

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



**“Diseño de tres líneas de producción para la
fabricación de dulce duro y dulce paleta”**

Trabajo de graduación presentado por Miguel Ángel Samayoa
Ricci para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería
Mecánica

Guatemala
2009

**“Diseño de tres líneas de producción para la
fabricación de dulce duro y dulce paleta.”**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

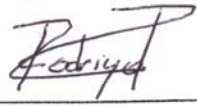


**“Diseño de tres líneas de producción para la
fabricación de dulce duro y dulce paleta.”**

Trabajo de graduación presentado por Miguel Ángel Samayoa
Ricci para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería
Mecánica

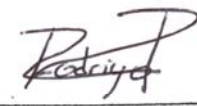
Guatemala
2009

Vo. Bo.

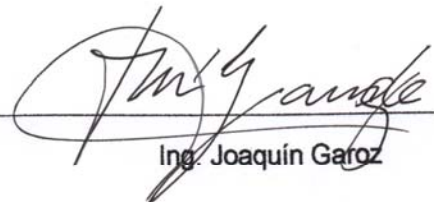
(f) 

Ing. Rodrigo Pacheco

Tribunal Examinador

(f) 

Ing. Rodrigo Pacheco

(f) 

Ing. Joaquín Garz

(f) 

Ing. Manuel Ruano

Fecha de aprobación: Guatemala, 7 de diciembre 2009

ÍNDICE

Listado de tablas	VIII
Listado de ilustraciones	IX
Listado de fórmulas	X
Listado de diagramas, planos y gráficas	XI
Resumen	XII
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
A. General	3
B. Específico	3
III. JUSTIFICACIÓN	4
IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
A. Delimitación del problema	5
B. Conceptual	5
C. Geográfico	5
D. Temporal	6
E. Técnico	6
V. MARCO TEÓRICO	7
A. Descripción de la empresa	7
B. Fabricación industrial de caramelos	8
C. Dulce duro tipo caramelos	9
D. Miel, jarabe y almíbar	10
E. Cristalización	10
F. Materias primas a utilizar	10
1. Azúcar	10
2. Azúcares no cristalizables (Glucosa y Fructosa)	12
a. Glucosa (Dextrosa)	12
b. Fructosa (levulosa)	12
3. Saborizantes	13
G. Proceso clásico y propiedades de la elaboración de la miel y el caramelo duro	14
H. Equipo de la línea de proceso	15
1. Marmita disolvedora automática	15
2. Cámara presurizada y evaporador (Cocedora)	16
3. Mesa de enfriamiento y amasado	17
4. Bastoneadora	18
5. Egalizador	19

6.	Troqueladora	20
7.	Túnel de enfriamiento	20
8.	Empacadora	21
9.	Embolsadora	21
I.	Equipo auxiliar de la línea de producción	22
1.	Compresores	22
2.	Secador de condensado	23
3.	Caldera	23
4.	Equipo de aire acondicionado	23
J.	Métodos para el cálculo de la carga térmica	24
K.	Selección de servicio para maquinaria	25
1.	Selección de conductores eléctricos según capacidades	25
2.	Selección de conductores en tubo tipo conduit	27
3.	Selección de tubería para la distribución de vapor	28
4.	Propiedades del vapor	29
L.	Aspectos para la evaluación económica del proyecto	30
1.	Método del Valor Presente Neto (VPN)	30
2.	Método de la Tasa Interna de Retorno (TIR) para la evaluación económica del proyecto	31
3.	Cálculo del Punto de Equilibrio (PE) en unidades producidas	31
VI.	METODOLOGÍA	33
A.	Métodos, técnicas e instrumentos	33
VII.	RESULTADOS	35
A.	Flujo para la elaboración del dulce	35
B.	Selección de equipos	37
1.	Rutinas de mantenimiento preventivo	43
2.	Selección de conductores eléctricos, según capacidades y selección de conductores en tubo tipo conduit	47
a.	Solución para la selección de conductores eléctricos según capacidades	47
b.	Solución para la selección de tubería conduit según capacidad	48
3.	Selección de tubería para conducción de vapor	48
a.	Solución para la selección de tamaños en tubería para la distribución de vapor	48
4.	Selección de equipo para unidad de refrigeración	50
a.	Solución para la selección de unidad de refrigeración	50
C.	Análisis financiero	54
1.	Cálculo de Valor Presente Neto (VPN o VAN)	54
2.	Cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR)	54
3.	Cálculo de Punto de Equilibrio (PE)	55
D.	Ejecución del proyecto	57

VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	58
IX. CONCLUSIONES.....	63
X. RECOMENDACIONES.....	64
XI. FUENTES DE CONSULTA.....	65
XII. ANEXOS.....	67

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1.	Humedad relativa teórica para diferentes tipos de dulce.....	24
Tabla 2.	Pérdida por cambio de aire diferente temperatura y humedad relativa	25
Tabla 3.	Pérdida por motores eléctricos.....	25
Tabla 4.	Intensidad de corriente admisible para conductores de cobre.....	27
Tabla 5.	Valores establecidos para factores de relleno.....	28
Tabla 6.	Dimensiones de tubo metálico tipo pesado y área disponible para conductores	28
Tabla 7.	Propiedades del vapor.....	28
Tabla 8.	Tabla de componentes del diagrama de flujo.....	35
Tabla 9.	Equipos, especificaciones y gráficos.....	38
Tabla 10.	Rutinas de mantenimiento para máquina disolvedora.....	43
Tabla 11.	Rutinas de mantenimiento para máquina cocedora.....	44
Tabla 12.	Rutinas de mantenimiento para máquina amasadora.....	44
Tabla 13.	Rutinas de mantenimiento para la máquina de bastonear.....	45
Tabla 14.	Rutinas de mantenimiento para la máquina egalizadora.....	45
Tabla 15.	Rutinas de mantenimiento para la máquina troqueladora	45
Tabla 16.	Rutinas de mantenimiento para el túnel de enfriamiento.....	46
Tabla 17.	Rutinas de mantenimiento para las máquinas empacadoras.....	46
Tabla 18.	Rutinas de mantenimiento para la máquina embolsadora.....	47
Tabla 19.	Selección eléctrica de máquinas.....	51
Tabla 20.	Cálculos de vapor.....	52
Tabla 21.	Cálculos del Valor Presente Neto (VPN).....	54
Tabla 22.	Cálculos de la Tasa Interna de Retorno (TIR).....	54
Tabla 23.	Cálculos del Punto de Equilibrio (PE).....	55
Tabla 24.	Cálculos para el primer año (PE).....	55

LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.	Disolvedora automática	16
Ilustración 2.	Cámara presurizada y evaporador	17
Ilustración 3.	Mesa de enfriamiento	18
Ilustración 4.	Bastoneadora	19
Ilustración 5.	Egalizador.....	19
Ilustración 6.	Troqueladora	20
Ilustración 7.	Embolsadora	22

LISTADO DE FÓRMULAS

Fórmula 1.	Fórmula química de la sacarosa.....	11
Fórmula 2.	Fórmula química de la glucosa	12
Fórmula 3.	Fórmula química de la fructosa	13
Fórmula 4.	Pérdida a través de las paredes.....	24
Fórmula 5.	Transferencia de calor a través de las paredes.....	24
Fórmula 6.	Carga de productos.....	25
Fórmula 7.	Sección de cable	26
Fórmula 8.	Factor de relleno	28
Fórmula 9.	Calor a vapor	29
Fórmula 10.	Cálculo de consumo de vapor.....	29
Fórmula 11.	Cálculo sección de tuberías.....	30
Fórmula 12.	Tasa mínima atractiva de retorno.....	30
Fórmula 13.	Valor presente neto (VPN).....	31
Fórmula 14.	Tasa interna de retorno.....	31
Fórmula 15.	Contribución a la ganancia.....	31
Fórmula 16.	Punto de equilibrio	32

LISTADO DE DIAGRAMAS, PLANOS Y GRÁFICAS

Diagrama 1.	Diagrama de flujo	36
Plano 1.	Planta de distribución de nuevas líneas de producción	53
Gráfica 1.	Punto de equilibrio	56
Gráfica 2.	Fases de ejecución del proyecto	57

RESUMEN

La producción de dulce en Guatemala, es hoy en día uno de los más prósperos dentro de los productos no tradicionales de exportación; el mismo contribuye al desarrollo socioeconómico de las regiones productoras, a través de la generación de fuentes de trabajo en donde las áreas que son aptas para la producción se encuentran actualmente en una ubicación apropiada para la comercialización y competitividad en el mercado internacional, así como de las características del mercado local, especialmente en la región central de la República de Guatemala. Su impacto económico a nivel nacional es de singular importancia, puesto que contribuyen a un aumento sustancial del Producto Interno Bruto (*PIB*).

Este trabajo pretende constituirse en una fuente de información para actualizar, ampliar y fortalecer los conocimientos de los técnicos, operarios, empresarios, estudiantes y todas aquellas personas que en forma directa o indirecta, tengan actividades relacionadas con la producción de productos alimenticios en el área de la confitería; además de proporcionarle al productor los conocimientos y técnicas de instalación, incluyendo la comercialización, para que de esta manera sea un complemento a otros trabajos efectuados a la fecha en productos no tradicionales de exportación.

Se ha demostrado que la producción de dulce en Guatemala, es considerado como un producto rentable bajo prácticas de producción adecuadas.

Su rentabilidad depende en gran parte de la cantidad y calidad producida para la exportación a los países demandantes del producto, los cuales exigen estándares elevados de calidad, cantidad y tiempo de entrega asegurados para su aceptación.

A pesar de los esfuerzos de las entidades privadas para que los fabricantes incrementen la producción; tales esfuerzos no han reflejado los frutos esperados. Se considera que la productividad y eficiencia, podría aumentarse en forma significativa si, los productores complementaran las adecuadas prácticas productivas, con un buen manejo de variables y técnicas de producción y mercadeo de los productos y de esta manera reducir al máximo la cantidad de productos clasificados como rechazo.

La rentabilidad de producción para caramelo de exportación en Guatemala, se determinó contando con la información básica de los costos de producción, utilizando técnicas de evaluación financiera tales como: Registros y costos de producción actualizados, cálculo del Punto de Equilibrio (PE), el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

El Valor Actual Neto (VAN) muestra si la producción soporta una tasa del 10% para su aceptación.

I. INTRODUCCIÓN

Es de conocimiento común, que todas las empresas productoras de caramelo, procuren constantemente su crecimiento y mejora en todos los procesos de producción y comercialización.

Los proyectos de instalación y movimiento de maquinaria son bastante delicados y requieren de mucha atención en cada parte del diseño, para descubrir su perfecto punto de funcionalidad y éxito. Los pasos para el diseño de una instalación, dependen de su complejidad. Es aquí donde la Ingeniería Mecánica, como ciencia aplicada, establece varios criterios y procedimientos para el diseño de procesos productivos que contribuyan a la utilización óptima de los recursos de producción.

La industria de confitería, al igual que la mayoría de industrias manufactureras, a través de la historia y principalmente en la actualidad, que se enfrenta una crisis económica debido al alza de los combustibles fósiles, inquiera la sustitución o implementación de nuevas técnicas o materiales para la disminución de los costos de producción. Aparta que, como toda industria que ofrece un producto al mercado, se ve comprometida a desarrollar e innovar productos nuevos, ya sea en cuestión de formulación de nuevos estilos, tipos de productos o puramente el mercadeo comercial.

