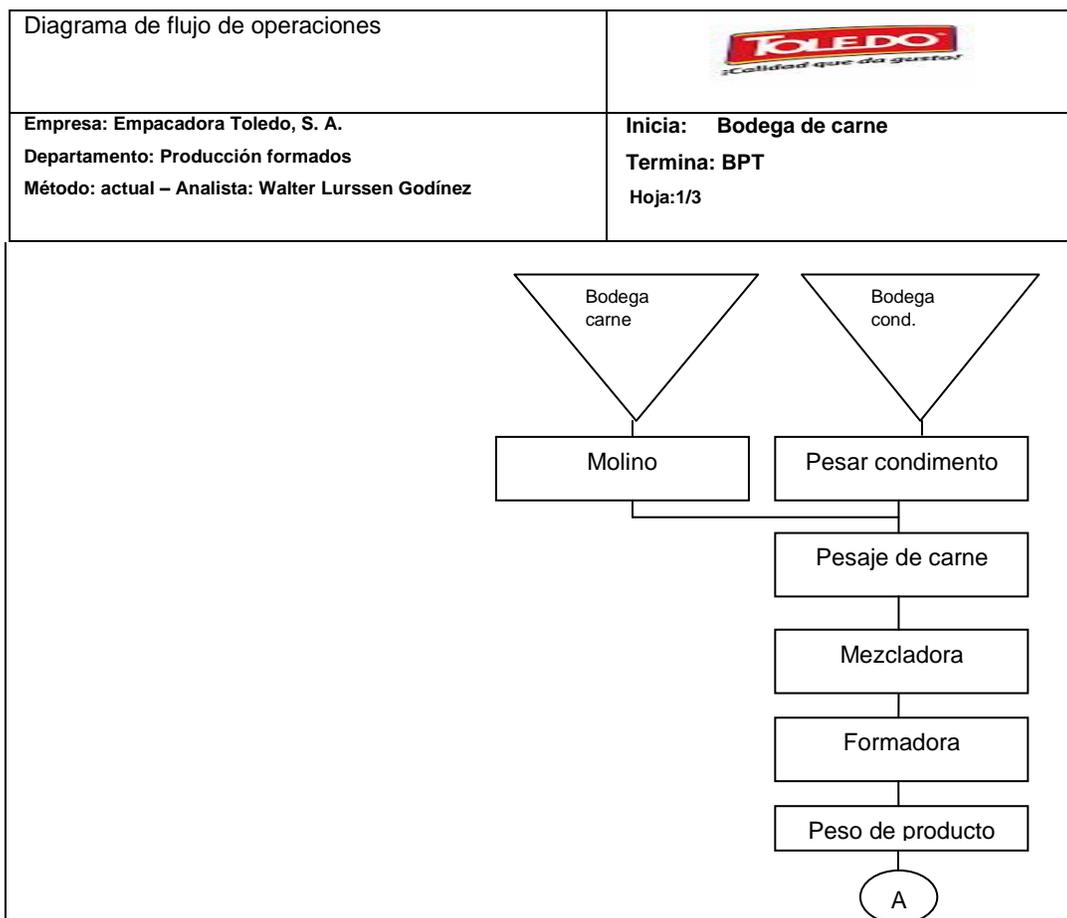
A la salida de la formadora se podría colocar una balanza de piso con un *buggie* para que cuando se reciba la mezcla se pese de inmediato. En la operación de la rebozadora podría combinarse la operación con el peso del mismo, sin que se realice por aparte.

Se podría realizar el programa de empaque para que cuando salga del IQF se realice de una vez y no se incremente el nivel de producto en la cámara.

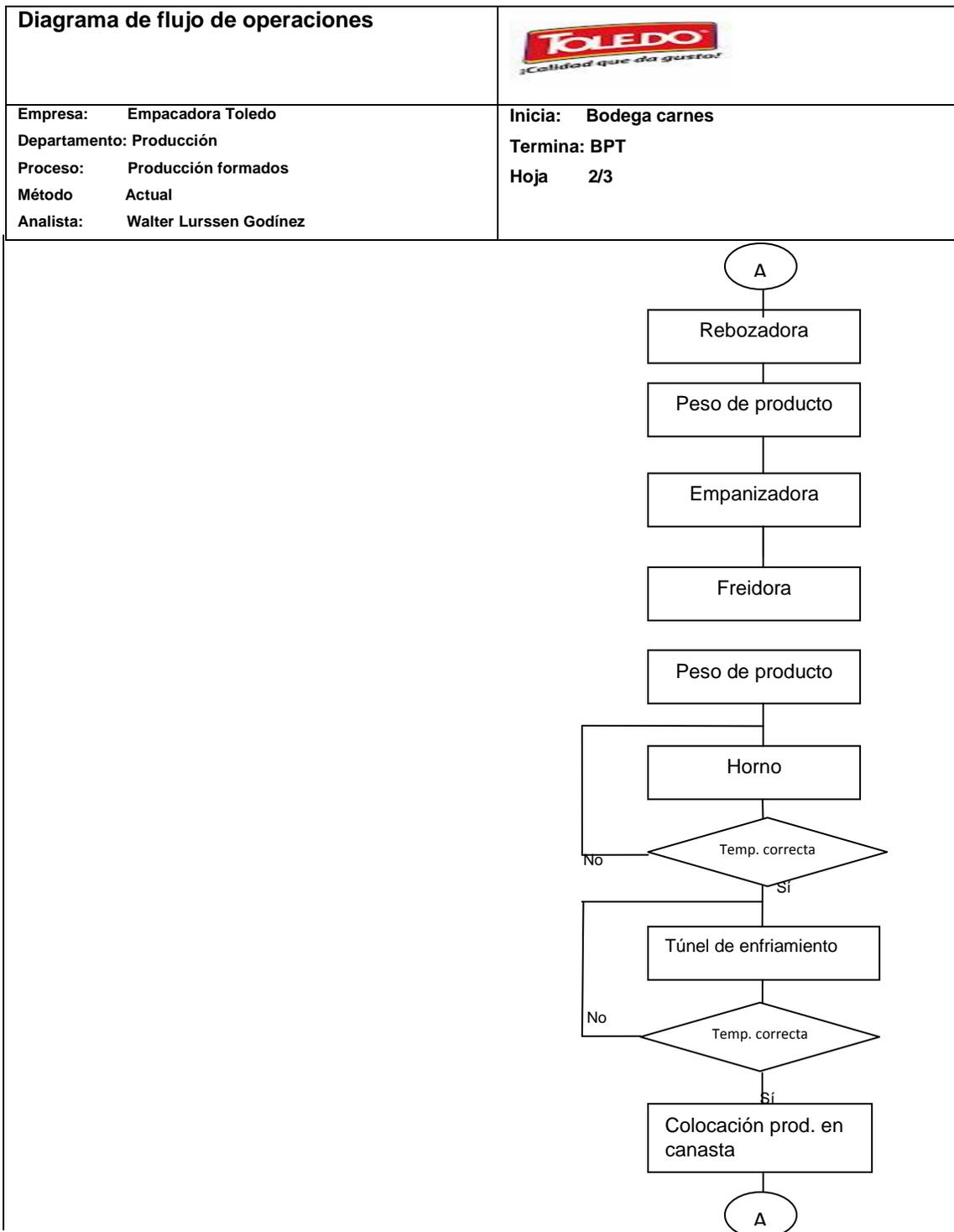
2.1.1.4.3. Diagrama de flujo de operaciones de formados

Se observa en forma secuencial el flujo del producto del área de formados desde que la materia prima está en bodega hasta que llega a la bodega de producto terminado.

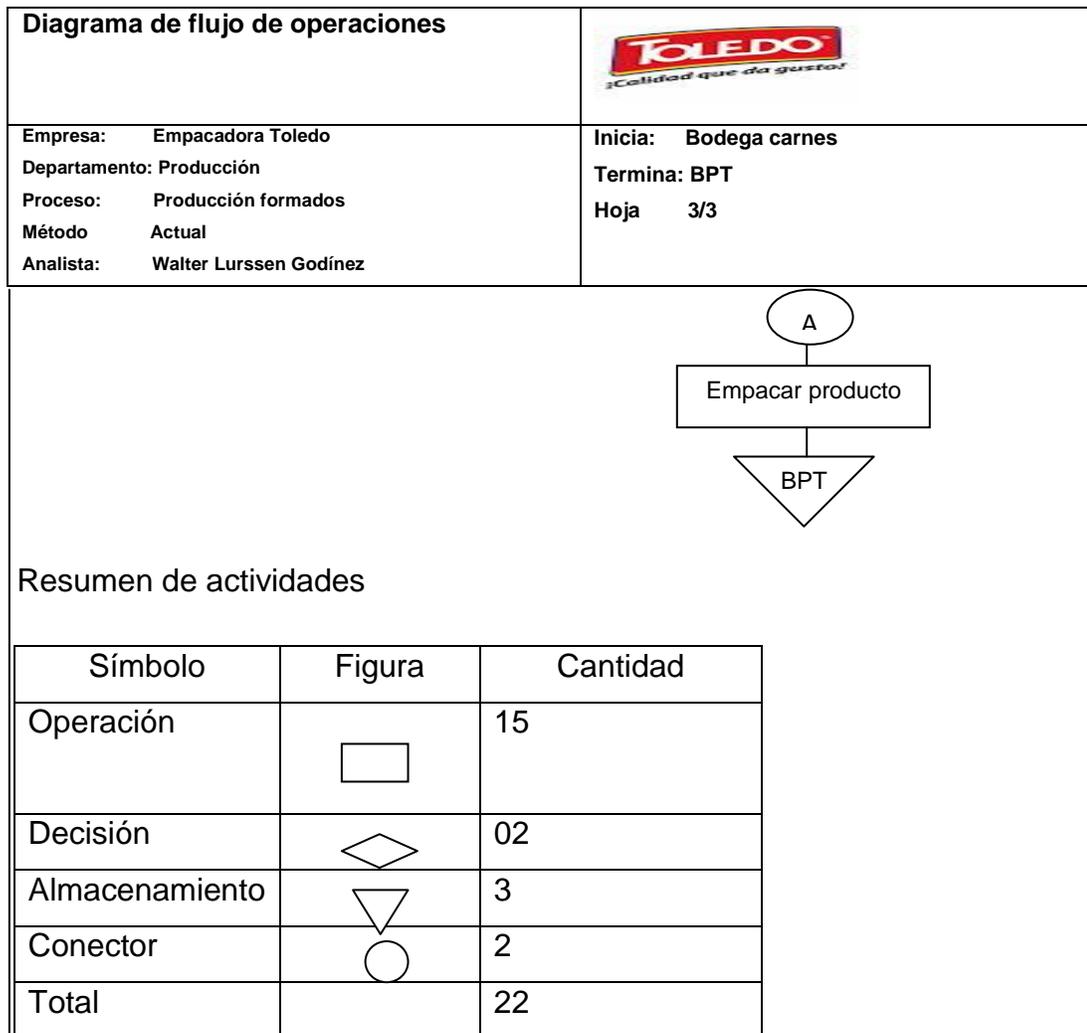
Figura 8. Diagrama de flujo del área de formados



Continuación de la figura 8.



Continuación de la figura 8.



Fuente: elaboración propia, empleando el programa Microsoft Word.

Es recomendable que se instale una operación combinada en la freidora para minimizar los productos con ciertos errores, como por ejemplo sobre fritura, deformación y problemas con la cadena de la banda transportadora. En el anterior diagrama se puede observar que el ciclo de la mezcladora de formados, el tiempo es de 5 minutos por cada *batch*; por lo tanto la rotación de

las canastas y cacharros sucede en menos de la tercera parte, como en el área de salchichas; esto indica que cada 5 minutos están pasando canastas sucias y limpias entre las máquinas, lo que ocasiona un congestionamiento por las mismas.

2.1.1.4.4. Transporte del producto de formados

En el área de producción algunas carnes se transportan hacia el molino en canastas, o *buggies*, se transportan condimentos, expansores, proteínas, hielo y piel; así también diferentes tipos de carnes que se trasladan a la mezcladora, para fabricar la molienda de los diferentes productos cárnicos que llevan o no cobertura, tales como alitas o tortas Toledo; algunos subproductos se elaboran en otras áreas y se llevan en forma manual hacia producción de formados, como pechuguitas y alitas; así también se llevan hacia cámaras frías de la planta, luego se guardan en furgones climatizados a temperaturas bajo 0 °C.

Productos como alitas barbacoa o Dominós se trasladan de la cámara de enfriamiento hacia la tolva donde se distribuyen hacia el resto de la línea de producción; este traslado se realiza en forma manual, utilizando canastas o *buggies*, tarimas y *pallets*.

Las canastas que se utilizan en el proceso, tanto para producto terminado como para producto en proceso, se trasladan en carritos de acero inoxidable, desde el área de formados hacia la de lavado de canastas, desde donde se trasladan posteriormente hacia producción; luego de recibir el producto se coloca nuevamente en canastas limpias para ser trasladado manualmente hacia las embolsadoras, en forma manual, para luego ser empacado en mesas.

Ya codificado el producto se coloca en canastas para ser trasladado a la cámara de proceso; este movimiento se realiza en forma manual; además, cuando se traslada producto de una mesa a otra se realiza de la misma manera.

Figura 9. **Canastas en áreas de proceso, trasiego manual**



Fuente: área producción de salchicha, empacadora Toledo.

En las imágenes anteriores, se observa en la figura de lado izquierdo una fila de canastas que se llevan manualmente de un área a otra, provocando contaminación en toda el área de salchichas.

En la figura del lado derecho se observa una estación de trabajo de formados, en la cual las canastas están desperdigadas, para poder llevar el producto hacia la mesa. Aquí puede haber algún accidente al momento de un siniestro, porque las mismas canastas impedirían seguir la ruta de evacuación.

2.1.2. Propuesta de mejora del sistema de transporte de producto en proceso

Tomando en cuenta el tamaño del área de salchicha, la cantidad de canastas transitan por las máquinas que representan un riesgo latente, porque impiden tener las rutas de evacuación libres, a diferencia del escenario que se tiene en la actualidad; las mismas canastas evitarían salir rápidamente y podrían provocar un accidente a los mismos operarios y caer por esquivarlas del suelo; esto se utiliza a diario.

Durante los dos turnos del área que se tiene durante el día, se manejan alrededor de 350 canastas; 80 cacharros se utilizan durante la operación de producción; se tienen las máquinas de producción, equipos, elevadores, bombas de alto caballaje y carros de transporte, donde se llevan los productos ya embutidos; por seguridad industrial, es conveniente tener el área desocupada.

Para tener esterilizada el área es conveniente minimizar el tráfico de canastas. Al momento de trasegar la materia prima cárnica y condimentos, si por accidente se ha caído al suelo alguna canasta, se ha tenido que desechar el total o parcial contenido de la misma, incurriendo en costos innecesarios, ya que se tiene que volver a completar la materia prima, provocando atrasos en la producción y repercutiendo en el atraso de la entrega de maquinaria, el aumento de horas extras y atrasos en el inicio del próximo turno de producción. Por lo tanto es necesario automatizar el suministro de canastas con materia prima, canasta limpia y canasta sucia.

Para obtener una Producción más Limpia por medio de la propuesta del sistema de transporte de producto en el proceso en las áreas de producción, es

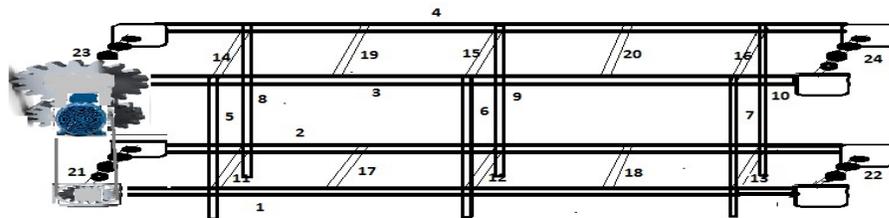
necesario tomar en cuenta los puntos que eliminen los inconvenientes antes mencionados.

Es necesario diseñar una banda transportadora que se coloque al inicio del área de producción para que se elimine el tráfico, maximizando la sanitización y minimizando la posibilidad de que se vuelque a las canastas. Se necesita ocupar el menor espacio posible donde se colocará la banda para maximizar el área transitable, sanitizar las áreas o guardar producto en la cámara de proceso, evitando así también que los operarios platiquen con la persona que ingresa o egresa canastas al área; a la vez se minimizaría el costo por sanitización.

2.1.2.1. Proceso de salchicha

En el proceso de producción de salchicha se colocaría la banda transportadora en la entrada; para evitar desorden de canastas se colocaría tanto para ingresar canasta limpia como egresar canasta sucia en la misma estructura; se tiene un espacio adecuado actualmente para ubicar la banda transportadora horizontal que se colocaría a la par del molino de la línea continua, para que finalice en el *cutter* 300 o en el 500, pues en estos dos puntos es donde se mezclan las materias primas.

Figura 10. **Banda transportadora en las áreas de proceso**



Fuente: elaboración propia, empleando el programa Visio.

2.1.3. Generalidades de la banda transportadora

El sistema de la banda transportadora propuesta, tanto para el área de salchichas como de formados, consta de dos secciones; la primera es la banda superior que tiene una función de ingresar canasta como cacharro limpio o con materia prima proveniente del área de condimentos; la banda se colocará en ambas áreas en la entrada de producción.

La segunda sección consta de una banda instalada en la misma estructura, pero en la parte de abajo, la cual tiene la función de egresar canastas y cacharros sucios ya utilizados; la banda que se ubicará en el área de salchichas termina en la sección del *cutter* que se colocará en la producción de formados y terminará a la par de la mezcladora, para que posteriormente lleven las canastas y cacharros hacia el lavado y desinfección de canastas.

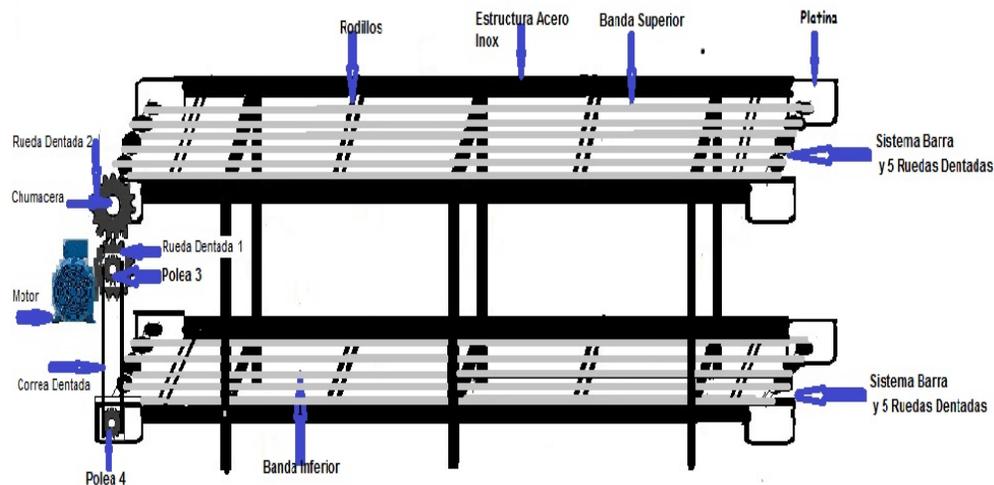
- Banda superior: este tipo de banda transportadora está constituida básicamente por la banda superior que tiene la finalidad de ingresar canastas y cacharros, desde la entrada de cada área hasta el punto donde la reciben; esta recibe el movimiento directo del eje del motor. A continuación se describen por separado la sección motriz y la de reenvío de la banda superior.
 - Sección motriz: se ubica en el extremo de la banda que estaría más cercana al *cutter* en el área de producción de salchichas y en la de producción de formados en la mezcladora. Realiza la acción del eje del motor que va conectado a un engranaje que hace rotar a una segunda rueda dentada que va conectada a una chumacera y esta a su vez al sistema de barra y a 5 ruedas dentadas que van

conectadas con la banda superior de plástico poliuretano *intralox*, que tiene un movimiento en contra de las agujas del reloj.

- Sección de reenvío: el movimiento de la banda superior en el extremo más cercano de la entrada de ambas áreas; dicha sección de la banda está anclada a una chumacera y esta a un sistema de barra de 5 engranajes que por el movimiento cíclico del motor tendría que realizar el sistema de reenvío en la banda transportadora.
- Banda inferior: está constituida por una banda transportadora de plástico modular de material de poliuretano, independiente, apoyada entre rodillos de movimiento libre; gira en movimiento a favor de las agujas del reloj; a continuación se describen por separado la sección motriz y la de reenvío de la banda inferior.
 - Sección motriz: el movimiento proviene de la rueda dentada que va conectada siempre al eje; una polea (polea 3) que se mueve con el movimiento directo del motor y va conectada a una segunda polea (polea 4), por medio de una correa dentada, transmitiendo movimiento a la banda inferior; esta va conectada por medio de una chumacera al sistema de barra y 5 poleas; en el área de salchichas esta sección está más cercana al *cutter* de producción; en el área de formados está más cerca de la mezcladora.
 - Sección reenvío: así como en la banda superior también en la inferior va un sistema que consta de una barra de acero inoxidable y 5 ruedas dentadas que le imprimen movimiento al sistema; por

eso el nombre de reenvío; también va un rodillo de acero inoxidable de movimiento libre para apoyar el movimiento de la banda; esta tiene una dirección de movimiento a favor de las agujas del reloj que está más cercana a las entradas, tanto de las áreas de producción de salchichas como de formados. A continuación se muestra la figura con la banda señalizando las partes más importantes para poder visualizar lo descrito en esta sección.

Figura 11. **Banda transportadora señalizada**



Fuente: elaboración propia, empleando el programa Visio.

- Componentes de la banda transportadora: la banda modular de plástico es a menudo lo más costoso de la propuesta del proyecto. Los costos de adquisición son mayores, cuanto mayor sea la fuerza de torque que debe transmitir durante el proceso de arranque que es donde se requiere una máxima fuerza porque el sistema está inactivo. Para poder usar cintas transportadoras más potentes y de mayor longitud, los accionamientos

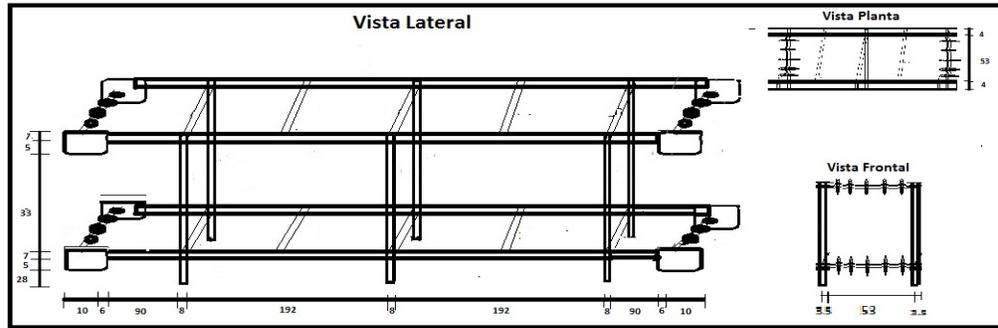
modernos deben proporcionar un elevado rendimiento; al mismo tiempo se debe proteger la instalación y los componentes de las máquinas, como es el caso del motor; por lo cual en el diagrama eléctrico se tiene un guardamotor al inicio, para evitar que un voltaje alto quemara el motor.

- Sistema de rodillos: los rodillos son elementos auxiliares de la estructura de la banda, tanto inferior como superior; su función es recibir el movimiento de la banda de forma más o menos continua, para conducirla hacia delante en las líneas de proceso; requiere generalmente una energía directa que se mueva con el movimiento de la banda en forma repetida; no se necesita ningún operario que manipule directamente sobre ellos en forma continua. El sistema de rodillos funciona por medio de un motor de rotación, el cual a través de ruedas dentadas, correas u otro elemento, transfiere esta energía a los diferentes rodillos; esto hace que el sistema opere de manera eficiente, haciendo rodar todos los rodillos a una misma revolución y velocidad.
- Comportamiento: el comportamiento que presentan los 8 rodillos distribuidos tanto en la banda superior como inferior en el manejo de las cintas transportadoras es bastante cíclico; se tomó en cuenta su diseño para mantener el movimiento de la cinta de forma mecánica.
- Espacio: dentro del área de producción de salchichas se dispone de un espacio de 1,5 metros de ancho para evitar bloquear la entrada, puesto que continuamente se ingresa o egresa maquinaria, para mantenimientos preventivos o correctivos, o realizar pruebas con maquinarias, necesitándose un espacio de 3 metros, puesto que la entrada tiene 4 metros de ancho. En el área de formados se dispone de un espacio de 1 metro de ancho para evitar bloquear la entrada, por lo

que se necesita tener un espacio libre de 3 metros, considerando que la entrada tiene 4,30 metros de ancho.

- Tamaño de la banda: la distancia o el largo de las estructuras de ambas bandas transportadoras que se diseñan tienen 7 metros de largo por 0,6 metros de ancho, teniendo una altura la primer banda de 0,85 metros desde el suelo, La segunda tendrá una altura de 0,35 metros de alto, cuando se extiende la que se colocará en salchichas tiene una longitud de 15 metros de largo y la que se colocará en producción de formados tiene una longitud de 13 metros de largo.
- Altura de la banda: la banda es horizontal; la banda superior tienen una altura de 0,85 metros; estará instalada en la parte superior de la estructura para ingresar canastas o cacharro limpio o con materia prima; en la parte inferior se colocará la segunda banda a una altura de 0,35 metros, donde egresará la canasta sucia, con dirección hacia fuera del área de salchichas.
- Tipo de banda: la banda es tipo modular de plástico específicamente de poliuretano, creadas para el transporte de alimentos, con grandes ventajas como resistencia a la corrosión y a la contaminación; por el material tiene bajos niveles de fricción y elevada resistencia a la abrasión, cuyo diseño debe tener el mismo paso que los engranajes, para que pueda ser activada con facilidad, evitando que aumente el amperaje en el motor.

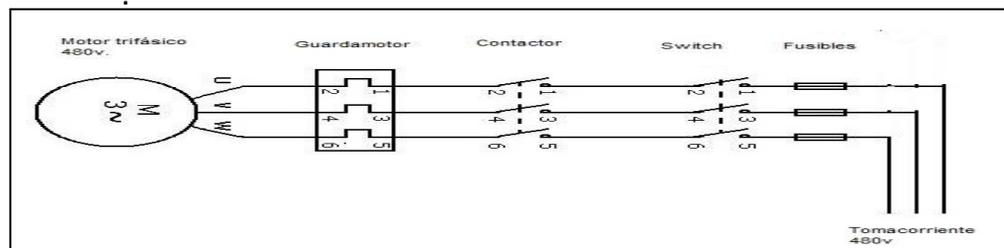
Figura 12. Vista de la banda transportadora propuesta



Fuente: elaboración propia, empleando el programa Visio.

- Esquema eléctrico: el motor utilizado según lo calculado en la siguiente sección es trifásico, este va unido a un guardamotor para protegerlo contra variaciones o picos altos de voltaje; luego utiliza un contactor de 3 vías; a la salida de este dispositivo va conectado a tres switches o paros de emergencia, que se colocan en los extremos de la banda; los mismos van unidos a un fusible que será conectado a un tomacorriente 480 V.

Figura 13. Esquema eléctrico de la banda transportadora de salchicha



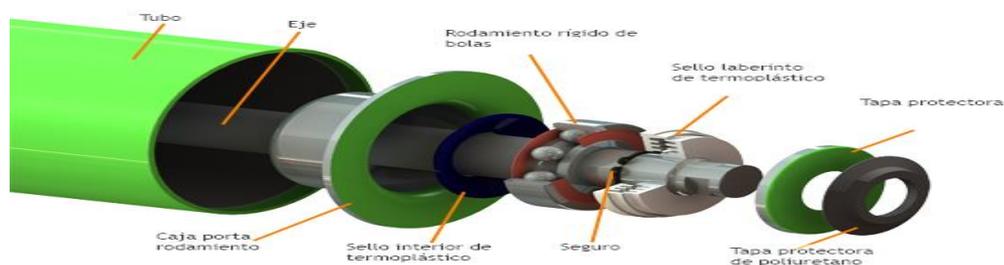
Fuente: elaboración propia, empleando el programa Visio.

2.1.3.1. Características generales de los rodillos

En relación con los rodillos que se tienden a manejar en el transporte de canastas o cacharros, se cuenta con una diversidad de características que ayudan tanto en el mantenimiento o limpieza y sanitización del mismo, como en las condiciones de uso; el campo de aplicación será la industria alimenticia, por tal motivo se decidió diseñarlo de acero inoxidable o de poliuretano, para evitar futuros focos de infección que pudiera causar una contaminación biológica a la materia prima o canastas, que serán trasladadas por la banda transportadora.

Los rodillos de los cuales dependería el campo de aplicación del mismo y como se puede observar en la figura siguiente, se mencionan recubrimientos como compuestos de cerámica, acero más aleaciones, poliuretano, HDPE, plásticos aprobados para alimentos, cauchos, PVC, entre otros.

Figura 14. Partes de los rodillos



Fuente: *Partes de un rodillo*. https://www.google.com.gt/search?q=partes+de+un+rodillo&biw=1517&bih=741&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=BCCrVJ2OKMqZNq3igsAL&ved=0CAYQ_AUoAQ&dpr=0.9#facrc=_&imgdii=fK00YgbNsJ__nM%3A%3BtKZHLNLIlineqNM%3BfK00YgbNsJ__nM%3A&imgrc=fK00YgbNsJ__nM%253A%3BjHAbJcHGXBkLiM%3Bhttp%253A%252F%252Fi01.i.aliimg.com%252Fimg%252Fpb%252F701%252F281%252F519%252F519281701_454.jpg%31Bhttp%253A%252F%252Fspanish.alibaba.com%252Fproduct-gs%252Fjt-iso-9001-conveyor-drive-roller-426343447.html%3B800%3B534. Consulta: diciembre de 2015.

2.1.3.2. Cálculos de la banda transportadora de salchicha

A continuación se realizarán los cálculos necesarios para diseñar la banda transportadora, como indica la fórmula de la fuerza tangencial máxima F_u , que soportará el sistema de la banda de salchicha. Posteriormente se calcularán las masas que indica dicha fórmula:

$$F_u = \mu R \times g \times (M + M_B + M_R)$$

Para calcular la masa de rodillo (M_R) se tomó en cuenta la densidad del material motriz, que en este caso es de plástico modular poliuretano-polipropileno que se toma de la tabla I. El volumen motriz depende del volumen del sistema de los 5 engranajes de plásticos modulares más el volumen de la barra motriz; esta sumatoria de volúmenes se determina como volumen total; ahora se calculará la masa del rodillo:

$$\text{masa (MR)} = \rho \times \text{volumen motriz}$$

$$\text{masa (MR)} = 0,91 \text{ gr/cms}^3 \times 2\,223,51 \text{ cms}^3$$

$$\text{masa (MR)} = 2\,023 \text{ kg.}$$

Tabla I. Densidad típica utilizada para la fuerza tangencial máxima

Denominación DIN	Densidad típica Gr/cm ³
Poliamida PA (Ertalon / Nylatron / Tecast / Tecamid)	1,15
Polióxido de metilo POM C Poliacetal - Acetal (Ertacetal / Tecaform)	1,41

Continuación de la tabla I.

Tereftalato de polietileno <i>polyester</i> PET (Arnite /Tecadur / Ertalyte)	1,38
Polietileno PE (Cestilene / Tecafine / PE-UHMW / PE- HD)	0,95
Polipropileno PP (Tecafine)	0,91
Cloruro de polivinilo PVC rígido	1,42
Cloruro de polivinilo PVC flexible	1,24
Metacrilato de polimetileno PMMA (Tecacryl / Plexiglas / Resalit)	1,20
Policarbonato PC (PC1000 / Lexan / Makrolon / Tecanat)	1,20
Politetrafluoretileno PTFE (Tecaflon / Hostaflon)	2,18
Fluoruro de polivinilideno PVDF (Tecaflon / Solef / Kynar)	1,78
Polietercetona PEEK (ketron Peek / Tecapeek / Victrex)	1,32-1.50

Fuente: *Densidades de plásticos*. http://www.plasticosmecanizables.com/plasticos_densidades.html. Consulta: diciembre de 2015.

La masa de la banda (MB) de salchicha, se calcula a partir del peso por metro de la banda, es decir, como la longitud es de 7 metros, el largo de la banda extendida es de 15 metros.

$$\text{Masa banda (MB)} = 4 \text{ kg/m}$$

$$\text{Masa banda (MB)} = 4 \text{ kg/m} \times 15 \text{ m} = 60 \text{ kg.}$$

La masa (M) máxima de las materias primas que se utilizan en el área es de 4 900 libras; trasladada a kilogramos será:

$$\frac{4\,700 \text{ lbs.} \times 0,4535 \text{ kg}}{1 \text{ lb}} = 2\,131,45 \text{ kg}$$

Teniendo los datos requeridos, se procede a calcular la fuerza tangencial máxima:

$$F_u = \mu R \times g \times (M + M_B + M_R)$$

$$F_u = 0,11 \times 9,81 (2\,131,45 \text{ kg} + 60 \text{ kg} + 2\,023)$$

$$F_u = 2\,363,97 \text{ N}$$

Ahora se calculará la fuerza de tracción máxima de la banda (F1), tomando en cuenta la constante C1 de tambor de acero liso que se muestra en la tabla V.

$$F_1 = F_u \times C_1$$

$$F_1 = 2\,363,97 \text{ N} \times 1,4$$

$$F_1 = 3\,313,76 \text{ N}$$

Tabla II. **Constante C1 utilizada para calcular la fuerza de tracción máxima de la banda**

Tambor de acero liso									
Seco	1,5	1,4	1,3	1,8	1,6	1,5	2,1	1,9	1,7
Mojado	3,7	3,2	2,9	5	4	3	No recomendable		
Tambor con forro fricción									
Seco	1,4	1,3	1,2	1,6	1,5	1,4	1,5	1,4	1,3
Mojado	1,8	1,6	1,5	3,7	3,2	2,9	2,1	1,9	1,7

Fuente: *Siegling transilon*. http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-06-21_09-06-57105684.pdf. Consulta: diciembre de 2015.

Calculando el diámetro mínimo del tambor motriz (dA), y partiendo de la constante C3, (revisada en la siguiente tabla) y el ancho de la banda (bo):

$$dA = \frac{F_u \times C3}{b_o}$$

$$dA = \frac{2\,363,97 \text{ N} \times 25}{515 \text{ mm}} = 114,75 \text{ mm}$$

Tabla III. **Constante C3 de un tambor de acero liso seco para calcular el diámetro del tambor motriz**

Recubrimiento de la cara inferior <i>Siegling Transilon</i>	V3,V5,U2,A5, E3	V1,U1,UH	O,U0,NOVO,T,P
Tambor de acero liso			
Seco	25	30	40
Mojado	0	No recomendable	No recomendable
Tambor con forro fricción de fricción			
Seco	25	25	30
Mojado	30	40	40

Fuente: *Siegling transilon*. http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-06-21_09-06-57105684.pdf_ Consulta: diciembre de 2015.

Se calcula la potencia mecánica del tambor motriz PA, mediante la fuerza tangencial máxima Fu y la velocidad en que correrá la banda transportadora:

$$PA = \frac{F_u \times V}{1000}$$
$$PA = \frac{2\,363,97 \text{ N} \times 0,5 \text{ m/s}}{1\,000} = 1,182 \text{ Kw}$$

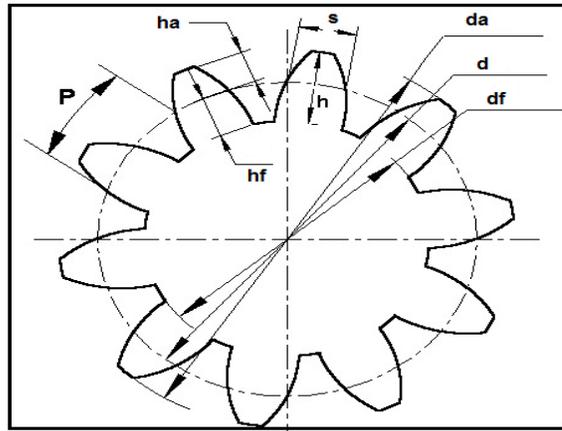
Se calcula la potencia del motor (Pm) necesaria para mover la banda y el peso descrito anteriormente, utilizando la potencia mecánica del tambor PA y la eficiencia (n):

$$P_m = \frac{PA}{n}$$
$$P_m = \frac{1,182}{0,80}$$
$$P_m = 1,477 \text{ Kw}$$
$$P_m = 2,008 \text{ hp}$$

Se podría implementar un motor de 2.0 hp, trifásico, de 480 volts, de 8 polos, para maximizar el ahorro de energía, de velocidad 870 rpm; esto sería lo necesario para asegurar que hará mover las dos bandas transportadoras con la carga máxima prevista.