Otro aspecto importante a considerar, es el surgimiento y desarrollo de nuevas tecnologías; la automatización general de los procesos, tanto de manufactura como de extracción, es tema que representa una alta inversión inicial, la cual se traducirá en un ahorro considerable de gastos innecesarios y costos de producción elevados en lo que respecta a la mano de obra y control de variables en beneficio de la calidad o inocuidad del producto se refiere.

En el caso específico de las industrias de confitería guatemaltecas, a grosso modo, se puede definir que: En la fabricación de caramelos se suelen usar como materias primas el azúcar, la glucosa y el agua, que se combinan en las proporciones adecuadas para generar un jarbe, luego se somete a una evaporación con vacío, que produce la eliminación del agua presente en el jarabe cocido, quedando una pasta de caramelo que puede ser moldeada en diferentes formas. Se puede inferir que los caramelos son soluciones de azúcares transformadas por una viscosidad muy fuerte, en una estructura vítrea. Son productos de una masa de azúcar cristalizada de alta concentración. A su vez se puede mencionar un sin fin de equipo especializado en la fabricación del caramelo, tales como disolvedoras, cocedoras, amasadoras, bastoneadoras, egalizadores, troqueladores, túneles de enfriamiento, empacadoras, entre otras, que combinadas crean una línea de producción.

Este trabajo de investigación, fue desarrollado en la Industria Procesadora de Guatemala, Sociedad Anónima -NIASA-, en la República de Guatemala, Centroamérica, en el periodo de producción 2,008 a 2009.

El presente trabajo de tesis, se enfoca al diseño de tres líneas para la fabricación de dulce duro y dulce paleta; este tipo de proyectos tiene gran importancia en el contexto de nuestro país, ya que se atraviesa actualmente por una alta tasa de desempleo a nivel operativo y con el montaje de cualquier planta de manufactura se generan empleos directos e indirectos, por lo consiguiente, un crecimiento económico.

Uno de los objetivos de este trabajo de investigación, es el de aplicar los conocimientos aprendidos a lo largo de la carrera de Ingeniería Mecánica en el diseño de las líneas de fabricación de golosinas, que maneje conceptos de manufactura de clase mundial, menores tiempos de trabajo, diagrama de flujos adecuado, entre otros; y con estas herramientas lograr una alta eficiencia que permita la competitividad ante un mercado globalizado.

Este tipo de estudios de diseño, es importante para el ejercicio en diferentes ramas de la ciencia, específicamente en las matemáticas como ciencia exacta básica en ingeniería. En los estudios y prácticas de la ingeniería mecánica, se utilizan numerosos conceptos sobre diferentes áreas y en las aplicaciones reales, es una miscelánea del conjunto de conocimientos adquiridos, pero influye el criterio de la persona. Entre los beneficios para la sociedad se puede mencionar: la generación de empleos, el desarrollo de la industria, y a través de ello, una mejor calidad de vida para los guatemaltecos. Para las empresas, son oportunidades de operaciones continuas de procesos bien definidos logrando con ello la eficiencia en la producción.

II. OBJETIVOS

A. General

Diseñar tres líneas de producción para la fabricación de dulces y determinar el nivel de operaciones necesarias para cubrir todos los costos operativos y asociados a diversos niveles de ventas y evaluar la rentabilidad derivada de los costos de producción e ingresos de las tres líneas de producción por medio de análisis financiero.

B. Específicos

- Conocer la línea de producción de la empresa y sus resultados en el periodo de 2 años.
- Diseñar tres líneas de producción para la empresa, que sean funcionales, seguras y productivas
- Determinar la aceptabilidad financiera de la producción por medio cálculos financieros el Valor Actual Neto y el Punto de Equilibrio con datos e un periodo de dos años; 2008-2009.

III. JUSTIFICACIÓN

Las líneas de producción para la fabricación de dulces duros y dulces paleta deben contar con estudios técnicos y financieros para evaluar la competitividad de las empresas. Para lograr sus expectativas deben contar con mecanismos de evaluación periódica, tanto de sus instalaciones, maquinaria, equipos y funcionamiento. Al no contar con las evaluaciones, las empresas no producen lo esperado, por lo que se deben encontrar alternativas de diseño de las líneas de producción, las cuales deben contar con un estudio de evaluación financiera de la producción, para determinar si el nivel de operaciones cubren los costos operativos y asociados a diversos niveles de ventas y la rentabilidad derivada de los costos de producción e ingresos con el objeto de maximizar recursos humanos y de infraestructura.

IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Guatemala, la industria de confitería se basa en producción artesanal y producción industrial. Las industrias artesanales basan su producción en la mano de obra familiar, equipos e instrumentos acondicionados para la producción y no llenan los requisitos básicos para cumplir con estándares que demanda el mercado internacional de confitería.

En la producción industrial es necesario contar con mano de obra calificada y maquinaria industrial moderna y que cumpla con las expectativas de las empresas para competir en el mercado nacional e internacional, con costos de operación que permitan un margen de utilidad adecuado. Las líneas de producción para la fabricación de dulces no producen lo esperado, debido en parte a que no efectúan estudios técnicos periódicos de la eficiencia de los equipos y la evaluación financiera de la producción, para determinar el nivel de operaciones necesarias para cubrir todos los costos operativos y asociados a diversos niveles de ventas y evaluar la rentabilidad derivada de los costos de producción e ingresos.

A. Delimitación del problema

La investigación, se limita a la industria de confitería localizada en la zona industrial en las zona 8 del departamento de Guatemala, específicamente a la Industria Procesadora de Guatemala, Sociedad Anónima -NIASA-.

No se contempla la construcción de un prototipo, ni el montaje y operación del mismo. El sistema de producción propuesto se enfoca únicamente en las etapas de cocción, troquelado y empaque de los caramelos.

B. Conceptual

El presente estudio está dirigido a Empresas de la industria guatemalteca, dedicadas a la producción comercial de confitería, específicamente en presentaciones de dulce duro y dulce paleta para mercado local e internacional.

C. Geográfico

El presente trabajo de investigación, se realizó en la República de Guatemala, Centroamérica, específicamente en la Industria Procesadora de Guatemala, Sociedad Anónima -NIASA- localizada en la zona 12 en la ciudad de Guatemala.

D. Temporal

El estudio de diseño de tres líneas de producción para la fabricación de dulce duro y dulce paleta es de dos años de producción; 2,008-2,009.

E. Técnico

La investigación está dirigida a una empresa industrial productora de dulce duro y dulce paleta en la que su producción oscila entre 25,000 a 35,000 toneladas anuales, que genera fuentes de trabajo a más de 200 personas y su capacidad instalada es menor a 7,000 metros². Utilizando como equipos en su línea de producción: Marmita disolverá automática, cámara presurizada y evaporador, mesa de enfriamiento y amasado, bastonera, egalizador, túnel de enfriamiento, empacadora y embolsadora, además de equipos auxiliares a la línea de producción como: compresores, secador de condensado, caldera y aire acondicionado.

La Industria Procesadora de Guatemala, Sociedad Anónima -NIASA-, fue constituida en el año 1,985 con la idea principal de sus fundadores, de ofrecer al mercado guatemalteco golosinas de la más alta calidad, con la intención de producir para los mercados de exportación a través de un proceso productivo eficiente. Al inicio de operaciones el mismo año de constitución fabricando el Chicle Bazooka, bajo licencia de Toops Company y su exitoso resultado motivo a su diversificación en otra clase de chicles, caramelos duros, paletas y galletas. Es una empresa dedicada a la manufactura de productos alimenticios en el área de la confitería (gomas de mascar, galletas dulces, duros, paletas y bombones). Con una fuerza laboral de 215 personas, una moderna planta con superficie techada de 5,500 metros² y una capacidad instalada de aproximadamente 30,000 toneladas anuales de productos. Atiende el mercado local y exporta a Centroamérica, El Caribe, México y Venezuela. [14].

Como empresa, -NIASA-, busca elaborar productos de confitería, con alta calidad y enviarlos a cada rincón de Guatemala, así como en Centroamérica, El Caribe y otros países del mundo. Para lograrlo cuenta con personal calificado y motivado, así como la renovación tecnológica de sus procesos de manufactura. Con precio y calidad competitiva para satisfacer las demandas de sus clientes y con el compromiso del mejoramiento continuo, busca una rentabilidad adecuada para sus accionistas y el bienestar de sus empleados. [14].

La tendencia de Industria Procesadora de Guatemala, Sociedad Anónima -NIASA-, es llegar a ser una empresa de las mejores en la rama de la confitería, ofreciendo a los clientes productos de alta calidad a precios altamente competitivos. [14].

V. MARCO TEÓRICO

A. Descripción de la empresa

La Industria Procesadora de Guatemala, Sociedad Anónima -NIASA-, fue constituida en el año 1,985 con la idea principal de sus fundadores, de ofrecer al mercado guatemalteco golosinas de la más alta calidad, con la intención de producir para los mercados de exportación a través de un proceso productivo eficiente. Al inicio de operaciones el mismo año de constitución fabricando el Chicle Bazooka, bajo licencia de Toops Company y su exitoso resultado motivo a su diversificación en otra clase de chicles, caramelos duros, paletas y galletas. Es una empresa dedicada a la manufactura de productos alimenticios en el área de la confitería (gomas de mascar, galletas dulces, duros, paletas y bombones). Con una fuerza laboral de 215 personas, una moderna planta con superficie techada de 5,500 metros cuadrados y una capacidad instalada de aproximadamente 30,000 toneladas anuales de productos. Atiende el mercado local y exporta a Centroamérica, El Caribe, México y Venezuela. [14].

Como empresa, -NIASA-, busca elaborar productos de confitería, con alta calidad y enviarlos a cada rincón de Guatemala, así como en Centroamérica, El Caribe y otros países del mundo. Para lograrlo cuenta con personal calificado y motivado, así como la renovación tecnológica de sus procesos de manufactura. Con precio y calidad competitiva para satisfacer las demandas de sus clientes y con el compromiso del mejoramiento continuo, busca una rentabilidad adecuada para sus accionistas y el bienestar de sus empleados. [14].

La tendencia de Industria Procesadora de Guatemala, Sociedad Anónima -NIASA-, es llegar a ser una empresa de las mejores en la rama de la confitería, ofreciendo a los clientes productos de alta calidad a precios altamente competitivos. [14].

En la fabricación industrial de caramelos, se suelen usar como materias primas azúcar¹, glucosa², agua, saborizantes y colorantes, que se combinan en las proporciones específicas y en distintas etapas del proceso. El proceso inicia con la combinación de la azúcar, glucosa

¹ Se denomina azúcar a la [sacarosa](#), cuya fórmula química es $C_{12}H_{22}O_{11}$, también llamada azúcar común o azúcar de mesa. La sacarosa es un [disacárido](#) formado por una molécula de [glucosa](#) y una de [fructosa](#), que se obtiene principalmente de la [caña de azúcar](#) o de la [remolacha azucarera](#).

² La glucosa es un [monosacárido](#) con [fórmula empírica](#) $C_6H_{12}O_6$, que aparentemente se asemeja a la [fructosa](#) pero con diferente posición relativa de los grupos [-OH](#) y [O=](#). Es una [hexosa](#), es decir, que contiene 6 átomos de carbono, y es una [aldosa](#), esto es, el grupo [carbonilo](#) está en el extremo de la molécula. Es una forma de [azúcar](#) que se encuentra libre en las [frutas](#) y en la [miel](#).

promedio de 60 rpm y 110° C hasta que se alcance un °Brix¹ entre 69° a 72° y que no presente grumos de azúcar dentro de la miel; el tiempo aproximado de esta etapa es de 10 minutos. Posteriormente el jarabe se cuece en una cocedora con una temperatura entre 136° - 140° C, en donde automáticamente comienza el efecto de Vacío aproximado de 18 a 22 in. Hg. Durante esta etapa ocurre una evaporación rápida, eliminando el agua presente en el jarabe cocido, quedando como resultado una pasta de caramelo que puede ser moldeada en diferentes formas. Para homogenizar la mezcla obtenida de la cocedora se traslada la pasta de caramelo a unos disipadores de calor en donde es amasada en conjunto con el saborizante y colorante. Cuando la mezcla haya sido lo suficientemente manipulada y homogénea, manteniendo una consistencia vítrea, maleable pero a su vez dura, puede ser trasladada hacia las bastoneras, las cuales deben estar a una temperatura de 80° a 90° C, para ser troquelada en la forma correspondiente. De la troqueladora, es ingresada a túneles de enfriamiento con aire forzado en donde el enfriamiento ulterior provoca la cristalización de la masa, formando el caramelo propiamente dicho al conferirle rigidez que lo hace apto para su empaquetado primario y posterior embolsado. [5].

B. Fabricación industrial de caramelos

En la fabricación industrial de caramelos, se suelen utilizar como materias primas: azúcar², glucosa³, agua, saborizantes y colorantes, que se combinan en las proporciones específicas y en distintas etapas del proceso. El proceso inicia con la combinación del azúcar, glucosa y agua para generar un jarabe (almíbar) en una marmita con un agitador a velocidad promedio de 60 rpm y una temperatura de 110° C. hasta que se alcance un grado Brix entre 69° a 72° y que no presente grumos de azúcar dentro de la miel, el tiempo aproximado de esta etapa es de 10 minutos. Posteriormente el jarabe se cuece en una cocedora con una temperatura entre 136° y 140° C, en donde automáticamente se inicia el efecto vacío aproximado de 18 a 22 pulgadas Hg. Durante esta etapa ocurre una evaporación rápida, eliminando el agua presente en el jarabe cocido, quedando como resultado una pasta de caramelo que puede ser moldeada en diferentes formas. Para homogenizar la mezcla obtenida de la cocedora, se traslada la pasta de caramelo a disipadores de calor en donde es amasada en conjunto con el saborizante y colorante.

¹ Los grados Brix (símbolo °Bx) miden el cociente total de sacarosa disuelta en un líquido. Una solución de 25 °Bx tiene 25 g de azúcar (sacarosa) por 100 g de líquido o, dicho de otro modo, hay 25 g de sacarosa y 75 g de agua en los 100 g de la solución.

² Se denomina azúcar a la sacarosa, cuya fórmula química es $C_{12}H_{22}O_{11}$, también llamada azúcar común o azúcar de mesa. La sacarosa es un disacárido formado por una molécula de glucosa y una de fructosa, que se obtiene principalmente de la caña de azúcar (*Saccharum officinalis*) o de la remolacha azucarera (*Beta vulgaris*)

³ La glucosa es un monosacárido con fórmula empírica $C_6H_{12}O_6$, que aparentemente se asemeja a la fructosa, pero con diferente posición relativa de los grupos -OH y O=. Es una hexosa, es decir, que contiene 6 átomos de carbono, y es una aldosa, esto es, el grupo carbonilo está en el extremo de la molécula. Es una forma de azúcar que se encuentra libre en las frutas y en la mie.

Cuando la mezcla haya sido lo suficientemente maleable y homogénea, manteniendo una consistencia vítrea, maleable, pero a la vez dura, puede ser trasladada hacia las bastoneras, las cuales deben estar a una temperatura entre 80 a 90° C; para ser troquelada en la forma correspondiente. De la troqueladora, es ingresada a túneles de enfriamiento con aire forzado en donde el enfriamiento ulterior provoca la cristalización de la masa, formando el caramelo propiamente dicho al conferirle rigidez que lo hace apto para su empaquetado primario y posterior embolsado. [5].

C. Dulce duro tipo caramelo

Los caramelos son soluciones de azúcares transformados por una viscosidad muy fuerte, en una estructura vítrea. Son productos de una masa de azúcar cristalizada de alta concentración, compuesta principalmente de azúcar (sacarosa), glucosa, sabores y colores.

El dulce denominado bola dura (Hard-Crack Stage) es aquel que se trabaja hasta una temperatura de 154° C, con una concentración correspondiente de 99% donde prácticamente no habrá agua en la mezcla.

El azúcar (sacarosa) en los confites puede estar cristalizado y, en este caso, los cristales pueden ser grandes o pequeños; o bien, puede no estar cristalizado, siendo amorfo o vídrioso; que esté cristalizado o no, la estructura del azúcar conlleva a que puede estar blanda o dura; la blandura es propiciada por un alto nivel de humedad, la incorporación de aire lograda mediante la agitación y/o batido, y por modificaciones debidas a otros ingredientes del producto.

La presencia de un soluto en un líquido, hace que aumente su punto de ebullición, y por eso cuando más porcentaje de azúcar haya disuelto, más aumentara la temperatura de ebullición. Pero cuando se calienta la mezcla, el agua hierve y se evapora, y por tanto aumenta a la concentración de azúcar: esto hace que aumente más el punto de ebullición de la mezcla. Esta relación es predecible, y llevando la mezcla a una temperatura en concreto, se consigue la concentración de azúcar deseada. En general, a temperaturas más altas (mayor concentración de azúcar) quedan caramelos más duros y rígidos, mientras que las temperaturas más bajas producen caramelos más suaves. [9].

Los dulces que contiene azúcar en forma no cristalizada como los caramelos en los que se encuentra en estado amorfo, vídrioso y que son duros, contiene humedad de 2% o menos.

D. Miel, jarabe y almíbar

Los jarbes son líquidos de consistencia viscosa que por lo general contienen soluciones concentradas de azúcares, como la sacarosa, en agua o en otro líquido. En la industria de la confitería se le denomina almíbar, que es una solución sobresaturada de agua y azúcar, cocida hasta que comienza a espesar. La consistencia, que va desde un líquido apenas viscoso a un caramelo duro y quebradizo, depende de la saturación de azúcar en el agua y del tiempo de cocción. [Referencia 5].

E. Cristalización

La operación de cristalización es aquella por medio de la cual se separa un componente de una solución líquida, transfiriéndolo a la fase sólida en forma de cristales que precipitan. Es una operación necesaria en todo producto químico que se presenta comercialmente en forma de polvos o cristales, ya sea el azúcar o sacarosa, la sal común o cloruro de sodio. Para poder ser transferido a la fase sólida, es decir, cristalizar un soluto cualquiera debe eliminar su calor latente o entalpia de fusión, por lo que el estado cristalino además de ser el paso más puro, es el de menor nivel energético de los tres estados físicos de la materia, en el que las moléculas permanecen inmóviles unas respecto a otras, formando estructuras en el espacio, con la misma geometría, sin importar la dimensión del cristal.

La cristalización a partir de una solución, es un ejemplo de la creación de una nueva fase dentro de una mezcla homogénea. El proceso tiene lugar en dos etapas. La primera de ellas consiste en la formación del cristal y recibe el nombre de nucleación. La segunda corresponde al crecimiento del cristal. El potencial impulsor de ambas etapas es la sobresaturación, de forma que ni la nucleación ni el crecimiento tendrán lugar en una solución saturada o insaturada. [8].

F. Materias primas a utilizar

1. Azúcar: Se denomina azúcar a la sacarosa, la cual es un disacárido formado por una molécula de glucosa y una de fructosa que se obtiene principalmente de la caña de azúcar⁴ o de la remolacha azucarera⁵. En ámbitos industriales se usa la palabra azúcar para designar los diferentes monosacáridos y disacáridos. Los azúcares monosacáridos como la glucosa y fructosa, se condensan para formar sacarosa y agua. Por lo tanto, la sacarosa tiene la fórmula empírica $C_{12}H_{22}O_{11}$, y un peso molecular de 342.3. Los cristales de sacarosa son prismas monoclinicos que tienen una densidad de 1.588; una solución al 26% (p/p) y tiene una densidad de 1.18175 a 20° C. y activa su rotación específica (alfa)D 20+66.53

⁴*Saccharum officinalis*

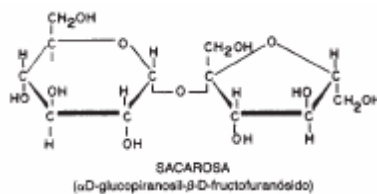
⁵*Beta vulgaris*

cuando se utiliza un peso normal. Su punto de fusión es de 188° C y se descompone al fundirse. El índice de refracción es de 1.3740 para una solución de 26% (p/p). La sacarosa es soluble tanto en agua como en etanol; es solo ligeramente soluble en metanol e insoluble en éter o cloroformo. Cuando se hidroliza, ya sea mediante ácido o invertida, la sacarosa produce cantidades equimolares de glucosa y fructosa, y la mezcla se conoce como invertida. Sin embargo, estos azúcares no se presentan siempre en cantidades iguales en el guarapo crudo. A pesar de que la sacarosa es dextrógira, y esta característica se utiliza para medir la cantidad de sacarosa en solución, la rotación específica de la invertida es de (alfa)D 20-39.7 debido a que la actividad levógira de la fructosa es mayor a la actividad dextrógira de la glucosa.

El azúcar o sacarosa, es el elemento en mayor proporción, regularmente, en la elaboración de jarabe o sirope, en donde se satura para producir el efecto edulcorante y la estructura vítrea en el caramelo duro.

La sacarosa solamente puede hidrolizarse mediante la acción de ácidos y enzimas, en sus 2 monosacárido, glucosa y fructosa. En la industria confitera se refiera a la glucosa como dextrosa y a la fructosa como levulosa, la mezcla hidrolizada de dextrosa y levulosa se llama Azúcar invertido. [18].

Fórmula 1: Fórmula química de la sacarosa



Fuente: Paniagua L.

Una de las principales razones de la importancia de esta azúcar invertida, es que puede prevenir o ayudar a controlar el grado de cristalización de la sacarosa por dos causas:

- Tanto la dextrosa como la levulosa se cristalizan más lentamente que la sustitución de una parte de la sacarosa por Azúcar invertido, disminuye la cristalización rápida durante el enfriamiento de los jarabes.
- La mezcla de sacarosa + Azúcar invertido, es más soluble en agua que la sacarosa sola. El aumento de la solubilidad equivale a una disminución de la cristalización.

El Azúcar invertido no solo limita el grado de cristalización de la sacarosa, sino que propicia la formación de cristales pequeños, esenciales a una textura suave. Otra propiedad del Azúcar invertido es la microscopicidad, que ayuda a prevenir que los dulces más

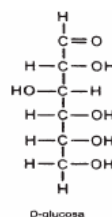
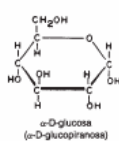
chicosos se resequen y se pongan quebradizos, además influye en la dulzura del producto al aumenta el poder edulcorante. [16].