Ahora se diseña la rueda dentada que se utiliza para la transmisión de potencia, que hace girar desde los extremos de la banda modular de salchicha, tanto de la sección motriz como de reenvío.

Figura 15. Partes de ruedas dentadas, área de producción



Fuente: elaboración propia, empleando el programa AutoCAD.

Identificación de los símbolos en la anterior figura: (d): diámetro primitivo; (da): diámetro del círculo de la cabeza del diente; (df): diámetro del círculo del pie del diente; (ha) es la altura de la sección superior del diente; (hf) es la altura de la sección inferior del diente y (h) es la suma de ambas secciones del diente.

A partir del valor del diámetro primitivo (d es igual a 160 mm) se calcula el diámetro del círculo de la cabeza (da), como indica la fórmula, donde ha es la altura de cabeza de diente, como se muestra en la figura 1.

$$da = d + 2 ha$$

$$da = 160 \text{ mm} + 2(4 \text{ mm})$$

$$da = 168 \text{ mm}$$

Se calcula la altura del pie de diente (h_f), a partir de la altura de la cabeza de diente (h_a):

$$h_f = 1,25 h_a$$

$$h_f = 1,25 (4 \text{ mm})$$

$$h_f = 5 \text{ mm}$$

Se calcula a continuación el diámetro del círculo de pie (d_f), a partir de la altura de pie de diente (h_f):

$$d_f = d - 2h_f$$

$$d_f = 160 - 2(5 \text{ mm})$$

$$d_f = 150 \text{ mm}$$

Se calcula a continuación el número de dientes (Z), a partir de la siguiente igualdad: $m' = h_a$, como se muestra en la fórmula siguiente:

$$m' = d / Z$$

$$Z = d / m'$$

$$Z = 160 \text{ mm} / 4 \text{ mm}$$

$$Z = 40 \text{ dientes}$$

A continuación se encuentra el paso p , tomando en cuenta d y Z , como se describe en la siguiente fórmula:

$$p = 3,14 d / Z$$

$$p = 3,14 (160 \text{ mm} / 40)$$

$$p = 12,56 \text{ mm}$$

Ahora se calcula la altura del diente (h), donde la fórmula describe la sumatoria de ambas secciones:

$$h = h_a + h_f$$

$$h = 4 \text{ mm} + 5 \text{ mm}$$

$$h = 9 \text{ mm}$$

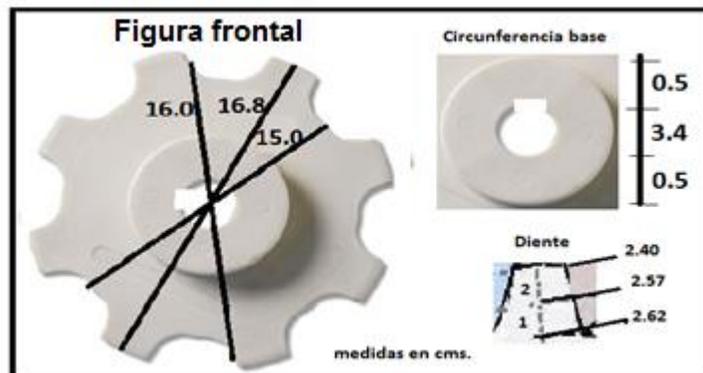
Por último se halla el espesor del diente o dientes, como se muestra a continuación:

$$s = p / 2$$

$$s = 12,56 \text{ mm} / 2 = 6,28 \text{ mm}$$

Esta rueda dentada será colocada en grupos de 5 ruedas en los extremos de ambas bandas, tanto la superior como la inferior.

Figura 16. **Dimensiones, sección motriz de la banda transportadora de salchicha**



Fuente: elaboración propia, empleando el programa Visio.

Tomando en cuenta los valores de las ruedas dentadas mostradas en la figura anterior, se calculará el volumen de estas ruedas dentadas, las cuales se utilizan para determinar la masa de la sección motriz.

Se determinará el volumen de la circunferencia base, cuyo espesor de esta sección es 0,7 cms. Luego se restará el cuñero, cuyas dimensiones son 0,7 x 0,4 cms.

$$\text{Área} = \pi r^2$$

$$\text{Área} = \pi (0,5)^2$$

$$\text{Área} = 0,7854$$

$$\text{Volumen} = \text{área} \times \text{espesor}$$

$$\text{Volumen} = 0,7854 \times 0,7$$

$$\text{Volumen} = 0,5498 \text{ cms}^3$$

$$\text{Vol. cuñero} = 0,7 \times 0,4 \times 1,0$$

$$\text{Vol. cuñero} = 0,28 \text{ cms}^3$$

$$\text{Vol. círculo base} = 0,5498 \text{ cms}^3 - 0,28 \text{ cms}^3$$

$$\text{Vol. círculo base} = 0,2698 \text{ cms}^3$$

Ahora se determinará el volumen de los dientes que forman la rueda dentada; tomando en cuenta que el ángulo es 20°, el radio base es 7,5; determinado por la ley de arco la sección pie, se tiene que:

$$s \text{ pie} = \frac{2 \pi r \Theta}{360}$$

$$s \text{ pie} = (2 \pi (7,5) \times 20)/360$$

$$s \text{ pie} = 2,62 \text{ cms.}$$

Para determinar la sección de la cabeza, se toma el radio junto con el ángulo de 16° se tiene:

$$s \text{ cabeza} = \frac{2 \pi r \Theta}{360}$$

$$s \text{ cabeza} = \frac{2 \pi (8,4) \times 16}{360} = 2,34 \text{ cms.}$$

Para determinar el volumen total del diente tanto de la sección motriz como de reenvío, se dividen en dos trapecios; se saca el área de los trapecios como se ve en la figura 6, para obtener el volumen de la siguiente forma:

$$A1 = \frac{(B + b) \times h}{2}$$

$$A1 = \frac{(2,57 + 2,62) \times 0,5}{2} = 1,297 \text{ cms}^2$$

$$A2 = \frac{(B + b) \times h}{2}$$

$$A2 = \frac{(2,57 + 2,34) \times 0,4}{2} = 0,982 \text{ cms}^2$$

$$A \text{ total del diente} = 1,297 \text{ cms}^2 + 0,982 \text{ cms}^2 = 2,28 \text{ cms}^2$$

$$\text{Vol. diente} = \text{área total} \times \text{espesor}$$

$$\text{Vol. diente} = 2,28 \times 0,5$$

$$\text{Vol. diente} = 1,14 \text{ cms}^3$$

$$\text{Vol. dientes} = \text{Vol. diente} \times 40$$

$$\text{Vol. dientes} = 45,60 \text{ cms}^3$$

Ahora se determinará el volumen de la circunferencia mayor:

$$\text{Vol} = \pi \times r^2 \times \text{espesor}$$

$$\text{Vol} = \pi \times (5,3)^2 \times 1,5$$

$$\text{Vol} = 132,37 \text{ cms}^3$$

Para encontrar el volumen de la barra, tanto de la sección motriz como de reenvío, que transmitirá la potencia del motor hacia los 5 engranajes, se calculará como sigue:

$$\text{Vol. barra} = 2\pi \times r \times l + \text{Vol. cuñero}$$

$$\text{Vol. barra} = 2\pi \times 4 \times 53 + 0,28$$

$$\text{Vol. barra} = 1\ 332,31 \text{ cms}^3$$

$$\text{Vol. total} = 5 (\text{Vol. círculo mayor} + \text{Vol. círculo base} + \text{Vol. 40 dientes}) + \text{Vol. barra}$$

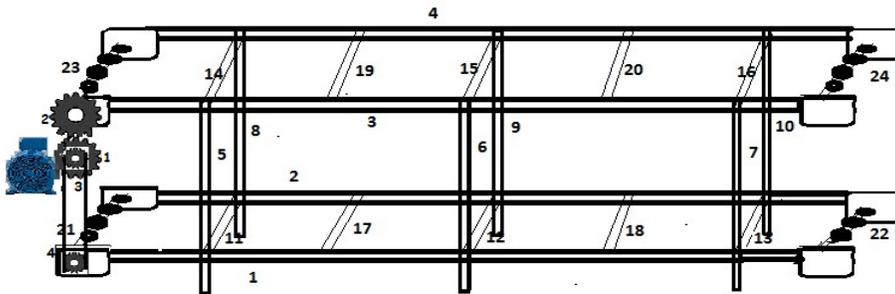
$$\text{Vol. total} = 5(132,37 \text{ cms}^3 + 0,2698 \text{ cms}^3 + 45,60 \text{ cms}^3) + 1\ 332,31 \text{ cms}^3$$

$$\text{Vol total} = 2\ 223,51 \text{ cms}^3$$

La transmisión de potencia la realizaría de la siguiente forma: del eje del motor se colocaría una rueda dentada de 120 mm de diámetro (rueda dentada 1), rotando en sentido de las manecillas del reloj y conectada a una segunda rueda dentada de 150 mm de diámetro (rueda dentada 2) que está conectada directamente con la barra, con las 5 ruedas dentadas que giran en sentido contrario de las manecillas del reloj, para hacer girar la banda transportadora, de modo que ingresen las canastas o cacharros con materia prima al área de salchicha. Así también en el eje del motor se conectará una polea dentada de 80 mm de diámetro (polea 3), que gira igual que la primera rueda descrita en sentido de las agujas del reloj.

Es conectada por medio de una correa dentada de poliuretano, uniéndose a una cuarta polea dentada de 80 mm de diámetro (polea 4) que giraría en sentido de las agujas del reloj, para hacer girar la segunda banda transportadora, y así sacar las canastas o cacharros sucios del área, como se ilustra en la siguiente imagen.

Figura 17. **Estructura y sistema de transmisión de potencia banda transportadora de salchicha**



Fuente: elaboración propia, empleando el programa Visio.

A continuación se diseña la primera y segunda rueda dentada que se muestra en la figura 6; así también el resto de sistema.

Para el diseño de la primera rueda dentada, el diámetro primitivo (d), tiene un valor de 108 mm. A partir de dicho valor se calcula el diámetro del círculo de la cabeza (d_A) de la rueda dentada, como indica la fórmula, donde h_a es la altura del diente, tal como se muestra en la figura 5.

$$d_A = d + 2 h_a$$

$$d_A = 108 \text{ mm} + 2(6 \text{ mm})$$

$$d_A = 120 \text{ mm}$$

Se calcula la altura del pie de diente (h_f), a partir de la altura de la cabeza de diente (h_a):

$$h_f = 1,25 h_a$$

$$h_f = 1,25 (6 \text{ mm})$$

$$h_f = 7,5 \text{ mm}$$

Se calcula a continuación el diámetro del círculo de pie (d_f), a partir de la altura del diente (h_f):

$$d_f = d - 2h_f$$

$$d_f = 108 - 2(7,5 \text{ mm})$$

$$d_f = 93 \text{ mm}$$

Se calcula a continuación el número de dientes (Z), a partir de la siguiente igualdad $m' = h_a$, como se muestra en la fórmula siguiente:

$$m' = d / Z$$

$$Z = d / m'$$

$$Z = 108 \text{ mm} / 6 \text{ mm} = 18 \text{ dientes}$$

A continuación se calcula el paso p , como se observa en la figura 5, a partir de la siguiente fórmula:

$$p = 3,14 d / Z$$

$$p = 3,14 (108 \text{ mm} / 18) = 18,84$$

Ahora se calcula la altura del diente (h), donde la fórmula describe la sumatoria de ambas secciones del diente:

$$h = h_a + h_f$$

$$h = 6 \text{ mm} + 7,5 \text{ mm}$$

$$h = 13,5 \text{ mm}$$

Por último se calcula el espesor del diente (s), como se muestra a continuación:

$$s = p / 2$$

$$s = 18,84 \text{ mm} / 2$$

$$s = 9,42 \text{ mm}$$

Ahora se diseña la segunda rueda dentada; como estas dos ruedas están conectadas, se sabe que tanto el módulo (m) como el paso (p) son iguales, para que puedan encajar con libertad los dientes al momento que roten por medio de la acción mecánica del motor:

$$m'1 = m'2 = 6 \text{ mm}$$

$$p1 = p2 = 18,84 \text{ mm}$$

El diámetro primitivo (d) tiene un valor de 138 mm. A partir de este valor se calcula el diámetro del círculo de la cabeza (da), como indica la fórmula, donde ha es la altura de cabeza de diente como se muestra en la figura 5:

$$d_a = d + 2 h_a$$

$$d_a = 138 \text{ mm} + 2(6 \text{ mm})$$

$$d_a = 150 \text{ mm}$$

Se calcula la altura del pie de diente (h_f), a partir de la altura de la cabeza de diente (h_a):

$$h_f = 1,25 h_a$$

$$h_f = 1,25 (6 \text{ mm})$$

$$h_f = 7,5 \text{ mm}$$

Se calcula a continuación el diámetro del círculo pie (d_f), a partir de la altura de pie de diente (h_f):

$$d_f = d - 2 h_f$$

$$d_f = 138 - 2(7,5 \text{ mm})$$

$$d_f = 123 \text{ mm}$$

A continuación se determina el número de dientes (Z), a partir de la siguiente igualdad $m' = h_a$, como se muestra en la fórmula siguiente:

$$m' = d / Z$$

$$Z = d / m'$$

$$Z = 138 \text{ mm} / 6 \text{ mm}$$

$$Z = 23 \text{ dientes}$$

Ahora se calcula la altura del diente (h), donde la fórmula describe la sumatoria de ambas secciones:

$$h = h_a + h_f$$

$$h = 6 \text{ mm} + 7,5 \text{ mm}$$

$$h = 13,5 \text{ mm.}$$

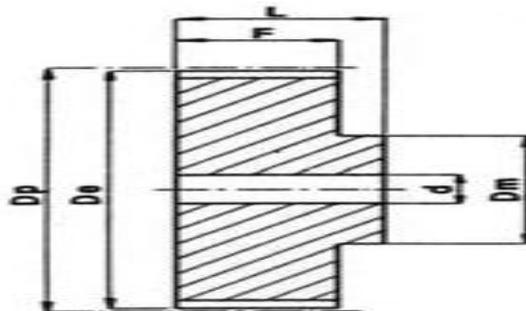
Por último, se calcula el espesor del diente (s), como se muestra a continuación:

$$s = p / 2$$

$$s = 18,84 \text{ mm} / 2 = 9,42 \text{ mm}$$

Las poleas dentadas 3 y 4 tienen un diámetro externo de 80 mm, un paso (D) de 38,5 mm, un diámetro (Dp) de 80 mm, un diámetro (De) de 77,2 mm, un ancho (F) de 34,1 mm y un ancho (L) de 35,0 mm.

Figura 18. **Corte y acotado de polea dentada de producción**



Fuente: elaboración propia, empleando el programa Visio.

Se escogió la correa dentada para transmitir potencia desde la polea dentada 3 hacia la 4, la cual está hecha de poliuretano; las dos poleas están separadas por 315 milímetros en cada lado; la sección de la correa que va en la sección de medio círculo de las poleas 3 y 4 se calcula por la sección de arco.

A continuación se observa el cálculo de la longitud de la correa que hará girar las poleas dentadas 3 y 4.

La fórmula de perímetro de ambos medios círculos queda de la siguiente manera:

$$l = \text{Perímetro medio círculo} = 2\pi \times r / 2$$

Se elimina el 2, quedando la fórmula como se indica a continuación: el radio del círculo de las poleas es de 40 mm. Como las poleas tienen una separación de 315 mm, entonces dicha separación es recorrida por la correa en ambos lados; se calcula a continuación la longitud total de la correa dentada:

$$l = \pi \times r$$

$$l = \pi \times 40$$

$$l = 125,66 \text{ mm}$$

$$l_{\text{tot}} = 630 + 2(125,66 \text{ mm})$$

$$l_{\text{tot}} = 880 \text{ mm}$$

2.1.3.3. Proceso de formados

En el proceso de producción de formados se colocaría la banda transportadora en la entrada; para evitar que se haga el desorden de canastas se colocaría tanto para ingresar como egresar, tanto las canastas sucias como limpias en la misma estructura de la banda; se tiene un espacio adecuado actualmente para colocar la banda transportadora horizontal que se colocaría en forma paralela de la sierra pegada a la pared, que llegaría a la mezcladora en ese puntos. Donde se necesitan las canastas y cacharros con materia prima cárnica, con condimentos y donde se mezclan las materias primas con los extensores, no se interrumpe ningún proceso ni se interfiere el paso peatonal; además en esta área se tienen conexiones eléctricas monofásicas y trifásicas.

2.1.3.4. Cálculos de la banda transportadora de formados

El cálculo de la banda transportadora del área de formados se hará tomando en cuenta que el largo de la misma es de 6 metros; el ancho es de 0,58 m.

Se calculará la fuerza tangencial máxima (F_u), a partir del coeficiente de fricción en la puesta en marcha (μ_R), así también de la masa de la mercancía (M), masa de la banda (M_B) y masa de rodillos (M_R).