2. Azúcares no cristalizables (Glucosa y Fructosa)

a. Glucosa (Dextrosa): La glucosa dextrosa es metabólicamente el azúcar más importante en las plantas verdes y los animales, y su amplia distribución tanto en el reino vegetal como en el animal está indicada por sinónimos como azúcar de maíz, azúcar de uva y azúcar de la sangre.

La fórmula empírica de la glucosa es $C_6H_{12}O_6$ y el peso molecular es 180.2. Los cristales anhidros de glucosa son rómbicos, se funden a $146^\circ C$ y tienen una densidad de 1.544; en una solución de 26%, tiene una densidad de 1-10643. El monohidrato de glucosa produce un cristal monoclinico esfenoidal, un extremo del cual se disuelve con mucha rapidez que el otro; se funde a $83^\circ C$. La glucosa es menos soluble en agua que la sacarosa. Es soluble en etanol e insoluble en éter. Las moléculas de glucosa se condensan en diferentes maneras para formar almidón, dextrama y celulosa.

Fórmula 2: Fórmula química de la glucosa



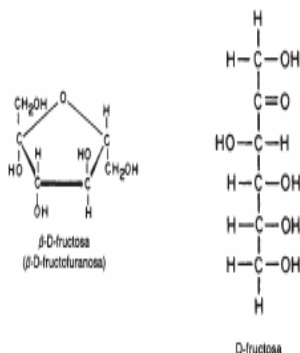
Fuente: Paniagua L.

La glucosa produce, en la elaboración de caramelo duro, el efecto de cristalinidad y ayuda a retardar el efecto de cristalización de la sacarosa, actuando como inhibidor y retardante de las reacciones de inversión. [18].

El jarabe de glucosa es un producto que se extrae de la hidrolisis de almidón en medio ácido. Es una mezcla de diferentes azúcares de cadenas carbonatadas más o menos extensa. El almidón es un polisacárido que tiene una fórmula general $(C_6H_{10}O_5)_n$; en donde "n" indica que existe un gran número de unidades con la fórmula entre paréntesis en una molécula de almidón.

b. Fructosa (levulosa): Llamada también azúcar de frutas, la fructosa es más dulce que la sacarosa y la glucosa; de las tres es la menos abundante en la caña de azúcar (*Sacharum officinalis*). A semejanza de la glucosa, es más abundante en las partes en crecimiento de la planta y menos abundante en la parte inferior del tallo y las raíces.

Fórmula 3: Fórmula química de la fructosa



Fuente: Paniagua L.

La fórmula empírica de la fructosa es la misma que la glucosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) y el peso molecular el mismo. Los cristales ortorrómbicos de fructosa tienen una densidad de 1.598 y una solución al 26% (p/p) tiene una densidad de 1.1088. Los cristales se funden a 105°C . La fructosa es muy soluble en agua y ligeramente soluble en etanol. La deshidratación de la fructosa, en la degradación de azúcares en el momento de cocer la miel para la formación de caramelos duros, produce Hidróximetilfurfural, alterando el color y produciendo olores y sabores extraños. [16].

3. Saborizantes: Los saborizantes son preparados de sustancias que contienen los principios sávido-aromáticos, extraídos de la naturaleza (vegetal) o sustancias artificiales, de uso permitido en términos legales, capaces de actuar sobre los sentidos del gusto y del olfato, pero no exclusivamente, ya sea para reforzar el propio (inherente del alimento) o transmitiéndole un sabor y/o aroma determinado, con el fin de hacerlo más apetitoso, pero no necesariamente con este fin.

Suelen ser productos en estado líquido, en polvo o pasta, que pueden definirse, en otros términos a los ya mencionados, como concentrados de sustancias. Existen varios tipos:

- **Naturales:** Son obtenidos de fuentes naturales y por lo general son de uso exclusivamente alimenticio por métodos físicos tales como extracción, destilación y concentración.
- **Sintéticos:** Elaborados químicamente que reproducen las características de los encontrados en la naturaleza.
- **Artificiales:** Obtenidos mediante procesos químicos, que aún no se han identificado productos similares en la naturaleza. Son productos clasificados como inocuos para la salud. [1].

G. Proceso clásico y propiedades de la elaboración de la miel y el caramelo duro

Los caramelos son soluciones de azúcares transformados por una viscosidad muy fuerte, en una estructura vítrea. Son productos de una masa de azúcar cristalizada de alta concentración, compuesta principalmente de azúcar (sacarosa), glucosa, sabores y colores.

La capacidad del azúcar en disolverse depende de la temperatura de la marmita donde se mezclará con el resto de ingredientes, de la granulometría del azúcar, de la velocidad de agitación y de los minerales que contenga. Se ha comprobado que a mayor aumento de temperatura, el azúcar se disolverá con mayor facilidad hasta llegar al punto de saturación. La Presencia de glucosa en la mezcla (agua-azúcar) disminuye la solubilidad. Los jarabes o mieles de baja DE (Dextrosa Equivalente) permiten obtener y mantener esta estructura aumentado e impidiendo la cristalización de la sacarosa (inhibidor de la cristalización). Aumentan igualmente el tiempo de conservación de los productos limitando que se humedezcan gracias a su débil higroscopicidad.

Para mantener el estado vítreo del dulce es necesario elaborar el jarabe a temperaturas inferiores a 110° C, pero de igual forma, para evitar la caramelización del jarabe, que comienza a 140° C – 145° C, se utiliza la ebullición al vacío. La temperatura de ebullición de la miel depende de la presión que ejerce el aire, esto quiere decir, que a mayor altura de elaboración, menor será la temperatura requerida. [18].

El proceso de elaboración del caramelo duro comienza con vapor a 75 a 100 psi, utilizado para la preparación del jarabe en una marmita a velocidad promedio de 60 rpm y 110° C. Este jarabe, o miel, cuenta con una formulación específica entre la relación azúcar-agua-glucosa. Poco a poco la miel se irá concentrando y cocinando hasta que el jarabe se encuentre en el estándar de °Brix (normalmente entre 69° a 72°) y que no se encuentren grumos de azúcar dentro de la miel. Este jarabe se coloca dentro de la cocedora hasta que llegue al rango de 136° - 140° C, en donde automáticamente comienza el efecto de Vacío (aproximadamente de 18 a 22 in. Hg. controlado en el vacuometro) con el fin de evaporar toda el agua posible sin que la mezcla pierda las características de color y sabor. La mezcla concentrada empieza a descender por un cono, manejado por una llave de paso entre la cámara de vacío y la cocinadora, que lentamente va dejando caer la miel concentrada por las paredes de la cocedora. En el momento en que ya no hay más mezcla que descienda, ni agua que pueda evaporarse, se pierde el vacío, por lo que se vierte la mezcla en el carrito transportador, para luego ser trasladada hacia la mesa de amasado con el fin de enfriarla gradualmente y de agregarle el resto de ingredientes propios de cada mezcla (ácido, sabor, color, suavizantes, preservantes, etc.). Cuando la mezcla haya sido lo suficientemente manipulada y homogénea, manteniendo una consistencia vítrea, maleable pero dura, puede

ser trasladada hacia las bastoneras, las cuales deben estar a una temperatura de 80° a 90° C, para ser troquelada y empacada en la presentación correspondiente. [18].

Es preciso, controlar, durante todo el proceso, los parámetros de temperatura, presión y humedad, para obtener una mezcla ideal, y mantener estas variables lo más constantes posibles, de manera que todos los lotes salgan lo más semejantes posibles. Al finalizar la producción, es necesario medir la humedad del producto y hacer un análisis de procesos, verificando la eficiencia de la producción. [18].

H. Equipo de la línea de proceso

Se conforma por nueve equipos para completar la línea de proceso:

1. Marmita Disolvedora Automática: El objetivo de este equipo, es el dosificar las distintas materias primas, que compondrán la miel final para el dulce, ésta cuenta con una conexión de vapor, una conexión para eliminar el agua condensada debido al diferencial de temperatura ocasionado por la transferencia de calor dentro del sistema de propagación de calor, también posee una conexión para la alimentación de glucosa, de azúcar y agua. El vapor es quien suministrara la energía necesaria para el precalentamiento utilizado en la dilución de los componentes, así como la energía requerida para un pre cocimiento de la miel. Dentro del proceso al alimentar, tanto el agua, el azúcar y la glucosa en el orden respectivo, el equipo se encarga de un mezclado uniforme en toda la solución, hasta homogenizarla lo mejor posible. El diseño de la máquina es bastante simple, cuenta con un motor de 2 Hp de potencia, conexión delta trifásico⁶ y un voltaje de 240 voltios; acoplado a un tren de engranajes para obtener la velocidad necesaria de trabajo requerida por el aspa con que se realiza en mezclado de la materia prima. El recipiente donde se realiza el mezclado es una olla de doble pared de bronce en donde circula el vapor que trasmite el calor necesario para realizar el precalentamiento y el pre cocimiento de la miel, para esto es necesario contar con un caudal de vapor de 608 Lb/hr. [4].

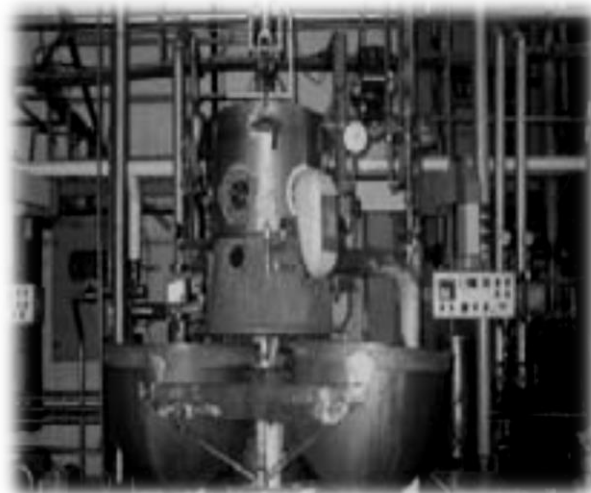
⁶ Un sistema de corrientes trifásicas, es el conjunto de tres corrientes alternas monofásicas de igual frecuencia y amplitud (y por consiguiente, valor eficaz) que presentan una cierta diferencia de fase entre ellas, en torno a 120°, y están dadas en un orden determinado.

Ilustración 1: Disolvedora automática

2. Cámara presurizada y evaporador (Cocedora): Mediante una bomba de pistón, el jarabe es introducido en una cámara presurizada de vapor en el interior de la cual hay un serpentín de acero inoxidable sanitario, chapa 304. Al interior de la cámara se le aplica una presión de vapor aproximadamente de 5 a 6 bares para conseguir la cocción del caramelo a una temperatura de 140°C. Ésta se regula a través de un sistema de control que abre el paso del vapor mediante una electroválvula en función de la consigna de temperatura que se haya fijado al control de la temperatura. Una vez sale la masa de caramelo del serpentín, pasa a la cámara de expansión donde se evaporan todos los gases producidos durante la cocción (mayoritariamente, agua) y estos son expulsados a la atmosfera a través de la chimenea. Dentro de esta cámara hay un sistema de abertura llamado, válvula de aguja, la cual tiene la función de regular la cantidad de jarabe que cae de la cámara siguiente, la de vacío. El operador abre y cierra esta aguja para conseguir un mayor o menor vacío dentro de esta cámara y se cierra automáticamente cuando se deja de hacer vacío y así evitar que el jarabe siga cayendo. Esta cámara de vacío tiene la función de realizar la evaporación del agua que todavía resta en la masa del caramelo y que no ha sido posible extraer en la cámara de expansión. Los líquidos sometidos a una presión reducida provocan un punto de ebullición más bajo, esto se aprovecha para seguir extrayendo agua del caramelo a una temperatura menor a la cocción. Durante este proceso, transcurren alrededor de cinco minutos en donde al final la masa ya se puede retirar de la cámara de vacío, depositándola del perol a una mesa de enfriamiento en donde se le añadirá el aroma y los ácidos para conseguir el gusto del caramelo especificado por producción. El funcionamiento de esta máquina se da por medio de un mecanismo de sproket o cadena, accionado por el trabajo que realiza un motor eléctrico de 2 Hp acoplado a una caja reductora para cruzar la transmisión 90°. Los sprokets tienen una relación de 3:1 con el diámetro menor del lado del motor y el diámetro mayor acoplado al conjunto de los componentes en movimiento. Para producir el vacío en la cámara de expansión se utiliza una bomba de vacío que extrae las

moléculas de agua para expulsarlas a la atmosfera, para esto se utiliza un motor eléctrico trifásico, con una potencia de 25 Hp y un voltaje de 240 voltios; acoplado a la bomba por medio de un acople love jove lineal⁷. Para realizar el cocimiento final dentro del serpentín de acero inoxidable, es necesario tener un flujo de vapor de 750 Lb/hr. [Referencia 3].

Ilustración 2: Cámara presurizada y evaporador



3. Mesa de enfriamiento y amasado: La masa de caramelo es trasladada manualmente del perol a las mesas de refrigeración, las cuales se encuentran localizadas por debajo de la altura de volteo del perol para una fácil operación. Estas mesas de enfriamiento constan de una plancha de hierro fundido con un espesor de una pulgada, la cual posee instalado en la parte inferior un sistema de tuberías en donde circula de manera continua el agua de pozo. Esta agua es enfriada por medio de un equipo de refrigeración para que el proceso ceda el calor bajando su temperatura, durante el paso del agua. El sistema de enfriamiento es una unidad enfriadora de líquidos tipo chiller⁸; la cual para enfriar el agua incorpora el uso de una torre de enfriamiento la cual mejora la termodinámica de los equipos compuestos únicamente por condensadores, manejadoras y compresores. Este equipo cuenta además de la torre de enfriamiento con un compresor, un condensador, un evaporador, una válvula de expansión, refrigerante, tuberías, una bomba de impulsión de agua, depósito de agua y todos sus componentes de control. El chiller básicamente opera como lo indica el ciclo de Carnot⁹. Es exactamente en ese lugar en donde se produce el enfriamiento propiamente dicho del agua. Ahora el agua sigue el camino al proceso por el circuito y el refrigerante en estado de vapor es comprimido por un compresor frigorífico obligándolo a seguir el circuito de refrigeración. Seguidamente, el refrigerante, en estado de

⁷Sistema de acoplamiento lineal.

⁸Equipo de enfriamiento a base de líquido.

⁹Un fluido refrigerante en estado líquido se fuerza a experimentar su evaporación debido a una baja de presión en el evaporador, donde además toma calor del agua con la que indirectamente se pone en contacto.

vapor, ingresa al condensador adonde se convierte al estado líquido, liberando el calor que sustrajo en el evaporador. [5]., [28].

Dentro de las mesas de enfriamiento y para aprovechar el descenso de la temperatura de la mezcla, se encuentran las amasadoras, las cuales su objetivo primordial es el homogenizar la mezcla al ser combinada con el colorante, aroma y ácidos. Esta máquina cuenta con un sistema mecánico de sproket y cadena, accionado por un motor eléctrico de 15 Hp, conexión delta trifásico y un voltaje de 240 voltios. [5].

Ilustración 3: Mesa de enfriamiento



4. Bastoneadora: Al permanecer un tiempo máximo de cinco minutos en las mesas de enfriamiento y amasado, la masa es trasladada directamente a la bastonera. Aquí la masa continúa enfriándose lentamente hasta una temperatura en donde pueda ser moldeable, pero que a su vez va a principiar a presentar dureza. Mientras ocurre este fenómeno la masa comienza a tomar una forma cónica para convertirla en un cordón que será ingresado al egalizador. Para poder realizar este fenómeno, la maquina cuenta con cuatro bastones en forma de conos que son calentados por medio de un flujo pequeño de vapor (40 Lb/hr.) en comparación con los flujos utilizados en las otras maquinarias descritas anteriormente, y en otros casos con dos resistencias eléctricas de 1000 watts cada una. Este equipo cuenta con dos sistemas de mecánicos de polea y faja accionados por dos motores de distintas capacidades. El sistema principal es accionado por un motor eléctrico de 1 Hp, conexión delta trifásico y una corriente de 240 voltios; es utilizado para accionar el movimiento circular de los bastones que se encuentran dentro de una cámara cónica. El otro sistema mecánico accionado por un motor eléctrico de $\frac{3}{4}$ Hp, conexión delta trifásico y un voltaje de 24 voltios y es utilizado para elevar una cámara cónica donde se encuentran los bastones cónicos. Esto tiene la función de forzar el movimiento de la masa del caramelo a través de la cámara. [5].

Ilustración 4: Bastoneadora

5. Egalizador: Durante el proceso, el cordón compuesto por la masa del caramelo y formado por el bastoneador, inicia una disminución de diámetro como consecuencia de ser introducido a varias secciones de rodos egalizadores de bronce. Estos cumplen un papel importante en el peso del caramelo, ya que estos son los únicos encargados de la calibración del espesor del cordón. La sección de rodos egalizadores está compuesta por cuatro rodos egalizadores y para disminuir el esfuerzo, estos llevan una resistencia eléctrica de 450 watts y de esta manera tener un proceso con el menor desgaste posible en las piezas de la máquina. El funcionamiento mecánico se da por medio de un motor eléctrico de 1.5 Hp, conexión delta trifásico y un voltaje de 240 voltios, que impulsa un sistema mecánico de polea y faja, el cual trasmite a un tren de engranes el movimiento circular de los rodos.

Ilustración 5: Egalizador

6. Troqueladora: El troquelado, no es más que una simple operación mecánica que se utiliza para conferir la forma definida que requiere el caramelo. Para realizar este paso del proceso, podemos asemejar esta máquina a una prensa mecánica, la cual para su funcionamiento, acumula energía mediante un volante de inercia y la trasmite mecánicamente a un troquel mediante un sistema de biela-manivela, en donde la fuerza del troquelado mayor dentro del sistema se encuentra en punto de muerto inferior, al momento del troquelado en donde se aprovecha a darle forma final al dulce. Los elementos básicos de una troqueladora los constituyen: el troquel que tiene la forma y dimensiones del caramelo, y la matriz de corte por donde se inserta el troquel cuando es impulsado de forma energética por la potencia que le proporciona la prensa mediante un accionamiento excéntrico que posee, el cual le provoca un golpe seco y contundente sobre el cordón de caramelo, produciendo un corte limpio. En la industria para la fabricación de caramelo, dependiendo de la presentación puede tener variaciones en este proceso, pero sin modificar el concepto. Tal es el caso de las paletas de caramelo, a las cuales se les introduce el palillo aprovechando la implementación de una palillera. Para los mecanismos descritos, son impulsados por un motor eléctrico de 5 Hp, conexión delta trifásico y un voltaje de 240 voltios. [5].

Ilustración 6: Troqueladora



7. Túnel de enfriamiento: Luego del troquelado, el caramelo pasa al túnel de enfriado, donde rueda por un cedazo móvil enfriados y de este modo se evita su deformación. Este equipo no es más que un sistema de aire forzado inducido por un blower¹⁰ con un alto caudal. El tiempo de permanencia del dulce es de cinco minutos, tiempo suficiente para disminuir su temperatura y eliminar el calor innecesario que posteriormente lo pueda deformar. Para el funcionamiento del mecanismo de este equipo, se utiliza un motor de 3 Hp, conexión delta trifásico y una corriente de 240 voltios; el cual está acoplado a un

¹⁰Equipo de aire forzado

sistema de bandas transportadoras por medio de un mecanismo sproket y cadena. Para el sistema de aire forzado se utilizan turbina que están conectadas a un ramal de tuberías que inyectan aire del ambiente para bajar la temperatura de los dulces. [5].

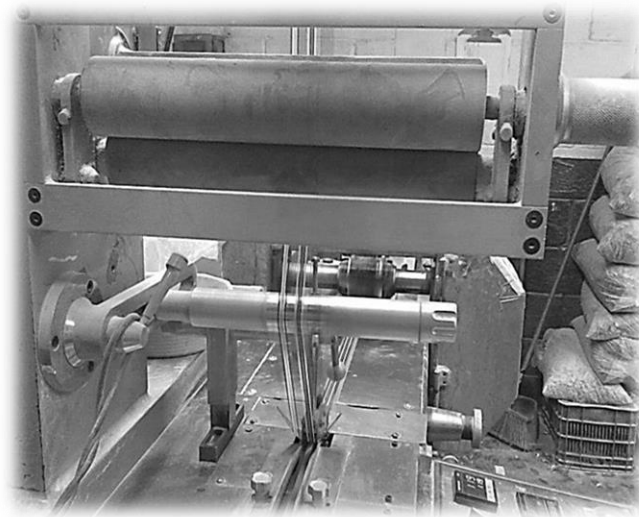
8. Empacadora: La máquina de empaquetado es la encargada de proporcionar al dulce su primer envoltorio para protegerlo de agentes naturales externo que puedan provocarle algún tipo de deterioro. Utiliza componentes neumáticos, mecánicos, eléctricos y termoeléctricos para producir empaques sellados en ambos extremos del dulce. Su operación es bastante versátil, en el sentido que no necesita de mayor control sobre los parámetros relevantes para obtener una buena calidad del producto. Para realizar el empaquetado de cada caramelo de forma independiente, se utiliza un sistema de porta bobina, con un par de rodos tensores, para el papel termosellable de polipropileno o polietileno. Cada dulce es transportado de un plato dosificador a la estación de sello por medio de una cadena con empujadores graduables a la medida de cada producto. Dentro de la estación de sello se utilizan una serie de rodos selladores para realizar el sello transversal y un sistema de mordazas para realizar el corte de papel. Estos sistemas de sello y mordaza trabajan a base de altas temperaturas proporcionada por un par de resistencias de distinta intensidad. Su operación es sencilla, ya que cuenta con un sistema de control a base de sensores ópticos que mandan una señal a un PLC¹¹ para realizar ajustes milimétricos de avance y retardo en las velocidades de cadena, plato alimentador y, sello de mordazas y corte. La velocidad de trabajo varía según la presentación que se esté trabajando, ésta puede oscilar entre los 500 a 600 dulces/minuto. Para poder realizar sus funciones de operación, es necesario un conjunto de servo-motores alimentados por energía eléctrica con potencia de 0.5 Hp., transmitida en forma lineal a una caja reductora, capaz de variar la velocidad de forma electrónica, según lo vaya requiriendo el PLC. Aparte, es necesaria una conexión neumática para todo el sistema de ajuste y amortiguación de sellos de mordaza y corte; el requerimiento es de 2.5 ft/min.