La fórmula es la siguiente:

$$F_u = \mu_R \times g \times (M + M_B + M_R)$$

Para calcular la masa de rodillo (M_R), se toma en cuenta la densidad del material motriz, el cual en este caso es de plástico modular y de poliuretano polipropileno, que se toma de la tabla IV. El volumen motriz depende del sistema de los 5 engranajes de plásticos modulares más el volumen de la barra motriz; estas sumatorias de volúmenes son calculadas más adelante.

$$\text{Masa (MR)} = \rho \times \text{volumen motriz}$$

$$\text{Masa (MR)} = 0,91 \text{ gr/cms}^3 \times 2 \text{ 223,51 cms}^3$$

$$\text{Masa (MR)} = 2 \text{ 023 kg}$$

Tabla IV. **Densidad típica utilizada para la fuerza tangencial máxima**

DENOMINACIÓN DIN	Densidad típica gr/cm ³
Poliamida PA (Ertalon / Nylatron / Tecast / Tecamid)	1,15
Polióxido de metilo POM C poliacetal - acetal (ertacetal / tecaform)	1,41
Tereftalato de polietileno polyester PET (arnite /tecadur / ertalyte)	1,38
Polietileno PE (cestilene / tecafine / PE-UHMW / PE- HD)	0,95
Polipropileno PP (tecafine)	0,91
Cloruro de polivinilo PVC rígido	1,42
Cloruro de polivinilo PVC flexible	1,24
Metacrilato de polimetilo PMMA (tecacryl / plexiglas / resalit)	1,20
Policarbonato PC (PC1000 / <i>lexan</i> / <i>makrolon</i> / <i>tecanat</i>)	1,20
Politetrafluoretileno PTFE (<i>tecaflon</i> / <i>hostaflon</i>)	1,18
Fluoruro de polivinilideno PVDF (<i>tecaflon</i> / <i>solef</i> / <i>kynar</i>)	1,78
Polietercetona PEEK (<i>ketron peek</i> / <i>tecapeek</i> / <i>victrex</i>)	1,32 -1,50
Polisulfona PSU (<i>tecason</i> / <i>udel</i> / <i>ultrason</i>)	1,24
Polietersulfona PES (<i>tecason</i> / <i>radel</i> / <i>ultrason</i>)	1,37

Fuente: *Plásticos mecanizables*. http://www.plasticos-mecanizables.com/plasticos_densidades.html. Consulta: diciembre de 2 015.

La masa de la banda (MB), se calcula a partir del peso por metro de la banda de formados; la longitud es de 6 metros y el largo de la banda extendida de 13 metros.

Masa banda (MB) = 4 kg/m

Masa banda (MB) = 4 kg/m x 13 m

Masa banda (MB) = 52 kg

La masa (M) máxima de las materias primas que se utilizan en la banda en el área es de 6 900 libras, a continuación el peso se traslada a kg:

$$\frac{6\,900 \text{ lbs.} \times 0,4535 \text{ kg}}{1 \text{ lb}} = 3\,129,15 \text{ kg}$$

Teniendo los datos requeridos como las masas y el coeficiente de fricción entre superficies μ_R , se procede a calcular la fuerza tangencial máxima:

$$F_u = \mu_R \times g \times (M + MB + MR)$$

$$F_u = 0,11 \times 9,81 (3\,129,15 \text{ kg} + 52 \text{ kg} + 2,023)$$

$$F_u = 3\,434,96 \text{ N}$$

Ahora se calculará la fuerza de tracción máxima de la banda (F1), tomando en cuenta la constante C1 que se muestra en la tabla V:

$$F_1 = F_u \times C_1$$

$$F_1 = 3\,434,96 \text{ N} \times 1,4 = 4\,808,94 \text{ N}$$

Tabla V. **Constante C1 utilizada para calcular la fuerza de tracción máxima de la banda**

Tambor de acero liso									
Seco	1,5	1,4	1,3	1,8	1,6	1,5	2,1	1,9	1,7
Mojado	3,7	3,2	2,9	5	4	3	No recomendable		
Tambor con forro									
Fricción									
Seco	1,4	1,3	1,2	1,6	1,5	1,4	1,5	1,4	1,3
Mojado	1,8	1,6	1,5	3,7	3,2	2,9	2,1	1,9	1,7

Fuente: *Siegling transilon*. http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-06-21_09-06-57105684.pdf. Consulta: diciembre de 2015.

A partir del diámetro mínimo de sección motriz (DA) y partiendo de la constante C3 que se muestra en la tabla III y el ancho de la banda (bo).

$$DA = \frac{F_u \times C3}{bo}$$

$$DA = \frac{3\,434,96 \text{ N} \times 25}{515 \text{ mm}}$$

$$DA = 166,74 \text{ mm}$$

Tabla VI. **Constante C3 de un tambor de acero liso seco para calcular el diámetro del tambor motriz**

Recubrimiento de la cara inferior <i>Siegling transilon</i>	V3,V5,U2, A5,E3	V1,U1,UH	O,U0,NOVO,T,P
Tambor de acero liso			
Seco	25	30	40
Mojado	50	No recomendable	No recomendable
Tambor con forro fricción de fricción			
Seco	25	25	30
Mojado	30	40	40

Fuente: *Siegling transilon*. http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-06-21_09-06-57105684.pdf. Consulta: diciembre de 2015.

Se calcula la potencia mecánica del tambor motriz PA, a través de la fuerza tangencial máxima y la velocidad en que se operará la banda:

$$PA = \frac{(F_u \times V)}{1000}$$

$$PA = \frac{3\,434,96 \text{ N} \times 0,5 \text{ m/s}}{1000} = 1,717 \text{ Kw}$$

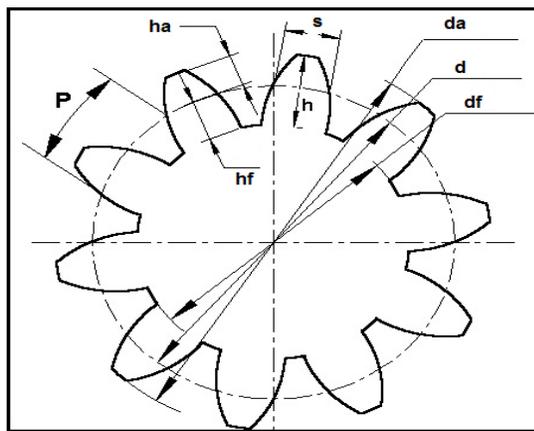
La potencia (PM) necesaria del motor para mover la banda y el peso descrito anteriormente, se calcula utilizando la eficiencia (n); la potencia mecánica de la sección motriz de la banda se calcula a continuación:

$$P_m = \frac{PA}{n}$$

$$P_m = \frac{1.71}{0.80} = 2.14 \text{ Kw} = 2.91 \text{ HP}$$

Se podría implementar un motor de 3 HP, trifásico de 480 volts, de 8 polos, para maximizar el ahorro de energía y con velocidad de 880 rpm; esto sería lo necesario para asegurarse que hará mover las dos bandas transportadoras con la carga máxima prevista. Ahora se diseñan las cinco ruedas dentadas que se utilizan para la transmisión de potencia de la sección motriz que las hace girar desde los extremos de la banda modular.

Figura 19. **Partes de ruedas dentadas, área de formados**



Fuente: elaboración propia, empleando el programa AutoCAD.

A partir del diámetro primitivo (d), cuyo valor es 160 mm, se calcula el diámetro del círculo de la cabeza (d_A), como indica la fórmula, donde h es la altura de cabeza de diente tal como se muestra en la figura 16:

$$d_A = d + 2 h_A$$

$$d_A = 160 \text{ mm} + 2(4 \text{ mm})$$

$$d_A = 168 \text{ mm}$$

$$m' = h_A$$

Se calcula la altura del pie de diente (h_f), a partir de la altura de la cabeza de diente (h_A):

$$h_f = 1.25 h_A$$

$$h_f = 1.25 (4 \text{ mm})$$

$$h_f = 5 \text{ mm}$$

Se calcula a continuación el diámetro del círculo de pie (d_f), a partir de la altura de pie de diente (h_f):

$$d_f = d - 2h_f$$

$$d_f = 160 - 2(5 \text{ mm})$$

$$d_f = 150 \text{ mm}$$

Se calcula después el número de dientes (Z), a partir de la siguiente igualdad $m' = h_A$, como se muestra en la fórmula siguiente:

$$m' = d / Z$$

$$Z = d / m'$$

$$Z = 160 \text{ mm} / 4 \text{ mm}$$

$$Z = 40 \text{ dientes}$$

A continuación se calcula el paso (p), a partir del diámetro primitivo y el número de dientes de la rueda dentada, como se describe en la siguiente fórmula:

$$p = 3,14 d / Z$$

$$p = 3,14 (160 \text{ mm} / 40)$$

$$p = 12,56 \text{ mm}$$

Luego se calcula la altura del diente (h), donde la fórmula describe la sumatoria de ambas secciones (altura del diente):

$$h = h_a + h_f$$

$$h = 4 \text{ mm} + 5 \text{ mm}$$

$$h = 9 \text{ mm}$$

Por último, se calcula el espesor del diente (s), como se muestra a continuación:

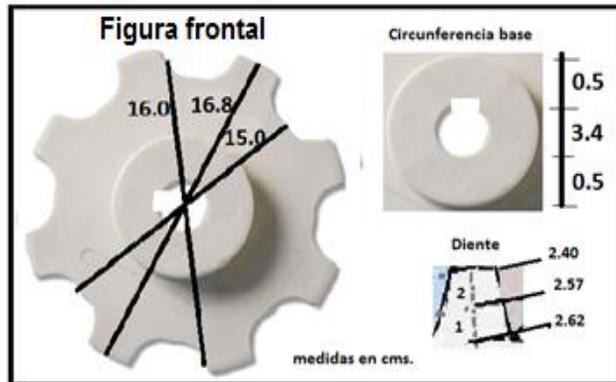
$$s = p/2$$

$$s = 12,56 \text{ mm}/2$$

$$s = 6,28 \text{ mm}$$

Esta rueda dentada será colocada en grupos de 5 ruedas en los extremos de ambas bandas, tanto del rodillo motriz como del de reenvío.

Figura 20. **Rueda dentada, sección motriz de la banda transportadora de formados**



Fuente: elaboración propia, empleando el programa Visio.

Ahora se calculará el volumen de estas cinco ruedas dentadas, que se utiliza para hallar la masa de la sección motriz; se determinará primeramente el volumen de la circunferencia base como se observa en la figura 2, cuyo espesor es de 0,7 cms. Luego se restará el cuñero cuyas dimensiones son 0,7 cms. x 0,4 cms.

$$\text{Área} = \pi r^2$$

$$\text{Área} = \pi (0,5)^2$$

$$\text{Área} = 0,7854$$

$$\text{Volumen} = \text{Área} \times \text{espesor}$$

$$\text{Volumen} = 0,7854 \times 0,7$$

$$\text{Volumen} = 0,5498 \text{ cms}^3$$

$$\text{Vol. cuñero} = 0,7 \times 0,4 \times 1,0$$

$$\text{Vol. cuñero} = 0,28 \text{ cms}^3$$

$$\text{Vol. círculo base} = 0,5498 \text{ cms}^3 - 0,28 \text{ cms}^3$$

$$\text{Vol. círculo base} = 0,2698 \text{ cms}^3$$

Ahora se determinará el volumen de los dientes que forman la rueda dentada. Tomando en cuenta que el ángulo es de 20° y el radio base de 7,5, por la ley de arco, se obtiene la sección pie de la siguiente manera:

$$s \text{ pie} = \frac{2 \pi r \Theta}{360}$$

$$s \text{ pie} = \frac{2 \pi (7,5)}{360} = 2,62 \text{ cms}$$

Para determinar la sección de la cabeza, se toma el radio de la cabeza y el ángulo de 16°; entonces se tiene que:

$$S \text{ cabeza} = \frac{2 \pi r \Theta}{360}$$

$$S \text{ cabeza} = \frac{2 \pi (8,4) \times 16}{360} = 2,34 \text{ cms}$$

Para determinar el volumen total del diente se divide en dos trapecios; primero se obtiene el área de los trapecios de la siguiente forma:

$$A1 = \frac{(2,57 + 2,62) \times 0,5}{2}$$

$$A1 = 1,297 \text{ cms}^2$$

$$A2 = \frac{(B + b) \times h}{2}$$

$$A2 = \frac{(2,57 + 2,34) \times 0,4}{2}$$

$$A2 = 0,982 \text{ cms}^2$$

$$\text{El total diente} = 1,297 \text{ cms}^2 + 0,982 \text{ cms}^2 = 2,28 \text{ cms}^2$$

$$\text{Vol. diente} = \text{área total} \times \text{espesor}$$

$$\text{Vol. diente} = 2,28 \times 0,5$$

$$\text{Vol. diente} = 1,14 \text{ cms}^3$$

$$\text{Vol. dientes} = \text{vol. diente} \times 40 \text{ dientes}$$

$$\text{Vol. dientes} = 45,60 \text{ cms}^3$$

Ahora se determinará el volumen de la circunferencia mayor:

$$\text{Vol.} = \pi \times r^2 \times \text{espesor}$$

$$\text{Vol.} = \pi \times (5,3)^2 \times 1,5$$

$$\text{Vol.} = 132,37 \text{ cms}^3$$

Para determinar el volumen de la barra que transmitirá la potencia del motor hacia los 5 engranajes, se aplicará la siguiente fórmula:

$$\text{Vol. barra} = 2\pi \times r \times l + \text{Vol. cuñero}$$

$$\text{Vol. barra} = 2\pi \times 4 \times 53 + 0,28$$

$$\text{Vol. barra} = 1\,332,31 \text{ cms}^3$$

$$\text{Vol. total} = 5(\text{Vol. círculo mayor} + \text{Vol. círculo base} + \text{Vol. 40 dientes})$$

$$+ \text{Vol. barra}$$

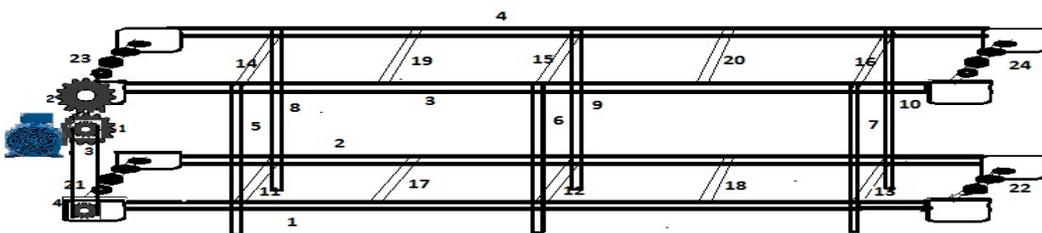
$$\text{Vol. total} = 5(132,37 \text{ cms}^3 + 0,2698 \text{ cms}^3 + 45,60 \text{ cms}^3) + 1\,332,31 \text{ cms}^3$$

$$\text{Vol. total} = 2\,223,51 \text{ cms}^3$$

La transmisión de potencia se realizará de la siguiente forma: del eje del motor se colocaría una rueda dentada de 120 mm de diámetro (rueda 1) rotando en sentido de las manecillas del reloj conectada a una segunda rueda dentada de 150 mm de diámetro (rueda 2), que está conectada directamente con la barra, con las 5 ruedas dentadas que giran en sentido contrario de las manecillas del reloj, para hacer girar la banda transportadora que permita el ingreso de las canastas o cacharros con materia prima al área de formados.

Así también en el eje del motor se conectará una polea dentada de 80 mm de diámetro (polea 3), que gira igual a la primera rueda descrita, conectada por medio de una correa dentada de poliuretano, uniéndose a una segunda polea dentada de 80 mm de diámetro (polea 4), que giraría en sentido de las agujas del reloj para hacer girar la segunda banda transportadora y así poder sacar las canastas sucias del área, como se ilustra en la siguiente imagen.

Figura 21. **Estructura y sistema de transmisión de potencia banda transportadora de formados**



Fuente: elaboración propia, empleando el programa Visio.

A continuación se diseñan la primera y segunda rueda dentada, como también el resto de sistema, tal como se muestra en la figura anterior.

Al realizar el diseño de la primera rueda dentada, se utiliza el diámetro primitivo (d), cuyo valor es de 108 mm. A partir de este valor se calcula el diámetro del círculo de la cabeza (d_a), como indica la fórmula, donde (h_a) es la altura de cabeza de diente de la primera rueda dentada como se muestra en la figura 16.

$$d_a = d + 2 h_a$$

$$d_a = 108 \text{ mm} + 2(6 \text{ mm})$$

$$d_a = 120 \text{ mm}$$

Se calcula la altura del pie de diente (h_f), a partir de la altura de la cabeza del diente (h_a):

$$h_f = 1.25 h_a$$

$$h_f = 1,25 (6 \text{ mm})$$

$$h_f = 7,5 \text{ mm}$$

Se calcula a continuación el diámetro del círculo de pie (d_f), a partir de la altura de pie de diente (h_f) de la primera rueda dentada:

$$d_f = d - 2h_f$$

$$d_f = 108 - 2(7.5 \text{ mm})$$

$$d_f = 93 \text{ mm}$$

Se calcula después el número de dientes (Z), a partir de la siguiente igualdad $m' = h_a$, como se muestra en la fórmula siguiente:

$$m' = d / Z$$

$$Z = d / m'$$

$$Z = d / ha$$

$$Z = 108 \text{ mm} / 6 \text{ mm}$$

$$Z = 18 \text{ dientes}$$

A continuación se calcula el paso “p”, como se describe en la siguiente fórmula:

$$p = 3,14 d / Z$$

$$p = 3,14 (108 \text{ mm} / 18)$$

$$p = 18,84 \text{ mm}$$

Ahora se calcula la altura del diente (h) de la primera rueda dentada, donde la fórmula describe la sumatoria de ambas secciones del diente:

$$h = ha + hf$$

$$h = 6 \text{ mm} + 7,5 \text{ mm}$$

$$h = 13,5 \text{ mm}$$

Por último se calcula el espesor del diente (s), como se muestra a continuación:

$$s = p/2$$

$$s = 18,84 \text{ mm}/2$$

$$s = 9,42 \text{ mm}$$

Para el diseño de la segunda rueda, como las dos ruedas están conectadas entre sí, se sabe que tanto el módulo (m) como el paso (p) son iguales, para que puedan encajar con libertad los dientes:

$$m'1 = m'2 = 6 \text{ mm}$$

$$p1 = p2 = 18,84 \text{ mm}$$

A partir del diámetro primitivo (d), cuyo valor es 138 mm, se calcula el diámetro del círculo de la cabeza (d_a), como indica la fórmula, donde (h_a) es la altura de cabeza de diente, tal como se muestra en la figura 16.

$$d_a = d + 2 h_a$$

$$d_a = 138 \text{ mm} + 2(6 \text{ mm})$$

$$d_a = 150 \text{ mm}$$

Se calcula la altura del pie de diente (h_f), a partir de la altura de la cabeza de diente (h_a):

$$h_f = 1,25 h_a$$

$$h_f = 1,25 (6 \text{ mm})$$

$$h_f = 7,5 \text{ mm}$$

Se calcula a continuación el diámetro del círculo de pie (d_f), a partir de la altura de pie de diente (h_f):

$$d_f = d - 2h_f$$

$$d_f = 138 - 2(7,5 \text{ mm})$$

$$d_f = 123 \text{ mm}$$

Se calcula a continuación el número de dientes (Z), a partir de la siguiente igualdad $m' = h_a$, como se muestra en la fórmula siguiente:

$$m' = d / Z$$

$$Z = d / m'$$

$$Z = d / ha$$

$$Z = 138 \text{ mm} / 6 \text{ mm}$$

$$Z = 23 \text{ dientes}$$

Ahora se calcula la altura del diente (h), donde la fórmula describe la sumatoria de ambas secciones:

$$h = ha + hf$$

$$h = 6 \text{ mm} + 7,5 \text{ mm}$$

$$h = 13,5 \text{ mm}$$

Por último se calcula el espesor del diente (s), como se muestra a continuación:

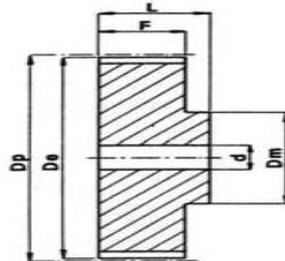
$$s = p/2$$

$$s = 18,84 \text{ mm}/2$$

$$s = 9,42 \text{ mm}$$

Como las poleas dentadas 3,4 tienen un diámetro externo de 80 mm, se tiene un paso (D) de 38,5 mm, un diámetro (Dp) de 80 mm, un diámetro (De) de 77,2; un ancho (F) de 34,1 y un ancho (L) de 35,0 mm.