9. Embolsadora: La máquina de embolsado es la encargada de llenar las bolsas de producto con empaque primario y sellarlas. Las bolsas se forman a partir de bobinas de papel que se montan en una porta bovina en la parte posterior de la máquina, la cual no debe tener un diámetro mayor a 400 mm. El papel se desenrolla de la bobina y pasa por un sistema de rodos tensores para darle al papel la rigidez necesaria y evitar que se formen arrugas en él. Al final de este sistema de rodos tensores, el papel se encuentra con el tubo formador de bolsas, el cual dobla el papel y lo forma de manera cilíndrica. Al tubo formador se ajusta el sellador vertical que consta de una resistencia de alambre y cinta teflonada que calienta el papel por la unión y hace una costura. El movimiento vertical del papel, así como el sello horizontal se lleva a cabo por un sistema de mordazas que tiene un movimiento

¹¹Equipo receptor de señales para la automatización.

oscilatorio vertical. Para realizar el sello horizontal, las mordazas cuentan con una resistencia cilíndrica con una potencia de 1000 watts y un largo de 280 mm. Estas resistencias son las encargadas de formar el sello mientras las mordazas comprimen el papel y lo halan hacia abajo. Este sello no basta para cortar las bolsas, para ello se utiliza un mecanismo de cuchillas neumáticas que realizan el corte por medio de una cuchilla de acero templado. Todo el mecanismo de la máquina, se acciona por un motor eléctrico de 2 Hp, el cual trasmite la potencia por medio de un sistema de polea y fajas dentadas. Para el sistema neumático, el requerimiento de aire comprimido es de 15 ft³/min. Su versatilidad y diseño sencillo, hace factible que se puedan realizar presentaciones de distintos tipos a una velocidad variada, según el producto que se esté realizando. Esta velocidad, puede variar de 20 a 80 bolsas/minuto. [20].

Ilustración 7: Embolsadora



I. Equipo auxiliar de la línea de producción

Se conforma básicamente por cuatro equipos para completar la línea de producción:

1. Compresores: Para producir el aire comprimido, se utilizan compresores que elevan la presión del aire al valor de trabajo deseado. Ésta es una aplicación técnica que hace uso de aires que han sido sometidos a un aumento de presión por medio de un compresor, el cual reduce el volumen por medio de tornillos. Estos tornillos no son más que un par de tornillos helicoidales que engranan con sus perfiles cóncavos y convexos que impulsan hacia un costado el aire aspirado axialmente. Los tornillos del tipo helicoidal engranan con sus perfiles y de este modo logran reducir el espacio del que dispone el aire. Por la rotación y el sentido de las hélices, el aire es impulsado de un extremo a otro. Para evitar el desgaste de los tornillos y carcasa, los ciclos se traslapan, evitando que se hagan contacto entre sí, lo cual ayuda a proveer de un flujo continuo. [17].

2. Secador de condensado: A causa del calor generado durante el proceso de compresión, el aire comprimido sale con un grado de saturación del 100% en la mayoría de casos; al ir disminuyendo la temperatura del aire comprimido durante su permanencia en el tanque y su paso por los diferentes accesorios y tuberías, pierde capacidad de retener vapor de agua, lo cual genera inevitablemente condensados. La presencia de condensación en el aire produce diversos problemas, tales como corrosión, mal funcionamiento de herramientas neumáticas, entre otros. Para esto es necesario la instalación de un secador de condensado, el cual consiste en un circuito de refrigeración que se encarga de enfriar aire por debajo de la temperatura mínima en la red de distribución, produciéndose intencionalmente condensado que son retirados por medio de un separador centrifugo.[17].

3. Caldera: La caldera es una maquina diseñada para generar vapor saturado. Este vapor se genera a través de una transferencia de calor a presión constante, en la cual el fluido, originalmente en estado líquido, se calienta y cambia de estado. Las calderas son un caso particular en el que se eleva a altas temperaturas de intercambio de calor, en las cuales se produce un intercambio de fase. El calor necesario para caldear y vaporizar el agua puede ser suministrado por un hogar, los gases calientes recuperados a la salida de otro aparato industrial como un horno, por el flujo refrigerador de una pila atómica, por irradiación solar o por una corriente eléctrica. Cuando el calor es suministrado por un líquido caliente o por vapor que se condensa, se suelen emplear otras denominaciones tales como: vaporizador y transformador de vapor. El sinónimo de generador de vapor se emplea de preferencia cuando se habla de calderas de una cierta importancia. Si la caldera, propiamente dicha, está conectada a otros, de los cuales unos calientan el agua como los recalentadores y economizadores de agua o el aire de combustión (pre calentador de aire), y otros recalientan el vapor (re calentadores), suele denominarse el conjunto grupo evaporador, y la parte del grupo en que se produce la evaporación se llama vaporizador o haz vaporizador. Durante su funcionamiento, la caldera propiamente dicha, está sometida interiormente a la presión de equilibrio del agua y de su vapor a la temperatura alcanzada. Los otros elementos del grupo recorridos por el agua o el vapor, a partir de la bomba de alimentación (economizador, re calentador), están sometidos casi a la misma presión, pero la temperatura del fluido puede ser inferior o superior a la ebullición. [6].,[18].

4. Equipo de aire acondicionado: El acondicionamiento del aire, es el proceso que limpia, enfría y circula el aire, controlando además el contenido de humedad. En condiciones ideales, logra todo esto de manera simultánea. El acondicionador de aire o clima, toma el aire del interior de una recama, pasando por tubos que se encuentran a baja temperatura, estos están enfriados por medio de un líquido, que a su vez se enfría por medio del condensador, parte del aire se devuelve a una temperatura menor y parte sale expulsada por el panel posterior del aparato. El termómetro se encuentra en el panel frontal

para que cuando pase el aire, marque la temperatura a la que está el ambiente dentro de la recámara, y así regulando qué tan frío debe trabajar el compresor y el condensador.

La evaluación de la humedad relativa de equilibrio, es primordial para la formulación de productos de confitería, ya que a través de ella se puede predecir el comportamiento del producto elaborado y su vida útil. Cuando un caramelo tiene Humedad relativa de equilibrio superior a la humedad relativa del aire ambiente, el producto tiende a ceder su humedad y después cristalizarse. En caso contrario, cuando la Humedad relativa de equilibrio es inferior a la humedad del aire ambiente, el producto tendera a hidratarse.

Tabla 1: Humedad relativa teórica para diferentes tipos de dulce

Tipo de dulce	Humedad Relativa (%) de equilibrio
Caramelo Duro	40-50
Malvavisco	65-70
Gomitas	55-60
Fondant	80-85

Fuente: Braverman's by Z. Berk., 1976

J. Métodos para el cálculo de la carga térmica

Para las fuentes de generadoras de calor, existen diferentes métodos para calcular las cargas térmicas: Pérdida a través de las paredes; cambio del aire y pérdidas por motores eléctricos.

Fórmula 4: Pérdida a través de las paredes

$$Q = A \times U \times \Delta T$$

En donde: Q = ganancia de calor

A = área de la superficie

U = coeficiente de transferencia de calor

ΔT = diferencia de temperatura entre el interior y el exterior promedio

Fórmula 5: Transferencia de calor a través de las paredes

$$U = \frac{1}{1/f_i + L/k + 1/f_o}$$

En donde: U = coeficiente de transferencia de calor

L = espesor de pared

k = coeficiente del material

f_i = conductividad de superficie interna

f_o = conductividad de superficie externa

Tabla 2: Pérdidas por cambio de aire a diferentes temperaturas y humedades relativas

Temperatura de almacenaje °F (°C)	Temperatura del aire exterior °F (°C)					
	50 (10)		80 (26.7)		90 (32.2)	
	Humedad relativa en %					
	70	80	50	60	50	60
0(-18)	1070	1125	2250	2400	2760	3000
-23(.4)	1250	1310	1460	1630	3000	3240
-20(-28.9)	1450	1500	2720	2900	3240	3520
-30(-35)	1650	1720	2980	3160	3540	3800

Fórmula 6: Carga de productos

$$Q = W \times c \times (t_i - t_f)$$

En donde: W = peso del producto

c = calor específico

t_i = temperatura inicial

t_f = temperatura final

Tabla 3: Pérdidas por motores eléctricos

Motor Hp	BTU/Hp x h		
	Carga conectada en el interior	Pérdidas por causas fuera del espacio	Carga conectada fuera del espacio
1/8 a ½	4250	2545	1700
½ a 3	3700	2545	1500
3 a 20	2950	2545	400

K. Selección de servicio para maquinaria

1. Selección de conductores eléctricos según capacidades. El concepto de conductores eléctricos se aplica a los cuerpos capaces de conducir o transmitir la electricidad, por medio de un material conductor, el cual usualmente es cobre; esto por la facilidad que electrones puedan pasar sobre él. Para ello el cobre debe cumplir con la característica de ser electrolítico de alta pureza: 99.99%.

Para uso industrial de conductores de cobre, estos deben poseer un recubrimiento, el cual recibe el nombre de aislamiento. Este tiene como objetivo evitar que la energía eléctrica que circula por el conductor, entre en contacto con su entorno, especialmente las personas. Del mismo modo, el aislamiento debe evitar conductores de distinto voltaje que puedan hacer contacto entre sí. Estos aislantes son en su mayoría sustancias poliméricas. Los diferentes tipos de aislación de los conductores, están dados por su comportamiento técnico y mecánico, considerando el medio ambiente y las condiciones de canalización a que se verán sometidos los conductores que ellos protegen, resistencia a los agentes

químicos, a los rayos solares, la humedad, altas temperaturas, llamas, entre otros. Entre los materiales utilizados para el aislamiento de los conductores se puede mencionar el PVC o cloruro de polivinilo, el PE o polietileno, el caucho, la goma, el neopreno y el nylon.

Para tendidos eléctricos de alta y baja tensión, existen en Guatemala diversos tipos de conductores de cobre, sin aislantes, diseñados para responder a distintas necesidades de conducción y a las características del medio en que la instalación prestará sus servicios.

La selección de un conductor se hará considerando que debe asegurarse una suficiente capacidad de transporte de corriente, una adecuada capacidad de soportar corrientes de cortocircuito, una adecuada resistencia mecánica y un comportamiento apropiado a las condiciones ambientales en que operará y se calcula por la fórmula de sección de conductor.

Fórmula 7: Sección de cable

$$S = \frac{2 \times L \times I \times \sqrt{3}}{V_f(e\%)}$$

En donde: S = Sección del conductor en mm²

L = Longitud del conductor

I = Corriente en amperes por conductor

V_f = Voltaje entre fases

e% = Caída de voltaje en porcentaje

Los resultados obtenidos en el desarrollo de la fórmula de sección del conductor en mm², se comparan con tabla 4.