Figura 22. **Corte y acotado de polea dentada de formados**



Fuente: elaboración propia, empleando el programa AutoCAD.

Se escogió la correa dentada para transmitir potencia desde la polea 3; la misma está hecha de poliuretano; entre las dos poleas hay una separación de 315 mm; la sección de la correa que va en la en la parte media de las poleas 3 y 4, de arriba y abajo, se calcula por la sección de arco.

A continuación se observa el cálculo de la longitud de la correa que hará girar las poleas; para determinar la cantidad de correa que está en contacto con las poleas 3 y 4, se calcula el perímetro de los arcos como la fórmula indica:

$$l = (2\pi \times r)/2$$

Se elimina el 2, y se determina que el radio del círculo de las poleas es de 40 mm. Como las poleas tienen una separación de 315 mm, la correa debe recorrer dicha separación en ambos lados, entonces se calcula la longitud total de la correa dentada:

$$l = \pi \times r$$

$$l = \pi \times 40$$

$$l = 125,66 \text{ mm}$$

$$l_{\text{tot}} = 630 + 2(125,66) = 880 \text{ mm}$$

2.2. Plan de mantenimiento preventivo

Este tipo de mantenimiento trata de anticiparse a la aparición de desperfectos; esto evitará paros no deseados en producción. Cuando se produzca la avería para intervenir, significa incurrir en unos costos elevados como por ejemplo: pérdidas de producción, deficiencias en la calidad, credibilidad, incumplimientos, aumento de horas extras, entre otras. Por ello en ETSA se diseñan procesos de prevención de estas averías.

La base de información surge de fuentes internas del departamento de conservación industrial, mencionando los pasos requeridos para establecer un programa estructurado de mantenimiento preventivo; es importante analizar los componentes de la banda transportadora. Se diseña el programa con frecuencias planificadas para realizar cambios de partes, reparaciones, ajustes, cambios de aceite y lubricantes a diario, entre otros, para evitar fallos. Entre los programas de servicios de la banda se mencionan describiendo una orden de trabajo sugerido; actualmente se trabaja con una plataforma llamada máximo, en la cual se registran las partes que se cambian.

2.2.1. Programa de mantenimiento preventivo eléctrico y mecánico

A continuación se muestra el programa que se aplicará a la banda transportadora en ambas áreas; a continuación se detalla cada una de ellas.

Figura 23. Programa de mantenimiento preventivo

Empacadora Toledo S. A. Departamento de Conservación Industrial Programa de mantenimiento preventivo mecánico				
Orden de trabajo #				
Equipo: banda transportadora Ingreso Codigo de equipo: BT058			Area: Salchichas Fecha: 061013	
Objetivo	Actividad	Responsable	Duración	Recursos
Buen funcionamiento	Revisar y corregir ruido de motor	Supervisor turno	10 minutos	Herramienta mecánica
Buen funcionamiento	Revisar y lubricar los cojinetes, sprocket y chumaceras	Supervisor turno	4 minutos	Herramienta mecánica
Buen funcionamiento	Evaluar y corregir elongidad de la correa	Supervisor turno	2 minutos	Herramienta mecánica
Buen funcionamiento	Revisar el nivel de aceite y llenar	Supervisor turno	4 minutos	Herramienta mecánica
Buen funcionamiento	Revisar y corregir la tensión de la faja.	Supervisor turno	2 minutos	Herramienta mecánica
Inocuidad	Limpieza superficial de la banda	Supervisor turno	12 minutos	Utensilios limpieza
Buen funcionamiento	Revisar y limpiar los rodillos	Supervisor turno	3 minutos	Utensilios limpieza
Empacadora Toledo S. A. Departamento de Conservación Industrial Programa de mantenimiento preventivo eléctrico				
Orden de trabajo #				
Equipo: banda transportadora Ingreso Codigo de equipo: BT058			Area: Salchichas Fecha: 061013	
Objetivo	Actividad	Responsable	Duración	Recursos
Buen funcionamiento	Medir el amperaje del motor	Supervisor turno	3 minutos	Herramienta eléctrica
Buen funcionamiento	Medir voltaje y amperaje de la línea	Supervisor turno	3 minutos	Herramienta eléctrica
Buen funcionamiento	Revisar y ajustar las cajas de controles eléctricos	Supervisor turno	10 minutos	Herramienta eléctrica
Seguridad	Revisar el estado físico de los cables eléctricos.	Supervisor turno	10 minutos	Herramienta eléctrica

Fuente: Área de Conservación Industrial, empacadora Toledo.

- Objetivo: se coloca la meta de la actividad a desarrollar para que se tenga claro lo que se pretende conseguir con el desarrollo de la misma.
- Actividad: se detalla lo que se quiere realizar con claridad, para que se alcancen los objetivos.

- Responsable: se coloca el nombre de la persona encargada de realizar la actividad, como se indica.
- Duración: se coloca el tiempo promedio en que se debe de desarrollar la actividad.
- Recursos: se colocan los recursos y herramientas necesarias para llevar a cabo la actividad indicada.

El mantenimiento preventivo puede variar de simples rutas de lubricación diaria antes de empezar la jornada o inspección de la banda transportadora cuando termina el programa de producción, hasta el sistema de monitoreo en tiempo real de las condiciones de operación.

Muchos de los sistemas complejos de monitoreo proporcionan bastante información útil que debe ser considerada en su MP, para próximos servicios preventivos, tomando como referencia los diagramas y manuales de la banda transportadora.

Los programas sugeridos se realizan cada 21 días, puesto que previamente se dará una capacitación al personal técnico de ETSA.

Al terminar el programa se deberán reportar en las observaciones las novedades encontradas; posteriormente se ingresará la información en la base de datos para registrar el mantenimiento preventivo, que posteriormente se generará un reporte con el historial de servicios y las piezas sustituidas por la persona de turno.

2.3. Equipo y maquinaria

En la propuesta expuesta se debe utilizar el equipo idóneo para la fabricación de la misma; por ende se describen a continuación las maquinarias y equipos que se sugieren a continuación para desarrollar el trabajo específico que se realiza.

2.3.1. Montacargas manual

Es una carretilla elevadora o plataforma de metal que facilita la elevación de cargas de hasta 1000 kg o 2200 lbs; halan de forma manual las partes modulares de la banda transportadora o equipo y maquinaria que se necesite trasladar de un punto a otro; es muy utilizado porque no requiere costos por transporte, combustible o mantenimiento correctivo complicado, evitándose así esfuerzos humanos para realizar dicha operación. Regularmente mide 1,2 metros de largo y 0,8 metros de ancho, levantando la carga 0.15 metros de altura, pero por seguridad de la carga no se utiliza toda su capacidad.

2.3.2. Montacargas

Este aparato de elevación servirá para realizar el transporte de materiales, banda transportadora o elevación de personas. Consta de una plataforma que se desliza a través de guías metálicas dispuestas para el efecto.

El movimiento se produce por la acción de un cabrestante que actúa por intermedio de un cable de acero y una roldana de retroceso situada en la parte más alta de la carrera. El sistema se equilibra por un contrapeso dispuesto en un extremo de la carrera del cable.

Los montacargas están diseñados de manera que se pueda almacenar algún repuesto o parte de la banda en estanterías o *racks* de un máximo de 13 m y maximizar el espacio de los almacenes.

Las horquillas están unidas al mástil que mueve el producto hacia arriba y hacia abajo por un cilindro hidráulico telescópico. Otro conjunto de cilindros hidráulicos permite que el mástil se incline. El tercer cilindro hidráulico es para un desplazamiento lateral, que se utiliza para el posicionamiento. Un cilindro hidráulico es como el sistema de un telescopio y permite la elevación del producto a través del deslizamiento del cilindro hidráulico en secciones, creando una distancia adicional de ascensor.

2.3.3. Molino

El molino industrial muele, tritura o pica las diferentes tipos de carne que se utilizan en todos los productos que se procesan; internamente tienen unas aletas que empujan la carne hacia los discos que la cortan; existen diferentes tipos de diámetros de agujeros de discos que van desde 1", $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", que se utilizan para obtener pedazos de carne de esas dimensiones; se sanitiza cada hora; su rendimiento es de 5 500 libras por hora. Cuenta con un sistema de transmisión de movimiento del motor hacia una caja reductora, luego se transmite al gusano que conduce la carne a los discos que la muelen; el gusano se desmonta para poder lavar y desinfectar en interior del mismo; este está construido de acero inoxidable.

2.3.4. Sierra

La sierra industrial corta los diferentes tipos de carne que se utilizan en todos los productos que se procesan; internamente tiene una sierra industrial

circular que corta los bloques de carnes congelados; normalmente se tienen marquetas de carne que se empujan manualmente hacia la sierra que cortan los bloques a una temperatura de -18 °C; estos se pasan por la sierra cortándolos hasta en 6 pedazos, puesto que si se pasa por el molino, se corre el riesgo de que se arruinen los discos; por eso es más aconsejable que se utilice la sierra. Al cortar los bloques de carne, su rendimiento es de 3400 libras por hora. La sierra frecuentemente se tiene que sustituir.

Este equipo está construido de acero inoxidable; también es apropiado para la preparación de otro tipo de productos, especialmente en lo referente al procesamiento de vegetales.

2.4. Materiales a utilizar en banda transportadora

A continuación se enlistan los materiales necesarios para fabricar la banda transportadora; como el giro de la industria de ETSA es de alimentos, se debe utilizar en las máquinas materiales de grado alimenticio para evitar contaminarla.

2.4.1. Grasa vegetal

La grasa vegetal es más saludable que la de origen animal, ya que la grasa vegetal (excepto la de coco y palma) está constituida por ácidos grasos insaturados que tienen propiedades saludables, y la segunda por ácidos grasos saturados que son perjudiciales para la salud, ya que aumentan los niveles de colesterol. La grasa vegetal se encuentra en los aceites de oliva, girasol, maíz, en las aceitunas y frutos secos. Para cocinar y aliñar los platos se utiliza el aceite de oliva (preferentemente), de girasol o de maíz.

La grasa de origen animal se encuentra en la carne roja, la nata, las mantequillas, la crema de leche, la mayonesa y la manteca de cerdo, así como en la pastelería y la bollería industrial. Se reconoce en las grasas un nutriente importante en la dieta, al igual que las proteínas o azúcares. Las grasas desempeñan un papel en la malnutrición, y su ingesta excesiva conduce en todo el mundo a diversas formas de malnutrición, dando lugar notablemente a la obesidad.

2.4.2. Aceite vegetal

Se emplea lubricación con aceite vegetal cuando la velocidad o la temperatura de funcionamiento de la banda transportadora hacen imposible el empleo de la grasa, o cuando hay que evacuar calor.

El aceite tiene su mayor aplicación en la lubricación de motores de combustión interna, en los reductores, motores, transformadores, sistemas de transferencia de calor, piñoneras abierta, cojinetes de fricción y antifricción, así como fluidos hidráulicos. Los aceites son utilizados para agregarle a la maquinaria una cualidad muy importante para la transformación, sin embargo, algunos contienen una elevada proporción de grasas saturadas.

2.4.3. Acero inoxidable

Es un acero de elevada resistencia a la corrosión, dado que el cromo u otros metales aleantes que contiene, poseen gran afinidad por el oxígeno y reaccionan con él formando una capa pasivadora, evitando así la corrosión del hierro (los metales puramente inoxidables, que no reaccionan con oxígeno son oro y platino, y los de menor pureza se llaman resistentes a la corrosión).

El acero inoxidable está presente en una de las industrias de mayor importancia, como la de los alimentos; los beneficios que este brinda en todo el proceso son muy importantes para la producción de comestibles. Este material se utiliza en la industria alimentaria, porque es higiénico al presentar las siguientes características:

- Elevada resistencia a la corrosión
- Elevada resistencia a choques y tensiones mecánicas
- Elevada resistencia a variaciones térmicas
- Ausencia de recubrimientos de fácil deterioro
- No aporta partículas por desprendimiento
- Óptima capacidad de limpieza; eliminación de bacterias

La razón principal para la existencia del acero inoxidable es su resistencia a la corrosión. El cromo es el principal elemento aleante y el acero inoxidable lo debe contener en por lo menos un 11 %.

Se dispone de un gran número de aleaciones resistentes a la corrosión con propiedades mecánicas definidas, variando el costo en forma considerable; a pesar de que la demanda de estos materiales ha aumentado significativamente, la industria nacional sigue cubriendo casi el 90 % de sus necesidades de aceros inoxidables con apenas dos o tres tipos de estas aleaciones, siendo las más representativas las aleaciones AISI 304 y AISI 316.

2.4.4. Cinta de aislar

Se utilizará para aislar empalmes de hilos y cables eléctricos. Este tipo de cinta es capaz de resistir condiciones de temperaturas extremas, corrosión, humedad y altos voltajes.

La cinta está fabricada con PVC delgado, con un ancho generalmente de 14 mm; uno de los lados de la cinta está impregnado con un adhesivo.

El PVC ha sido elegido por ser un material de bajo costo, flexible y con excelentes propiedades de aislante eléctrico, aunque posee la desventaja de endurecerse con el tiempo y el calor. Puede fabricarse en varios colores, siendo el más común el negro, motivo por el cual se conoce como *tape* negro, para implementarlo en el aislamiento de dos cables que se empalman en el circuito eléctrico de la banda transportadora. En esas cintas es muy flexible, por lo que se adapta fácilmente a la forma que se le quiera dar a los cables, según donde se vaya a colocar.

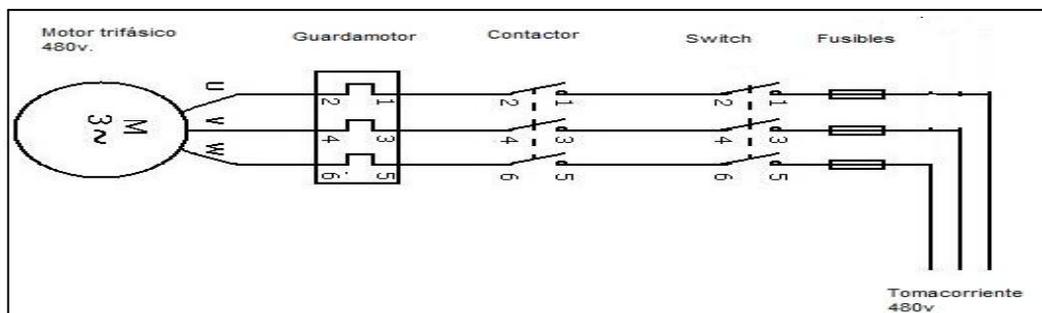
2.4.5. Diagrama eléctrico de la banda transportadora

Es un esquema eléctrico o esquemático; una representación del circuito eléctrico de las conexiones eléctricas de las bandas transportadoras. Muestra los diferentes componentes del circuito de manera simple y con pictogramas uniformes de acuerdo con normas, y las conexiones de alimentación y de señal entre los distintos dispositivos. El arreglo de los componentes e interconexiones en el esquema generalmente no corresponde a sus ubicaciones físicas en el dispositivo terminado. A diferencia de un esquema de diagrama de bloques o disposición, un esquema de circuito muestra la conexión real mediante cables entre los dispositivos. (Aunque el esquema no tiene que corresponder necesariamente a lo que el circuito real aparenta).

El tipo de dibujo que sí representa al circuito real se llama negativo (o positivo) de la tablilla de circuito impreso. En el diagrama se mostrará la botonera donde estarán los *switchs* tanto de encendido y paro automático, como de líneas y conexiones trifásicas del motor.

El contactor es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación, con la posibilidad de ser accionado a distancia; tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción.

Figura 24. Diagrama eléctrico de la banda transportadora



Fuente: *Sistemas eléctricos*. <http://modulo-de-3-sistemas-electricos.blogspot.com/2014/06/automatas-programables.html>. Consulta: enero de 2016.

2.5. Herramienta a utilizar en banda transportadora

A continuación se observan las herramientas necesarias utilizadas en la elaboración del proyecto. Debe tomarse en cuenta para asegurar un resultado adecuado y no provocar desgastes o desajustes innecesarios en la construcción de la banda transportadora.

2.5.1. Destornilladores

Es una herramienta que se utiliza para apretar y aflojar tornillos y otros elementos de la banda transportadora que requieren poca fuerza de apriete y

que generalmente son de diámetro pequeño. El destornillador consta normalmente de tres partes bien diferenciadas:

- **Mango:** elemento por donde se sujeta el destornillador; suele ser de material aislante y con forma adecuada para transmitir fuerza de torsión; es de naturaleza ergonómica para facilitar su uso y aumentar la comodidad; además debe estar en su totalidad aislado para evitar posibles descargas eléctricas.
- **Vástago o caña:** barra de metal que une la punta al mango. Puede disponer de un alojamiento donde se colocan puntas intercambiables o tener la punta forjada y endurecida en la misma pieza. Frecuentemente son de acero, para herramientas que poseen cromo, vanadio y a veces también molibdeno. Su diámetro y longitud varía en función del tipo de destornillador.
- **Punta:** es la parte que se introduce en el tornillo. Dependiendo del tipo de tornillo se usará un tipo diferente de cabeza, lo cual varía de acuerdo con la necesidad. Hay innumerables tipos de cabezas de destornillador y todas con un mismo propósito. Algunos de los tipos de puntas más frecuentes son planos, de estrella, o de cruz (*Phillips*) y de estrella de 6 puntas (*Torx*), además de las hexagonales huecas (llave de vaso), macizas (llave Allen) o cuadradas.

2.5.2. Llaves de cola y corona

Las llaves son herramientas manuales que se utilizan para apretar elementos que han sido fijados mediante tornillos o tuercas con cabezas hexagonales, principalmente en las bandas transportadoras de ambas áreas de

producción, tanto en salchichas como formadas. En el taller de la empresa estas llaves son sustituidas por pistolas neumáticas o atornilladores eléctricos portátiles.

Las llaves de boca fija son herramientas manuales destinadas a ejercer el esfuerzo de torsión necesario para apretar o aflojar tornillos que posean la cabeza que corresponde con la boca de la llave. Las llaves fijas tienen formas muy diversas; son de una o dos cabezas, con una medida diferente, para que puedan servir con tornillos diferentes. Incluidas en este grupo están las siguientes:

2.5.3. Llave Allen

Es la herramienta usada en las tareas de mantenimiento para atornillar o desatornillar; en su interior tienen cabeza hexagonal medida en milímetros, lo que las diferencia de las Bristol ya que estas utilizan pulgadas.

En comparación con un tornillo Philips, resiste mayores pares; normalmente es usada para tornillos prisioneros medidos en milímetros. El caso más común es que al usar llaves Bristol en tornillos milimétricos estas no entran y los que ignoran esto las esmerilan; en cambio las llaves Allen están fabricadas a la medida. Algunas características de este tipo de llave son: diseño simple, pequeño y ligero. Las superficies de contacto del tornillo (internas) están protegidas de daños externos.

Puede usarse con destornilladores o llaves sin cabeza (ayudándose con una llave fija, por ejemplo). El tornillo puede introducirse en su ranura, usando directamente el que se acopla perfectamente.

Hay seis superficies de contacto entre el tornillo y el destornillador. El par se reparte por toda la llave. Se puede usar con tornillos muy pequeños. La fabricación de llaves Allen es muy simple, así que en muchas ocasiones se incluye una junto con los tornillos.

2.5.4. Cangrejo

Es utilizada para aflojar o ajustar tuercas y tornillos de la banda transportadora. La abertura de la llave es ajustable (posee una cabeza móvil), lo que le permite adaptarse a diferentes medidas de pernos o tuercas; esta característica la diferencia de las llaves comunes, las cuales poseen un tamaño fijo. En algunos países existen muchas formas de esta llave.

La llave inglesa es una herramienta para el montaje de tornillos y tuercas de cabeza hexagonal. La diferencia entre esta llave y las fijas está en su característica de ser ajustable; esto permite el empleo de una misma llave para el trabajo, con gran variedad de medidas de dichos elementos.

2.5.5. Pinzas

Son una herramienta común de mano, con garras opuestas que sirven para agarrar, doblar y cortar. Las dos extremidades de metal cruzadas proporcionan palanca para multiplicar la fuerza de la mano del usuario. Las pinzas y los alicates son herramientas muy útiles para manipular cables eléctricos de la banda transportadora, ya que tienen múltiples usos. Existen varios tipos de pinzas y alicates; cada variedad se ocupa de una tarea específica. La elección de las pinzas para el trabajo adecuado proporcionará eficiencia y seguridad. Las pinzas más utilizadas son: pinza corte diagonal y pinza pico de loro.

2.5.6. Cinta métrica

Las cintas métricas o metros más sencillos son de tela o plástico; en todo caso, son de material muy flexible que se adapta durante el proceso de confección. La longitud más frecuente es de 5 m; este será de mucho beneficio para la construcción de la banda. En todo momento de la construcción es necesario medir antes de realizar cortes para poder apegarse a las medidas indicadas en el plano de la banda. Es un instrumento de medida que consiste en una cinta flexible graduada y se puede enrollar, haciendo que el transporte sea más fácil. También sirve para medir líneas y superficies curvas.

2.5.7. Cautín

También es llamado soldador de estaño; es un instrumento técnico eléctrico usado para las soldaduras pequeñas; se utiliza frecuentemente para soldar cables de la banda transportadoras tanto del área de salchichas como de formados, permitiendo las conexiones entre los diversos componentes que están interconectados en el circuito eléctrico de la banda transportadora.

2.6. Recurso humano

A continuación se observa en forma ordenada, a las personas necesarias para finalizar o darle mantenimiento preventivo o para realizar el proyecto.

2.6.1. Mecánico industrial

Se refiere a un grupo de mecánicos encargados de manejar todo lo relacionado con los servicios de mantenimiento preventivo y correctivo de la banda transportadora y maquinaria mecánica como máquinas cortadoras,

motores de diferente caballaje, bombas de revisión de plantas y equipos de bombeo, corrección en factor de potencia, medición de gasto de carga y consumo de potencia, reparación de cojinetes, ruedas dentadas y alineación de banda.

La formación académica del técnico superior en mecánica industrial le permite realizar tareas en el campo de la organización, dirección, supervisión, control y operación, considerando fundamentalmente el sistema integrado por el factor humano, máquinas herramientas y materiales a transformarse; también se le capacita para proyectar, calcular y ejecutar elementos mecánicos, sistemas, mecanismos, maquinaria en montaje y puesta en marcha, mantenimiento de maquinaria y equipos industriales; de la misma manera adquiere conocimientos para el desarrollo de nuevos procesos de manufacturas y fabricación.

2.6.2. Mecánico eléctrico

El técnico mecánico eléctrico puede diagnosticar, analizar y solucionar problemas en el ámbito electromecánico. También puede desempeñarse en el campo de diseño de diagramas de maquinaria que requiere la aplicación de conocimientos y componentes eléctricos, combinados con destreza técnica en la realización de actividades de mantenimiento de maquinaria, de acuerdo con procedimientos ya preestablecidos, apoyándose en los diagramas eléctricos propios de cada máquina, pues son la guía actualizada que debe tomarse en cuenta al momento de alguna duda sobre maquinaria.

Laboralmente se ocupa a nivel técnico de ejecutar trabajos generales de mecánica y electricidad, tanto de la banda transportadora como del resto de maquinaria, así como del montaje de instalaciones mecánicas y eléctricas, de maquinarias, mecanismos o accesorios de aplicación industrial.

2.7. Resultados esperados

El traslado de producto en proceso y la colocación de canastas y cacharros se realizará en forma automática por medio de la propuesta presentada en este trabajo, por ende en el área ya no se provocará desorden alrededor de las máquinas.

Con la implementación de la banda transportadora se eliminarán los accidentes de caída de canastas al suelo, provocando que se tire la materia prima cárnica; por lo tanto disminuirán los costos simbólicos que representa. Se reducirá la contaminación del área, ya que si se evitan los accidentes de caída de materia cárnica, no se quedará en el suelo por cierto tiempo, provocando que crezca la carga bacteriana del área.

Se tendrá una área de Producción más Limpia, con mayor espacio para transitar; por seguridad industrial se debe tener el área despejada al momento de darse cualquier siniestro; debe ser fluido y rápido el desalojo del área de trabajo, garantizando de esta manera buenos resultados.

2.7.1. Inocuidad de alimentos

Al ingerir alimentos en mal estado cualquier persona puede enfermar. Estos malestares se denominan “enfermedades de transmisión alimentaria”, las cuales son causadas por microorganismos peligrosos y/o sustancias tóxicas.

La mayoría de las enfermedades de transmisión alimentaria se pueden prevenir con una manipulación apropiada de los alimentos, evitando de esta manera la contaminación física, química o biológica.

El manejo inadecuado en la preparación de los alimentos ha representado un problema de salud para el ser humano. Aunque se vea o escuche sobre cómo aumentar la salubridad del suministro de alimentos, la existencia de enfermedades de transmisión alimentaria sigue siendo un problema significativo de salud. Se ha calculado que cada año mueren 1,8 millones de personas.

Las enfermedades diarreicas, pueden atribuirse en la mayoría de los casos a la ingesta de agua o alimentos contaminados no inocuos; por tal razón en empacadora Toledo, todo el personal demuestra conocer, respetar y seguir las normas de BPM's explicadas por el personal del área de calidad, impartidas a personal de producción y administrativo periódicamente, durante el año.

En planta se observa que cada norma es respetada al máximo; además, toda la maquinaria, utensilios y equipos son desinfectados periódicamente, resguardando la inocuidad de los alimentos, llevando un control estricto de los puntos críticos de control del proceso.

De esta manera se obtiene el control de las temperaturas, tiempo de proceso, presiones, revisiones de cuerpos extraños en el producto, asegurando la eliminación de contaminación biológica, física y química del producto final.

2.7.2. Minimización de desechos

La minimización de residuos en las áreas de producción es el proceso y la política organizacional de reducir la cantidad de residuos producidos por una persona al no operar correctamente el *cutter* o la embutidora, al caer al suelo la materia prima o producto de las canastas o cacharros, al trasladarse manualmente.

La minimización de residuos implica esfuerzos de todo el personal operativo para minimizar recursos al operar eficientemente una máquina o trasladar con sumo cuidado la materia prima, mediante la concientización del personal administrativo (supervisores, jefes de producción y gerentes) y el uso de energía durante la fabricación, con el mismo volumen de producción comercial.

Generalmente una menor cantidad de material usado conlleva a una menor cantidad de residuos producidos. Usualmente la minimización de residuos requiere conocimientos en el proceso de producción.

Con la utilización de la banda transportadora tanto en las áreas de salchicha como de formados de la planta, se minimizará el desperdicio tirado al suelo, ya que cuando se trasladan las canastas de un lugar a otro, algunos tramos del piso no están a nivel o son ásperos; esto provoca que se caiga una parte del contenido de las mismas al suelo; como el piso no está liso, provoca mayores accidentes, ya que con el agua que cae, tal como la materia prima o pasta, el piso se pone resbaladizo y esto provoca que los operarios resbalen o caigan al suelo.

2.7.3. Ahorro energético

La iluminación artificial es vital en todas las áreas de la planta; por las características de diseño esto representa consumo eléctrico en ambas áreas de instalaciones industriales, dependiendo de su tamaño, consumo eléctrico de maquinarias y actividades que en ella se llevan a cabo; además, en la zona de Amatlán donde está ubicada la planta, como es boca costa, la temperatura alcanza los 24 °C.

Se estima tener reducciones altas en kilovatios hasta de un 60 %; en el alumbrado de las áreas, actualmente se tienen lámparas incandescentes; tanto en producción de formados como de salchichas, se podrían colocar sistemas de control de iluminación, así como luz natural.

Se podrían pintar todas las paredes de producción con colores claros; para que la iluminación refleje en las paredes, se aconseja colocar colores como blanco o beige. También se podrían colocar láminas transparentes en sustitución de las láminas galvanizadas; esto podría provocar un ahorro hasta de 40 %.

También se puede ahorrar apagando las luces luego de que el personal de producción entregue las áreas para su desinfección y sanitización; tendría que guiarse por los horarios de entregas de producción que envían los supervisores de cada área a diario.

2.8. Costo de la mejora del sistema de transporte de producto en proceso

El costo del proyecto representa la opción de mejora presentada ante la problemática vista como el transporte desordenado de canasta y cacharros, provocado dentro de las áreas de producción tanto de salchicha o formados.

A continuación se da a conocer el presupuesto de la construcción de la banda transportadora. Se divide el costo entre mano de obra de soldadores y mecánicos eléctricos; así también se toma en cuenta la maquinaria que se utilizaría para el diseño y construcción y los materiales que serán empleados en la ejecución, para la construcción de la banda; en la sección de materiales se toman en cuenta láminas y materiales de acero inoxidable.

2.8.1. Costo de la banda transportadora de salchicha

Para establecer un sistema de mejora, tanto en el transporte de ingreso como de egreso de canastas del área de salchicha, se propone la implementación de dos bandas transportadoras como mejora de las anteriores deficiencias que se observan en el área.

La propuesta descrita a continuación sugiere tener la logística adecuada de traslado de producto. Se efectuó una investigación sobre las bandas transportadoras en proceso, adecuadas al tipo de producto que se maquila en ETSA.

Se describe el costo de materiales que se utilizará en las bandas transportadoras como planchas de acero inoxidable, ruedas dentadas para transmitir potencia, cojinetes que se colocarán entre las ruedas dentadas y la barra.

También se tomó en cuenta el motor que creará el movimiento, la correa dentada que conectará las poleas, los tornillos con su respectiva tuerca y la mano de obra tanto del soldador como del mecánico eléctrico.

2.8.2. Costo del proyecto del área de salchicha

A continuación se enlistan los materiales necesarios para la elaboración de la banda transportadora del área de salchichas.

Tabla VII. **Costo del proyecto banda transportadora área de salchicha**

Cantidad de materiales	Descripción	Costo parcial
4	Planchas acero inox 4'x8'v	Q 1 900,00
20	Ruedas dentadas 168 mm	Q 4 000,00
20	Cojinetes 0,08 x 0,05	Q 1 200,00
8	Chumaceras	Q 4 145,00
1	Motor 2 HP trifásico	Q 16 000,00
1	Rueda dentada 120 mm	Q 200,00
1	Rueda dentada 150 mm	Q 280,00
2	Poleas dentadas 80 mm	Q 150,00
1	Correa dentada 880 mm	Q 480,00
76	Tornillos c/tuerca Al	Q 1 520,00
2	Banda transportadora	Q 16 400,00
Costo de materiales		Q 46 275,00
Mano de obra		
1 día	Mecánico eléctrico	Q 90,00
4 días	Soldador <i>tig</i>	Q 400,00
Costo mano de obra		Q 490,00
Costo total		Q 46 765,00

Fuente: elaboración propia.

2.8.3. Costo de la banda transportadora de formados

Para establecer un sistema de mejora, tanto en el transporte de ingreso como de egreso de canastas del área de formados, se propone la implementación de dos bandas transportadoras como mejora de las anteriores deficiencias que se observan en el área.

La propuesta descrita a continuación, a nivel del área de producción de formados, sugiere tener la logística adecuada de producto en proceso.

Se efectuó una investigación sobre las bandas transportadoras en proceso, adecuadas al tipo de producto que se maquila en ETSA. Se analizaron las restricciones o delimitaciones que se tienen para diseñarla, en el área de producción.

Fueron diseñados los diferentes tipos de ruedas dentadas motrices, el reenvío de material de plástico poliuretano de presión, los sistemas de transmisión de potencia como poleas, ruedas dentadas, área de potencia, y una banda modular de plástico polipropileno. Se diseñó el método sugerido para el mantenimiento preventivo y correctivo.

2.8.4. Costo del proyecto del área de formados

A continuación se enlistan los materiales necesarios para la elaboración de la banda transportadora del área de formados.

Tabla VIII. **Costo del proyecto banda transportadora área de formados**

Cantidad de materiales	Descripción	Costo
4	Planchas acero inox 4'x8'	Q 1 900,00
20	Ruedas dentadas 168 mm	Q 4 000,00
20	Cojinetes 0.08 x 0.05	Q 1 200,00
8	Chumaceras	Q 4 145,00

Continuación de la tabla VIII.

1	Motor 3 HP trifásico	Q 17 590,00
1	Rueda dentada 120 mm	Q 200,00
1	Rueda dentada 150 mm	Q 280,00
2	Poleas dentadas 80 mm	Q 150,00
1	Correa dentada 880 mm	Q 480,00
76	Tornillos c/tuerca Al	Q 1 520,00
2	Banda transportadora	Q 14 213,00
Costo de materiales		Q 45 678,00
Mano de obra		
1 día	Mecánico eléctrico	Q 90,00
4 días	Soldador <i>tig</i>	Q 400,00
Costo de mano de obra		Q 490,00
Costo total		Q 46 168,00

Fuente: elaboración propia.

2.8.5. Equipo y maquinaria

Tomando en cuenta que en el diseño propuesto solo se necesita un motor trifásico, esto presenta una serie de ventajas como la economía de sus líneas de transporte de energía (hilos más gruesos que en una línea monofásica equivalente) y de los transformadores utilizados, así como su elevado rendimiento de los receptores, especialmente motores, a los que la línea trifásica alimenta con potencia constante y no pulsada.

2.8.6. Costo de materiales

Por ser una industria de alimentos donde se desarrolla el proyecto, todos los materiales deberán ser de acero inoxidable, porque el material no proliferará ningún tipo de bacterias, teniendo la certeza de que no sufrirá ningún tipo de desgaste ni decoloración al lavarlo ni al aplicarle jabón, desinfectante, entre otros.

Según procedimiento de cálculo de materiales también se determinó el costo de las ruedas dentadas, tanto del rodillo motriz como el de retorno, los cuales serán fabricados de plástico poliuretano.

2.8.7. Costo del recurso humano

El recurso humano de conservación industrial o mantenimiento involucrado en la fabricación de la banda transportadora, tanto de formados como de salchicha, corresponderá a la misma cantidad de personas; se necesita un soldador, un ayudante y un mecánico eléctrico, para realizar las conexiones del circuito eléctrico de la misma.

El tiempo que se necesita para fabricar la banda transportadora es de 3 días en cada área; el mecánico eléctrico trabajará medio día; puesto que las medidas de cada sección de la banda están descritas en la sección de cada área, se deberán seguir los planos eléctricos; el tiempo estimado en terminar de instalar el circuito es de un día. El costo de la mano de obra es el sueldo diario de cada uno por el número de días indicado anteriormente.

2. FASE DE INVESTIGACIÓN. PLAN DE AHORRO ENERGÉTICO

En esta fase se realizó un estudio de Producción más Limpia enfocado al ahorro energético aplicado a las áreas de estudio: producción de salchicha y de formados.

3.1. Diagnóstico del consumo actual

Actualmente, en las áreas de salchichas y de formados todas las láminas utilizadas en el techo son galvanizadas, provocando que se tenga encendida la iluminación eléctrica las 24 horas del día, tanto en áreas de producción como cámaras de descongelado; también en el lavado de canastas, pasillos, bodegas y oficinas; además, se tienen lámparas de tubos fluorescentes en un 85 % de la planta; en ciertas cámaras se tienen lámparas de techo tipo campana; todo esto si se toma en cuenta el consumo eléctrico anual de ambas áreas.