Tabla 4: Intensidad de corriente admisible para conductores de cobre

Nominal (mm) ²	AWG	60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C	>100°
0.32	22	3	3					
0.51	20	5	5					
0.82	18	7.5	7.5					
1.31	16	10	10					
2.08	14	15	15	25	20	20	30	
3.31	12	20	20	30	25	25	40	
5.28	10	30	30	40	40	40	55	
8.36	8	40	45	50	55	65	70	90
13.30	6	55	65	70	80	95	100	130
21.15	4	70	83	90	105	125	135	150
26.67	3	80	100	105	120	145	155	200
33.62	2	95	115	120	140	170	180	230
42.41	1	110	130	140	165	195	210	270
53.49	1/0	125	150	155	195	230	245	310
67.42	2/0	145	175	185	225	265	285	360
85.01	3/0	165	200	210	260	310	230	420
107.2	4/0	195	230	235	300	360	385	490
127	250 MCM	215	255	270	340	405	425	540
152.0	300 MCM	240	285	300	375	445	480	610
177.3	350 MCM	260	310	325	420	505	530	670
202.7	400 MCM	280	355	360	455	545	575	730
253.4	500 MCM	320	380	405	515	620	660	840
304	600 MCM	355	420	455	475	690	740	
354.7	700 MCM	385	460		630	755		
380	750 MCM	400	475	500	635	785	845	
405.4	800 MCM	410	490		880	815		
456	900 MCM	435	520		730	870		
506.7	1000 MCM	455	545	585	780	925	1000	
633.4	1250 MCM	495	590		890	1065		
760.1	1500 MCM	520	625		980	1175		
886.7	1750 MCM	545	650		1070	1280		
1013	2000 MCM	560	665		1155	1385		

2. Selección de conductores en tubo tipo conduit. Los conductores eléctricos, están limitados en su capacidad de conducción de corriente por razones de calentamiento al existir limitaciones en la disipación de calor, y debido a que el aislamiento impone una fuerte restricción por sus limitaciones de tipo térmica. Por esta razón, el número de conductores dentro de un tubo tipo conduit¹² tiene que ser restringido, de tal forma que permita un arreglo físico de los mismos de acuerdo a la sección del tubo conduit, para que facilite el alojamiento y manipulación durante la instalación de los conductores y se considere también la cantidad de aire necesario para que los conductores se mantengan a temperaturas adecuadas en base de un buen enfriamiento. Estas condiciones se logran estableciendo una relación adecuada entre las secciones del tubo y los conductores expresándose en la fórmula de Factor de relleno y existen valores establecidos para las instalaciones.

¹² Tubo rígido, de sección circular, de acero galvanizado o de aluminio, de secciones normalizadas (circuitos industriales). Utilizados en lugares expuestos a golpes y canalización industrial a la vista.

Fórmula 8: Factor de relleno

$$F = \frac{a}{A}$$

En donde: F = Factor de relleno

a = área total de conductores

A = área interior del tubo

Tabla 5: Valores establecidos para factor de relleno

F =	53%	Para un conductor
	31%	Para dos conductores
	43%	Para cuatro o más conductores
	40%	

Luego de desarrollar la fórmula de Factor de relleno, utilizando la Tabla de valores establecidos para factor de relleno, se procede a comparar con la tabla de dimensiones de tubo metálico tipo pesado y área disponible para conductores.

Tabla 6: Dimensiones de tubo metálico tipo pesado y área disponible para conductores

Designación	Diámetro interior en mm.	Área interior total en mm ² .	Área disponible para conductores en mm ² .		
16 (1/2)	15.8	196	103	60	78
21 (3/4)	20.9	344	181	106	137
27 (1)	26.6	557	294	172	222
35 (1-1/4)	35.1	965	513	299	387
41 (1-1/2)	40.9	1313	697	407	526
53 (2)	52.5	2165	1149	671	867
63 (2-1/2)	62.7	3089	1638	956	1236
78 (3)	77.9	4761	2523	1476	1904
91 (3-1/2)	90.1	6379	3385	1977	2555
103 (4)	102.3	8213	4349	2456	3282
129 (5)	128.2	12907	6440	4001	5163
155 (6)	154.1	18639	9879	5778	7456

3. Selección de tubería para la distribución de vapor. Los cálculos se realizan considerando un vapor con las características expresadas en la tabla siguiente de tuberías para la distribución de vapor:

Tabla 7: Propiedades del vapor

Clasificación de vapor	Saturado seco
Presión de trabajo	10 kg/cm ²
Calor latente	478 Kcal/kg
Calor sensible	185 Kcal/kg
Calor total	633 Kcal/kg

4. Propiedades del vapor. El vapor va a ceder únicamente las kilocalorías que resulten de la diferencia entre el calor total y la temperatura de descarga, que se va a considerar la medida de las temperaturas que constituyen el salto térmico en cada uno de los casos.

Para el cálculo de las necesidades de vapor, primero se calcula el calor necesario para aplicar por parte del vapor, mediante la ecuación de calor a aplicar.

Fórmula 9: Calor a vapor

$$Q = m \times C_e \times \Delta T = V \times d \times C_e \times \Delta T$$

En donde: Q = Calor necesario a aplicar

m = masa del fluido a calentar

V = volumen de masa a calentar

d = densidad del fluido

C_e = calor específico del fluido

ΔT = salto de temperatura.

Una vez conocidas las necesidades teóricas del calor, se realiza una corrección, considerando que la eficiencia de la transmisión es el 95%. Posteriormente, se calculan las necesidades de vapor por unidad de tiempo, teniendo en cuenta el periodo de tiempo en que deberá ocurrir el calentamiento. Para calcular el gasto horario de vapor, se usa la fórmula de cálculo de consumo de vapor.

Fórmula 10: Cálculo de consumo de vapor

$$m = \frac{Q}{q - t}$$

En donde: m = consumo horario de vapor

Q = calor necesario de aplicar

q = calor suministrado por 1 kg de vapor

t = temperatura de descarga a la que sale el vapor tras el intercambio térmico

Para el cálculo de las secciones de cada tubería, en primer lugar se calcula el caudal de vapor que debe circular en cada tramo, en el caso más favorable. La sección de tubería se calcula según la fórmula de Sección de tubería.

Fórmula 11: Cálculo de sección de tuberías

$$S = \frac{Q}{v} \times 10000$$

En donde: S = Sección de tubería

Q = caudal volumétrico del vapor

v = velocidad del vapor

L. Aspectos para la evaluación económica del proyecto

1. Método del Valor Presente Neto (VPN): El método del valor presente neto (VPN), es una técnica de evaluación económica que considera el valor del dinero en el tiempo y consiste en el valor que resulta de descontar la suma de los flujos netos (generados en el futuro) a la inversión inicial. [27].

Para su cálculo, deben determinarse los flujos netos en efectivo (FNE) que el proyecto producirá en el futuro para un horizonte de tiempo establecido. Para convertir estas cantidades futuras al presente, se utiliza una tasa de descuento, llamada así porque descuenta el valor del dinero en el futuro a su equivalente en el presente, y a los flujos traídos al tiempo cero, se les llama flujos descontados. La tasa de descuento aplicada es la Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR) aceptada por la empresa.

La TMAR debe considerar los efectos inflacionarios y un premio al riesgo por realizar la inversión. Por lo tanto, la TMAR puede determinarse mediante la siguiente ecuación. [28].

Fórmula 12: Tasa mínima atractiva de retorno

$$TMAR = i + f + if$$

En donde: i = tasa de interés premio al riesgo determinado por la inversión-

f = tasa de inflación

Fórmula 13: Valor presente neto (VPN)

$$VPN = -P + \sum_1^n \frac{FNE_n}{(1 + TMAR)^n} + \frac{VS}{(1 + TMAR)^n}$$

En donde: I = Inversión Inicial

FNE = Flujo Neto de Efectivo del periodo n

VS = Valor de Salvamento al final del periodo

TMAR = Tasa Mínima Atractiva de Retorno

Los criterios de aceptación o rechazo son los siguientes:

- a. $VPN \geq 0$: El proyecto es rentable y se acepta
- b. $VPN \leq 0$: El proyecto no es rentable y se rechaza

2. Método de la Tasa Interna de Retorno (TIR) para la evaluación económica del proyecto. La Tasa Interna de Retorno (TIR) o interés que vuelve al Valor Presente Neto igual a cero, es una serie determinada de flujo de efectivo. [Referencia 2].

Fórmula 14: Tasa interna de retorno

$$0 = -I + \sum_1^n \frac{C_t}{(1 + IRR)^t}$$

En donde: I = Inversión Inicial

C_t = Flujo Neto de Efectivo del periodo n

IRR = Tasa Interna de Retorno

t = tiempo (años)

3. Cálculo del Punto de Equilibrio (PE) en unidades producidas. El análisis del Punto de Equilibrio en unidades producidas, en ocasiones es llamado análisis de costo/volumen utilidades, es utilizado para determinar el nivel de operaciones necesarias para cubrir todos los costos operativos y asociados a diversos niveles de ventas en los dos escenarios, evaluar la rentabilidad derivada de los costos de producción e ingresos. [2],[27].

Para el cálculo del punto de equilibrio, se calcula primero la contribución a la ganancia calculada con los gastos variables y las ventas brutas.

Fórmula 15: Contribución a la ganancia

$$\text{Contribución a la ganancia} = \frac{\text{gastos variables}}{\text{Ventas}}$$

Fórmula 16: Punto de equilibrio

$$PE = \frac{GF}{\%CG}$$

En donde: GF = Gastos Fijos

$\%CG$ = porcentaje de Contribución a la Ganancia

VI. METOLOGÍA

Recopilación de datos de producción de la empresa durante un periodo mínimo de dos años a partir del año 2,008.

Determinación de los equipos utilizados en la cadena de producción de la empresa, su estado de funcionamiento y productividad, modelos, especificaciones técnicas; estado de las subestructuras de los equipos, que incluyen disposición de los equipos en ambiente techado, instalaciones eléctricas, hidráulicas, ventilación y aspectos de seguridad industrial; mediante presencia en los procesos de producción durante 100 horas en horarios de trabajo normal y horas extras, tomando datos de la producción que incluyen tiempos, costos, cantidad y calidad del producto terminado.

Se evaluaron las tres líneas propuestas de producción de dulce duro y dulce paleta, tomando en cuenta el área de los espacios techados aprovechables para el montaje de las tres líneas propuestas con su análisis financiero durante un periodo de dos años.

A. Métodos, técnicas e instrumentos

Recopilación de información en la empresa en forma presencial, así como de fuentes bibliográficas impresas, digitales e INTERNET. Se obtuvo la información contable de la empresa en estudio para la producción de dulces.

Se tomaron datos de fuentes primarias como: Textos técnicos de la industria de producción de alimentos y confitería, así como textos de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad del Valle de Guatemala. Textos de Administración Financiera, Mercadotecnia, Física, Matemáticas y Química. Entrevistas con personal administrativo y operativo de la empresa. Se revisaron textos, manuales y documentos de los equipos como fuente secundaria, así como manuales elaborados por la empresa para la producción de confitería.

Se utilizaron técnicas de observación simples en la producción y funcionamiento de los equipos instalados.

Criterios de diseño basados en el conocimiento adquirido durante los estudios realizados en la Licenciatura de Ingeniería Mecánica de la Universidad del Valle de Guatemala.

Con los datos obtenidos se procedió al diseño del sistema de fabricación para las líneas de producción de caramelos, sustentado en conceptos y especificaciones técnicas investigadas y presentadas en el marco teórico del presente documento. Se efectuó una proyección de la capacidad estimada de producción para 5 años a partir del 2,009; El

cálculo de la necesidad de insumos, espacio y energía, así como de la línea de producción incluyendo la selección del equipo y diseño de los circuitos eléctricos de potencia.

Luego de establecer el diseño, se procedió a realizar un presupuesto de la línea de producción con todos sus sistemas y circuitos en base a precios cotizados en el mercado nacional.

Mediante un análisis económico, se determinó si el rendimiento supuesto, justifica la inversión en la propuesta.