Tabla IX. **Matriz de criterio**

Ponderación: de 1 a 5 1 = No viable 5 = viable						
Actividad	Minimizar consumo eléctrico	Tiempo mínimo instalación	Menor inversión	Tiempo retorno	Total	Orden de prioridad
Colocar el 100 % de láminas transparentes	5	1	2	4	12	4
Colocar el 25 % de láminas transparentes	3	4	4	3	14	2
Minimizar jornadas de trabajo	2	3	4	1	10	6
Colocar lámparas led	5	4	1	5	15	1
Eliminar el 50 % de lámparas fluorescentes	3	3	3	2	11	5
Apagar luminarias	3	3	4	3	13	3

Fuente: elaboración propia.

Según la matriz de criterio sobre el inconveniente de consumo alto de energía se plantearon 6 posibles proyectos para minimizar el inconveniente indicado, donde se planearon 4 criterios sobre costos, tiempo de solución y tiempo de retorno de la inversión; al evaluarse se determinaron las mejores opciones para minimizar el consumo de energía eléctrica; se deben aplicar los siguientes proyectos:

- Colocar lámparas led
- Colocar el 25 % de láminas transparentes
- Apagar luminarias

Tabla X. **Consumo anual de energía eléctrica en las áreas de salchichas y formados**

CONSUMO ENERGÍA						
Áreas	Cantidad de lámparas	Watts/ hora	Horas encendidas	Días/año	Consumo anual kw/hora	Costo anual
Salchicha	140	36	24	365	44 150,40	83 444,26
Cámara de proceso de salchicha	3	400	24	365	10 512,00	19 867,68
Cámara de descongelado	120	36	24	365	37 843,20	71 523,65
Formados	128	36	24	365	40 366,08	76 291,89
Cámara de proceso de formados	4	400	24	365	17 856,00	33 747,84
Total						Q 284 875,32

Fuente: elaboración propia.

3.2. Plan de ahorro

Observando los resultados de la matriz de criterios, puede observarse que los proyectos son viables dentro de la planta procesadora cárnica ETSA.

El ahorro energético que se sugiere en la planta en forma sostenible consta de 3 proyectos que se aplicarían en las áreas de producción, cámaras de proceso y de descongelado de las áreas de salchicha y formados; los mismos forman parte de la estrategia de ahorro de Producción más Limpia, evitando de esta forma los desperdicios de luz eléctrica.

En relación con los temas relacionados con la eficiencia energética, en concreto se valora la formación, información y el grado de compromiso de los gerentes en este tema, con el apoyo de los supervisores, coordinadores, subcoordinadores de grupo y personal operativo de la planta; solo así se formaría la cultura de ahorro energético, en forma sostenible. Las partes del plan son:

- Definir el alcance: con este plan de ahorro, al implementar las 3 propuestas mencionadas, por medio de la aplicación de una mejor tecnología más eficiente y la aplicación de nuevos métodos de ahorro de energía eléctrica, se agregará una actividad más a los supervisores de limpieza e higiene.
- Definir actividades: para implementar las propuestas indicadas se deberán de realizar las siguientes actividades:
 - Solicitud de materiales: detallando la cantidad de láminas transparentes que se necesitarán para colocar, tanto en el área de formados como de salchichas. Así también la adquisición de lámparas led, para ser colocadas en ambas áreas de producción.

- Asignarle a las personas de mantenimiento la tarea de cambiar las láminas galvanizadas por transparentes; como también la colocación de las lámparas *led*, supervisando dichos trabajos.
- Determinar el período idóneo: para poder realizar los cambios necesarios en la infraestructura de las áreas, regularmente se podría hacer un fin de semana, pero se tendría que coordinar con los supervisores de cada área.
- Presupuestar las actividades: este cálculo se hará para obtener el valor de la factura por cada uno de los insumos requeridos para hacer los cambios; así también se deberá contabilizar el tiempo implementado para estos trabajos a las personas asignadas, para obtener el valor de la mano de obra y de otras inversiones necesarias.
- Planear cómo evaluarlas: se deberá asignar a una persona que le dé seguimiento o a los mismos supervisores de CI, encargados de planificar las actividades con horarios y actividades establecidas, otorgando todos los materiales que se necesiten como escaleras, andamios, entre otros.
- Identificar riesgos: los riesgos que podrían tener serían de instalación, pero por regla interna este tipo de trabajos aplica al máximo la supervisión del Departamento de Seguridad Industrial; los riesgos que pueden darse son:
 - Una caída o resbalón
 - Una caída de un objeto a una persona o una máquina

- Golpe contuso sobre un dedo
 - Riesgo de contaminación
- Ejecutar: la ejecución de estos trabajos sería coordinada con el supervisor de cada área, de acuerdo con una orden emitida, bajo la supervisión de alguna persona responsable de cumplir con la ejecución en el tiempo requerido y con una buena calidad, evitando inconvenientes de filtraciones de agua o colocar lámparas torcidas, o dañadas. Planear recurso humano: la cantidad de personal será asignado mediante la planificación del supervisor, determinándose por la cantidad de tiempo que necesite completar la operación, así como también del personal disponible.

Figura 25. Plan de ahorro energético

Empacadora Toledo	
Departamento de Conservación Industrial	
Plan de ahorro	

Orden de trabajo #

Actividad: ahorro energético Área: Producción
 Código actividad: Personal: Conservación industrial

Fecha:	Hora inicio Hora final	Objetivo	Actividad	Responsable	Recursos
Colocación de láminas transparentes intercaladas					
71013	8:00	Solicitar insumos idóneos	Generar una orden de compra por 110 láminas transparentes y otros insumos	Supervisor	Sistema
251013	12:00	Informar supervisor sobre materiales	Jefe de bodega debe informar vía correo cuando se tenga los materiales E42	Encargado bodega	Computadora
281013 291013	05:00 19:00 05:00 12:00	No dañar madera cumplir horarios	Quitar láminas y bajarlas	Jefe de grupo	Herramienta asignada y andamios
291013	13:00 19:00	Dejar limpia la madera	Limpiar el techo en general	Jefe de grupo	Herramienta asignada y andamios
301013	05:00 19:00	Asegurarse el buen estado de la madera	Darle mantenimiento a la madera	Jefe de grupo	Herramienta asignada y andamios
311013 011113	05:00 19:00	Colocar y asegurar la láminas	Subir y asegurar las láminas	Jefe de grupo y supervisor	Herramienta asignada y andamios
Colocación de lámparas led					
71013	8:00	Solicitar insumos idóneos	Solicitar al departamento compras 395 lámparas led	Jefe de grupo	Sistema
251013	12:00	Informar supervisor sobre materiales	Jefe de bodega debe Informar vía correo cuando se tenga los materiales	Encargado bodega	Computadora
281013 311013	05:00 19:00	Trabajar con calidad y evitar quebrar lámpara	Desconectar y quitar lámparas fluorescentes por filas intercaladas	Jefe de grupo	Herramienta asignada y andamios
011113 041113	05:00 19:00	Conexiones correctas	Conectar lámparas led por filas.	Jefe de grupo	Herramienta asignada y andamios
051113 061113	05:00 19:00	Guardar en forma segura el sistema fluorescente	Desarmar las lámparas fluorescentes y guardar en bodega	Jefe de grupo	Herramienta asignada y andamios
Apagar luminarias					
Todos los días	Después de sanitizar	No desperdiciar luz	El jefe de grupo de limpieza apaga las luces después de haber sanitizado las áreas	Jefe de grupo de sanitización	Ninguna

Fuente: elaboración propia.

3.2.1. Implementación de tecnología led

La iluminación led se refiere a diodos emisores de luz; se encuentran como diodos simples, como en una linterna, o en grupos de diodos para crear un foco. La iluminación fluorescente viene en dos tipos principales: iluminación en tubos y focos. Las luces fluorescentes pueden variar en tamaño desde tubos de muchos pies de longitud hasta bulbos compactos que son aproximadamente del tamaño de un foco estándar. La iluminación led puede durar hasta 60,000 horas; esto es hasta 7 años antes de ser reemplazada. La iluminación fluorescente, en particular los bulbos CFL pueden durar alrededor de 10 000 horas, esto es hasta 1,5 años antes de requerir reemplazo. Se deberá reemplazar el foco 6 veces para igualar la vida útil de un foco led.

Tabla XI. **Consumo de energía proyectada mediante la utilización tecnología led**

CONSUMO ENERGÍA						
Áreas	Cantidad de lámparas	Watts/ hora	Horas encendidas	días/año	Consumo anual kw/hora	Costo anual
Salchicha	140	15	24	365	18 396,00	34 768,44
Cámara de proceso	3	15	24	365	394,20	745,03
Cámara de descongelado	120	15	24	365	15 768,00	29 801,52
Formados	128	15	24	365	16 819,20	31 788,28
Cámara de proceso	4	15	24	365	669,60	1 265,54
						Total Q 98 368,83

Fuente: elaboración propia.

Al observar los consumos de energía actuales versus los proyectados en un periodo de un año, se ve claramente que podría tenerse un ahorro de Q186 506,49.

3.2.2. Implementación de láminas transparentes

Durante los 7 días de la semana, en las áreas de producción de formados y salchichas se tienen encendidas las lámparas o luminarias durante las 24 horas del día, desde las 6:00 de la mañana que empieza el proceso de producción hasta media noche, cuando se lava y desinfecta la maquinaria e instalaciones; durante estos procesos se mantienen las luminarias encendidas, por tanto el costo energético es alto. En esta sección de la fase de investigación se propone utilizar un 25 % aproximado de láminas transparentes, que serán colocadas de manera alterna, después de cada lámina galvanizada, en diferentes filas.

En la siguiente fila sí se deben colocar láminas transparentes para que la iluminación natural sustituya la energía eléctrica de las áreas de producción; aprovechando la luz solar se podrían apagar las luminarias desde las 7:00 hasta las 17:00 horas, en algunos días sería factible dicho horario. A continuación se adjunta un cuadro donde se toman en cuenta las horas que se apagarían las lámparas y las horas que se encenderían, en la última columna.

Tabla XII. **Ahorro energético mediante la colocación de láminas transparentes**

Ahorro energético Colocación láminas transparentes						
Áreas	Cantidad de lámparas	Watts/ hora	Horas apagadas	Días/año	Consumo anual kw/hora	Ahorro anual
Salchichas	140	15	9	365	6 898,50	13 038,16
Cámara de proceso	3	15	9	365	147,83	279,39
Cámara de descongelado	120	15	8	365	5 256,00	9 933,84
Formados	128	15	8	365	5 606,40	10 596,09
Cámara de proceso	4	15	9	365	197,10	372,52
Total						Q 34 220,01

Fuente: elaboración propia.

3.2.2.1. Área de salchichas

A continuación se calcula el total de láminas que se encuentran en ambas áreas del estudio; para poder determinar la cantidad aconsejable a instalar, debe saberse que el área de salchichas es de 28 m de largo por 18 m. de ancho. Por el traslape de las mismas se calcula que son 0,09 m de ambos lados, según las dimensiones del ondulado de las láminas comerciales que se pierden al momento de colocar el producto en el techo. Al momento de dividir el ancho total del área de salchichas dentro del ancho útil de las láminas comerciales se obtendrá la cantidad necesaria para tener el ancho del área. Se tiene un total de 21 láminas que hay en el techo actualmente.

Al momento de dividir el largo total del área de salchichas, dentro del largo útil de las láminas comerciales, se obtendrá la cantidad de láminas necesarias para tener el largo del área. Se tiene un total de 12 láminas que hay en el techo actualmente. En el área de salchichas se tienen en total 252 láminas instaladas en el techo, por lo tanto se debe mantener la cuarta parte de láminas transparentes; para que se tenga un área con suficiente iluminación natural se deben colocar 63 láminas transparentes.

3.2.2.2. Área de formados

A continuación se calcula el total de láminas que se encuentran en las ambas áreas de estudio; para determinar la cantidad óptima es aconsejable conocer que el área de formados tiene 25 m de largo por 15 m. de ancho. Se calcula que el traslape entre ellas es de 0,09 m de ambos lados, según las dimensiones del ondulado de las láminas comerciales que se pierden al momento de colocarlo en el techo.

Al momento de dividir el ancho total del área de formados dentro del ancho útil de las láminas comerciales, se obtendrá la cantidad de láminas necesarias para tener el ancho del área. Se tiene un total de 17 láminas que hay en el techo actualmente.

Al momento de dividir el largo total del área de salchichas dentro del largo útil de las láminas comerciales, se obtendrá la cantidad de láminas necesarias para tener el largo del área. Se tiene un total de 11 láminas que hay en el techo actualmente.

En el área de salchichas se tiene un total 187 láminas instaladas en el techo; por lo tanto se debe mantener la cuarta parte de láminas transparentes para disponer de un área con suficiente iluminación natural; se deben de colocar 47 láminas transparentes. Se deberá comprar un total de 110 láminas transparentes para cubrir las dos áreas de producción en estudio.

3.2.3. Implementación de apagar luminarias

Al terminar el proceso productivo de las áreas de formados y salchichas, se procede a lavar y desinfectar las máquinas, pisos y paredes, ya que estos tienen una gran responsabilidad relacionada con la inocuidad del alimento y el manejo y uso seguro de los productos químicos.

A terminar de sanitizar cada área, se tiene ese lapso con iluminación innecesaria gastando recursos eléctricos; si se proyectan estas dos horas de ahorro en dichas áreas, por un año, se tendría un ahorro significativo.

Tabla XIII. **Ahorro proyectado, apagado de luminarias en desuso**

Ahorro energético						
Apagado de luminarias en desuso						
Áreas	Cantidad de lámparas	Vatios	Horas apagadas	Días/año	Consumo anual kw/hora	Costo anual
Salchicha	140	15	2	365	1 533,00	2 897,37
Cámara de proceso de salchicha	3	15	4	365	65,70	124,17
Cámara de descongelado	112	15	4	365	2 452,80	4 635,79
Formados	128	15	2	365	1 401,60	2 649,02
Cámara de proceso de formados	4	15	4	365	87,60	165,56
Pasillos	38	15	4	365	832,20	1 572,86
Total Q						12 044,78

Fuente: elaboración propia.

Tomando en cuenta lo anterior, se incluyen en la siguiente tabla los ahorros globales que se tendrían en un periodo de un año.

Tabla XIV. **Costos anuales de las 3 propuestas de ahorro energético**

Ubicación	Propuestas	Costo anual
3.2.1.	Implementación tecnología led	Q186 506,49
3.2.2.	Colocación de láminas transparentes	Q 34 322,07
3.2.3.	Apagado de luminarias en desuso	Q 12 044,78
Costo total		Q 232 873,34

Fuente: elaboración propia.

3.3. Costo del plan de ahorro energético

Al implementar estos proyectos, es necesario adquirir algunos insumos los cuales se detallan a continuación.

Tabla XV. **Costos de implementación de los proyectos de Producción más Limpia**

Área	Proyecto	Costo
Salchichas	Lámparas led	24 518,00
Formados	Lámparas led	19 803,00
Salchichas	Láminas transparentes	3 744,00
Formados	Láminas transparentes	2 496,00
Salchichas	Lámparas en desuso	0,00
Formados	Lámparas en desuso	0,00
Total		Q 50 561,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Costos de implementación de lámparas led**

Área	Cantidad de lámparas	Precio unitario	Total
Salchichas	104	235,75	24 518,00
Formados	84	235,75	19 803,00
Total			Q 44 321,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Costos de implementación de láminas transparentes**

Áreas	Cantidad láminas transparentes	Costo láminas	Costo total
Salchichas	36	104,00	3 744,00
Formados	24	104,00	2 496,00
Costo total			6 240,00

Fuente: elaboración propia.

4. FASE DE DOCENCIA. PLAN DE CAPACITACIÓN

A continuación se enlista el programa de capacitaciones necesarias para la elaboración de la propuesta del proyecto, sustentada en el desarrollo de la herramienta FODA, aplicada a las características de los operarios del área, tanto de estudio como de mantenimiento, limpieza y sanitización.

4.1. Análisis FODA

Es el análisis de los factores positivos que se pueden aprovechar y los factores negativos que se deben manejar para minimizar su efecto; de esa manera podrán alcanzarse los objetivos a partir de una acertada toma de decisiones.

Tabla XVIII. **Matriz FODA**

Fortalezas	Debilidades
F1. Conocimiento de políticas F2. Conocimiento de calidad F3. Conocimiento de los procesos F4. Buena actitud	D1. Informalidad con compañeros D2. Sanitización ineficiente D3. Pérdida de tiempo D4. Poco conocimiento técnico
Oportunidades	Amenazas
O1. Nueva tecnología O2. Nueva metodología O3. Menor costo O4. Mejor iluminación	A1. Ruido maquinaria A2. Accidente en instalación

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Matriz de factores FODA**

Factores internos	Lista de fortalezas	Lista de debilidades
	F1	D1
	F2	D2
Factores externos	F3	D3
	F4	D4
Oportunidades	FO (max-max)	DO (min-max)
O1	Estrategias: maximizar	Estrategia para minimizar
O2	las F y las O	las D y maximizar las O
O3		
O4		
Amenazas	FA (max-min)	DA(min-min)
A1	Estrategia para maximizar las	Estrategia de minimizar la
A2	fortalezas y minimizar las	debilidades y amenazas
	amenazas	

Fuente: elaboración propia.

4.2. Diagnóstico de necesidades de capacitación

- Operarios de producción: tomando en cuenta los resultados del análisis FODA se deben explotar las fortalezas y oportunidades, y minimizar las debilidades y amenazas; en la capacitación se debe aprovechar el conocimiento de normas de calidad sobre las políticas de la empresa, indicándoles que tendrán nuevo tipo de maquinaria y la nueva metodología de trabajo; será de mucho beneficio tener una mejor iluminación que evitará tener una enfermedad laboral, indicándoles sobre el comportamiento con los compañeros, trabajando con ellos sobre la

sanitización ineficiente, indicándoles cómo es la marcha de desinfección, e informando sobre el ruido controlado de la maquinaria.

- Personal de mantenimiento: tanto los mecánicos como mecánicos eléctricos, es necesario que conozcan la banda y el diagrama eléctrico, para poder tomar en cuenta cada dispositivo que lo compone, y así calcular el alcance que se tenga al arruinarse alguno de ellos. Conocer cuál es el sistema utilizado. Se debe indicar la buena iluminación que tendrán con el cambio de lámparas y con las láminas transparentes, para poder corregir los problemas frecuentes que podrán tener, evitar las pérdidas de tiempo para conocer el ruido natural; mediante una adecuada gestión se reducirán los costos; a través de la aplicación de los métodos se minimizará el tiempo de manipulación de la parte afectada y se solicitarán los repuestos adecuados.
- Personal de higiene y sanitización: el personal de limpieza de las áreas de producción de salchichas y formados sabe cómo limpiar las bandas; antes de empezar a limpiar tapan con bolsas plásticas las partes delicadas como los motores y paneles eléctricos, tomacorrientes, entre otros; solo habría que explicarles qué partes se deben proteger y la forma de limpiar la banda *intra*lox. Se debe explotar el conocimiento que se tiene sobre los procesos para minimizar el tiempo, utilizar una mejor iluminación tanto de día como de noche, y recibir capacitación sobre los posibles accidentes que pueden darse durante el proceso y el conocimiento técnico para desarmar la banda durante las limpiezas.

4.3. Plan de capacitación

Es necesario dividir la capacitación en dos grupos, para que el personal que está en la noche tenga la oportunidad de recibir la capacitación. En este plan únicamente se tomará en cuenta a operarios de la planta de producción de las áreas involucradas. A continuación se presentan los horarios de la capacitación que se impartirá en el siguiente numeral. Conforme se ponga en marcha la construcción de la banda.

Tabla XX. **Plan de capacitaciones**

Empacadora Toledo S. A.				
Departamento de Recursos Humanos				
Plan de capacitaciones				
Nombre de la capacitación:				
Aspectos importantes de la banda transportadora			Fecha: 22/12/2013	
Personal:	a) Operarios b) Conservación industrial c) H&S		Lugar: sala de capacitación	
Objetivo	Actividad	Responsable	Duración	Recursos
Comprender capacitación	Capacitación operativa	Supervisores salchichas y formados	40 min	Equipo audiovisuales y sillas
Comprender aspectos técnicos	Capacitación técnica	Supervisor de CI	35 min	Equipo audiovisuales y sillas
Conocer la banda	Capacitación sobre sanitización	Supervisor de H&S	35 min	Equipo audiovisuales y sillas

Fuente: elaboración propia.

4.4. Programa de capacitación

Se desarrollará un programa de capacitaciones a las personas inmersas en las diferentes áreas, con el fin de transferir en forma práctica y objetiva la filosofía y tecnología utilizada, necesaria para la exitosa operación de la empresa. El objetivo del programa es profundizar en temas de relevante importancia para la operación, tales como conocimiento de la banda, dominio del sistema, principios básicos de la operación, calidad en el servicio y en los productos y temas claves de la administración, así como el reforzamiento de aquellos conocimientos, habilidades y actitudes propias del empleado.

Se segmentará el programa en tres partes:

- Capacitación operativa
- Capacitación técnica
- Capacitación sobre sanitización

4.4.1. Capacitación operativa

Está dirigida a los operarios de producción de salchichas y formados. El personal de salchichas tales como carteristas, operarios de molino y de sierra, coordinadores y subcoordinadores de fabricación y producción, será el que trabaje al inicio de la línea; la banda se colocará desde el inicio de la línea de salchichas hasta el *cutter*.

En el área de formados debería estar el personal de molino, sierra y mezcladora, así también subcoordinadores y coordinadores, ya que esta banda también se colocará desde el inicio hasta la mezcladora.

Al final es pertinente quedarse solo con coordinadores y subcoordinadores en la capacitación para comentarles sobre las tres propuestas de ahorro energético; de esa manera estarán enterados de los proyectos de mejoras, los cuales se pondrán en marcha en sus respectivas áreas, principalmente en apagar las luminarias en desuso. A continuación se describen los programas de capacitación.

Tabla XXI. Programa de capacitación operativa

Empacadora Toledo				
Departamento de Recursos Humanos				
Plan de capacitaciones				
Capacitación personal de limpieza				
Temas de apoyo	Objetivo	Fecha	Hora inicio Hora final	Responsable
Principio general de la banda transportadora	Interesar al personal sobre el tema	201213 271213	16:00 16:30	Walter Lürssen
Por qué utilizar la banda transportadora	Mostrar la utilidad real de las mismas	201213 271213	16:00 16:30	Walter Lürssen
Manejo de la banda transportadora, paros de emergencia, entre otros.	Aumentar sus competencias	201213 271213	16:00 16:30	Walter Lürssen
Materiales y sanitización de la banda, ruedas dentadas y rodillos.	Capacitarlos	201213 271213	16:00 16:30	Supervisor del área
Principio de Producción más Limpia	Capacitarlos	201213 271213	16:00 16:30	Supervisor del área
Por qué utilizar láminas transparentes	Capacitarlos	201213 271213	16:00 16:30	Supervisor del área
Por qué utilizar iluminación Led	Capacitarlos	201213 271213	16:00 16:30	Supervisor del área
Por qué se deben apagar las luces en las áreas	Capacitarlos	201213 271213	16:00 16:30	Supervisor del área

Fuente: elaboración propia.

4.4.2. Capacitación técnica

Esta capacitación es para personal de mantenimiento: mecánicos industriales y eléctricos de las áreas de salchichas y de formados, como también coordinadores y supervisores, ya que ellos son quienes realizan mantenimiento preventivo y correctivo a la banda que se colocará en ambas áreas de producción.

Tabla XXII. Programa de capacitación técnica

Empacadora Toledo				
Departamento de Recursos Humanos				
Plan de capacitaciones				
Capacitación personal operativo				
Temas de apoyo	Objetivo	Fecha	Hora inicio - hora final	Responsable
Principio general de la banda transportadora	Interesar al personal sobre el tema	161213 231213	16:00 16:30	Walter Lürssen
Por qué utilizar la banda transportadora	Mostrar la utilidad real de las mismas	161213 231213	16:00 16:30	Walter Lürssen
Beneficios de la banda transportadora	Motivar al personal	161213 231213	16:00 16:30	Walter Lürssen
Manejo de la banda transportadora, paros de emergencia, entre otros.	Aumentar sus competencias	161213 231213	16:00 16:30	Walter Lürssen
Principio de Producción más Limpia, con P y L	Capacitarlos sobre el tema	161213 231213	16:00 16:30	Supervisor del área
Por qué utilizar láminas transparentes	Capacitarlos sobre el tema	161213 231213	16:00 16:30	Supervisor del área
Por qué utilizar iluminación led	Capacitarlos sobre el tema	161213 231213	16:00 16:30	Supervisor del área
Por qué se deben apagar las luces en las áreas	Capacitarlos sobre el tema	161213 231213	16:00 16:30	Supervisor del área

Fuente: elaboración propia.

4.4.3. Capacitación de higiene y sanitización

En este segmento se deberá tomar en cuenta a las personas que están regularmente lavando y desinfectando las máquinas en las áreas de producción salchichas y producción formada, así como a coordinadores de grupo. Los temas en que se capacitará al personal de producción serán los siguientes:

- Materiales de banda
- Materiales de ruedas dentadas
- Motor y panel eléctrico
- Sanitización de la banda

Tabla XXIII. Programa de capacitación limpieza

Empacadora Toledo				
Departamento de Recursos Humanos				
Plan de capacitaciones				
Capacitación personal de limpieza				
Temas de apoyo	Objetivo	Fecha	Hora inicio - hora final	Responsable
Principio general de la banda transportadora	Interesar al personal sobre el tema	201213 271213	16:00 16:30	Walter Lürssen
Por qué utilizar la banda transportadora	Mostrar la utilidad real de las mismas	201213 271213	16:00 16:30	Walter Lürssen
Manejo de la banda transportadora, paros de emergencia, entre otros	Aumentar sus competencias	201213 271213	16:00 16:30	Walter Lürssen
Materiales y sanitización de la banda, ruedas dentadas y rodillos	Capacitarlos	201213 271213	16:00 16:30	Supervisor del área
Principio de Producción más Limpia	Capacitarlos	201213 271213	16:00 16:30	Supervisor del área
Por qué utilizar láminas transparentes	Capacitarlos	201213 271213	16:00 16:30	Supervisor del área
Por qué utilizar iluminación Led	Capacitarlos	201213 271213	16:00 16:30	Supervisor del área
Por qué se deben apagar las luces en las áreas	Capacitarlos	201213 271213	16:00 16:30	Supervisor del área

Fuente: elaboración propia.

4.5. Retroalimentación de la capacitación

Al finalizar las tres capacitaciones, los participantes deberán responder una prueba para medir los conocimientos adquiridos; se les cuestionará sobre aspectos importantes que se deben tomar en cuenta durante el desarrollo de sus actividades, cómo mejorar las acciones tomadas y cómo aumentar el tiempo de vida de la banda transportadora. A continuación se presenta una evaluación como ejemplo:

Figura 26. Retroalimentación de capacitación

Empacadora Toledo S.A.		
Departamento de Recursos Humanos		
Plan de capacitaciones		
Evaluación banda transportadora Personal operativo		
Nombre: _____	Capacitador: _____	
Área: _____	Fecha: _____	
Instrucciones: favor contestar las siguientes preguntas para poder evaluar el grado de comprensión obtenido de la capacitación.		
1. ¿En qué ayuda la banda transportadora ?		
2. ¿Para qué sirve el botón de paro de emergencia.?		
3 ¿Cuál es el botón de paro de emergencia.?		
4. ¿Por qué se reesguarda mejor la sanitización con el uso de la banda transportadora?		

Fuente: elaboración propia.

4.6. Costo de insumos de capacitación

En la siguiente tabla se pueden observar los insumos y costos de alquiler para impartir las capacitaciones del personal.

Tabla XXIV. Costos de alquiler de equipo y mobiliario

Cantidad	Insumo	Costo unitario en quetzales	Costo total en quetzales
75	Sillas	1,50	112,50
4	Mesas	8,00	32,00
75	Lapiceros	1,50	112,50
1	Laptop, retroproyector y puntero	200,00	200,00
1	Extensión eléctrica	60,00	60,00
1	Flauta eléctrica	25,00	25,00
Costo total			542,00

Fuente: elaboración propia.

A continuación se muestran unas imágenes de las capacitaciones dadas.

Figura 27. **Personal de producción en capacitación**



Fuente: instalaciones de ETSA.

CONCLUSIONES

1. El método de diseño planteado en este trabajo de graduación proporciona al ingeniero un ejemplo sobre las consideraciones tomadas en el diseño, para poder acoplarlo a sus necesidades y seleccionar los componentes apropiados que permitan automatizar los procesos productivos de su empresa.
2. Las bandas transportadoras *intra*lox son modulares de plástico resistentes a la corrosión; se caracterizan por una flexibilidad y resistencia al desgaste y a los impactos mayores. Son resistentes a muchos productos químicos como ácidos, bases e hidrocarburos y se pueden utilizar a menor temperatura.
3. Es necesario tener presente las condiciones y factores que delimitan el diseño del sistema de transporte para que este sea funcional y automatice el proceso.
4. La tecnología led tiene una vida útil 6 veces mayor a la iluminación de tubos fluorescentes, en condiciones de estabilidad de fluido eléctrico.
5. La banda transportadora se puede desmontar para ser totalmente lavada y sanitizada, evitando así la creación y proliferación de microbios y bacterias; no tiene depósitos o espacios en donde crezcan las bacterias, que puedan contaminar los alimentos que pasen por la banda.

6. La tensión de la banda no debe ser muy rígida para evitar que se deslicen los rodillos o no tener un contacto necesario entre la banda y los rodillos.

RECOMENDACIONES

1. El manejo de materiales siempre se debe de analizar junto con el proceso de producción, ya que estos van relacionados y no se pueden considerar como actividades independientes.
2. Se deben tomar muy en cuenta las características del material y la materia prima a transportar; estos dependerán de las características del material de la banda, por lo que se procede a hacer los respectivos cálculos, manejando la capacidad y el conocimiento sobre si es corrosivo o contraproducente a la banda.
3. Se debe lavar la banda transportadora a diario y no dejar que pase un lapso de 3 horas después de haberla usado, para evitar que la pasta u otros desechos se peguen sobre los rodillos y correas de la banda transportadora; de esa manera se evitará la proliferación de bacterias.
4. Se debe elaborar una hoja de registro de mantenimiento correctivo de la banda transportadora, para determinar la causa raíz cuando se detecte un fallo repetitivo.
5. Colocar el material de acero inoxidable, todos los tornillos, tuercas, roldanas y piezas fabricadas, para evitar la contaminación debido a la presencia de corrosión o moho en estos elementos.

6. Evitar colocar canasta limpia en la sección de la segunda banda para evitar que se contamine, ya que en dicha sección se colocan canastas usadas.

BIBLIOGRAFÍA

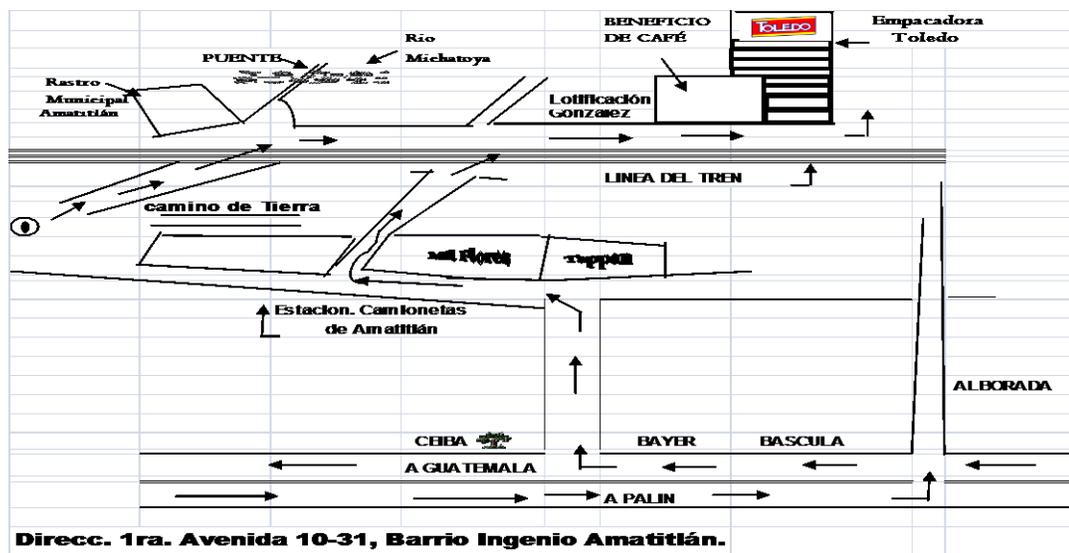
1. Hoken, S.A. Bandas modulares. [en línea]. http://www.hoken-bandas.com/manuales/Manual_Tecnico_Generalidades.pdf>. [Consulta: agosto de 2015].
2. Forbo, Siegling. Cálculo de la banda transportadora. [en línea]. http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-06-21_09-06-57105684.pdf >. [Consulta: agosto de 2015].
3. Barriga Herrero, David. Diseño a detalle y selección de componentes. [en línea]. http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/diaz_b_d/capitulo5.pdf >. [Consulta: septiembre de 2015].
4. Jo Soto, José Ramiro. Fabricación y automatización de un sistema de transporte para envase aséptico de una planta de alimentos. [en línea]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0192_EO.pdf>. [Consulta: agosto de 2015].
5. Shubert E, Fred. Wikipedia, org. Led. [en línea]. <http://es.wikipedia.org/wiki/Led>>. [Consulta: octubre de 2015].
6. Voigt, Werner Ricardo WEG. Selección de equipos. [en línea]. <http://ecatalog.weg.net/>>. [Consulta: septiembre de 2015].

7. *Weda transmisiones S. L.* [en línea]. Disponible en: <<http://www.wedatransmisiones.com/>>. [Consulta: octubre de 2015].

8. Wikipedia. *Relación de transmisión.* [en línea]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Relaci%C3%B3n_de_transmisi%C3%B3n>. [Consulta: septiembre de 2015].

ANEXO

Anexo 1. Mapa ubicación empacadora Toledo



Fuente: Área de Recursos Humanos, ETSA.

APÉNDICE

Apéndice 1. Cálculo de láminas transparentes

El área de salchichas tiene 28 m de largo por 18 m. de ancho, por el traslape de láminas se calcula que son 0,09 m de ambos lados, según las dimensiones del ondulado de las láminas comerciales que se pierden al momento de colocarlas en el techo; las dimensiones de las láminas colocadas en el techo de ambas áreas son las siguientes: 0,975 metros de ancho y 2,44 metros de largo.

Ahora se procederá a calcular la cantidad de láminas que se colocarán en el ancho del área de salchichas:

$$NLA = \text{ancho total} / \text{ancho útil de lámina}$$

$$NLA = 18 / 0,885$$

$$NLA = 20,34 = 21 \text{ láminas}$$

Ahora se procederá a calcular la cantidad de láminas que se colocarán en el largo del área de salchichas:

$$NLL = 28 / 2,35$$

$$NLL = 11,91 = 12 \text{ láminas}$$

$$\text{Total de láminas} = 21 \times 12 = 252 \text{ láminas}$$

En el área de salchichas se tiene en total 252 láminas instaladas en el techo; por lo tanto se debe mantener la cuarta parte de láminas transparentes;

para tener un área con suficiente iluminación natural se deben colocar 63 láminas transparentes.

El área de formados es de 25 metros de largo por 15 de ancho. Por el traslape de láminas se calcula que tiene 0,09 m de ambos lados, según las dimensiones del ondulado de las láminas comerciales que se pierden al momento de colocar el producto en el techo, las dimensiones de las láminas colocadas en el techo de ambas áreas son las siguientes: 0,975 metros de ancho y 2,44 metros de largo.

Ahora se procederá a calcular la cantidad de láminas que se colocarán en el ancho del área de formados:

$$NLA = \text{ancho total} / \text{ancho útil de lámina}$$

$$NLA = 15 / 0,885$$

$$NLA = 16,94 = 17 \text{ láminas}$$

$$NLL = 25 / 2,35$$

$$NLL = 10,63 = 11 \text{ láminas}$$

$$\text{Total de láminas} = 17 \times 11 = 187 \text{ láminas}$$

En el área de formados se tiene en total 187 láminas instaladas en el techo, por lo tanto se debe mantener la cuarta parte de láminas transparentes; para que se tenga un área con suficiente iluminación natural se deben colocar 47 láminas transparentes.

En total, en ambas áreas se necesitarán 110 láminas transparentes para obtener el ahorro proyectado.