Para el cálculo, diseño y dibujo del sistema de control y subsistemas, se utilizó el software AutoCAD 2,008 y Microsoft Word para la digitalización, ordenamiento y graficado de la información; para el cálculo del análisis financiero se utilizó Microsoft Excel.

En Microsoft Excel se calcularon: La Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR), El Valor Actual Neto o Valor Presente Neto (VPN), El Punto de Equilibrio (PE) y la Tasa Interna de Retorno (TIR o IRR).

VII. RESULTADOS

Para la elaboración del dulce se cuenta desde el ingreso de la materia prima hasta que el producto ingresa a bodega de almacenamiento y distribución comercial, se diseñó un diagrama de flujo de la producción, contando con la materia prima y maquinaria y actividades siguientes:

Tabla 8: Tabla de componentes del diagrama de flujo

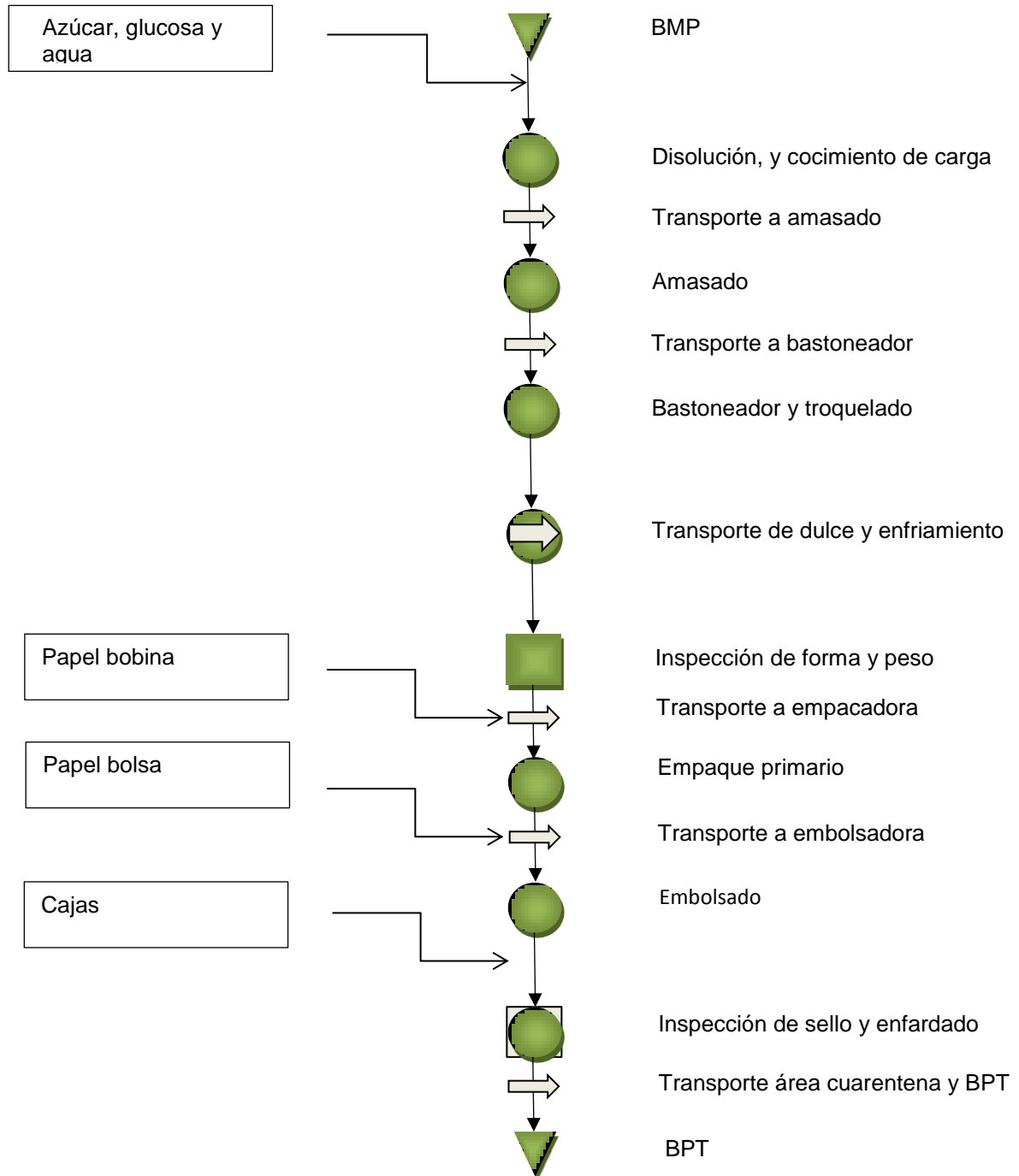
INSUMOS	ACTIVIDADES	EQUIPOS
MATERIA PRIMA	DISOLUCIÓN	BASTONEADORA
AZÚCAR	COCIMIENTO DE LA CARGA	TROQUELADORA
GLUCOSA	AMASADO	ENFRIADOR
AGUA	TRANSPORTE DE DULCE	MESAS
PAPEL BOBINA	ENFRIAMIENTO	EMPACADORAS
BOLSA BOBINA	INSPECCIÓN DE FORMA	EMBOLSADORAS
CAJAS	INSPECCION DE PESO	BODEGAS
PRODUCTO TERMINADO	TRANSPORTE A EMPACADORA	
	EMPAQUE PRIMARIO	
	TRANSPORTE A EMBOLSADORA	
	EMBOLSADO	
	INSPECCIÓN DE SELLO	
	INSPECCIÓN DE ENFARDADO	
	TRANSPORTE A CUARENTENA	

Fuente: Elaboración propia

A. Flujo para la elaboración del dulce

Se diseñó un diagrama de flujo con el objeto de graficar el proceso de fabricación del dulce, desde su ingreso como materia prima, hasta la presentación terminada del producto.

Diagrama 1: Diagrama de flujo

**Nomenclatura:**

BMP = Bolsa de materia prima

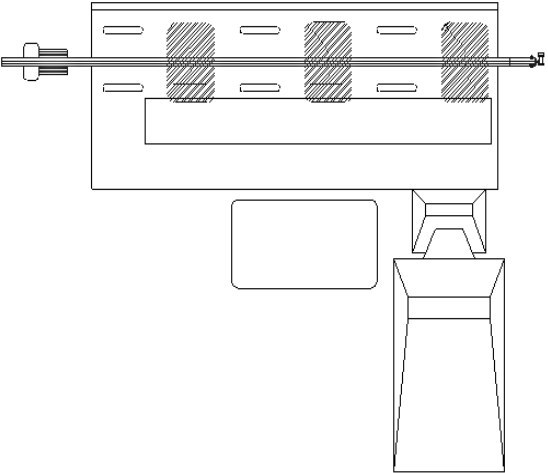
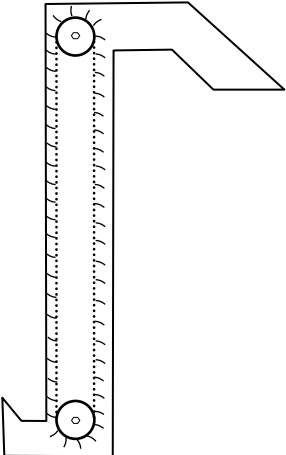
BPT = Producto terminado

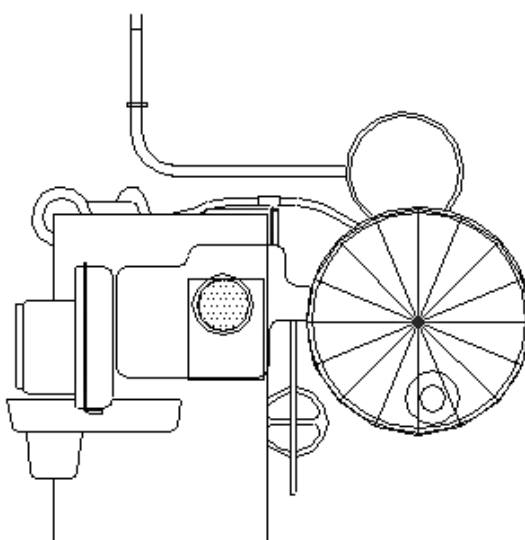
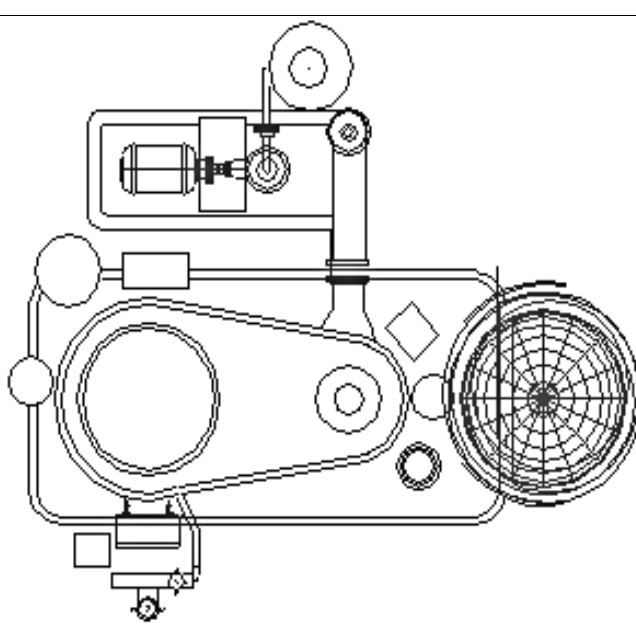
Fuente: Elaboración propia

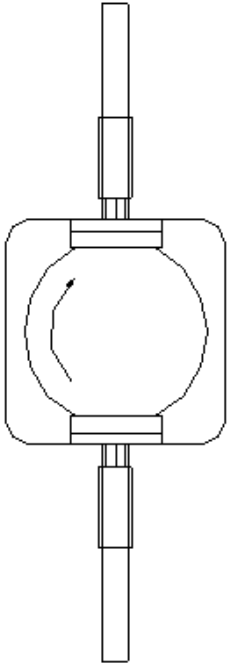
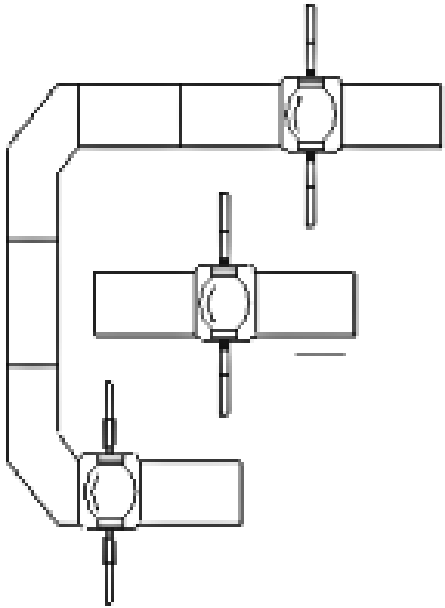
B. Selección de equipos

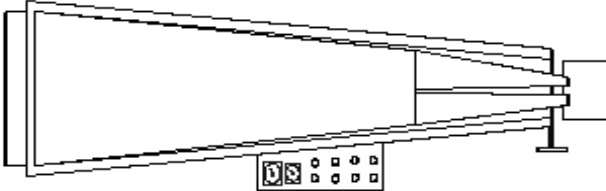
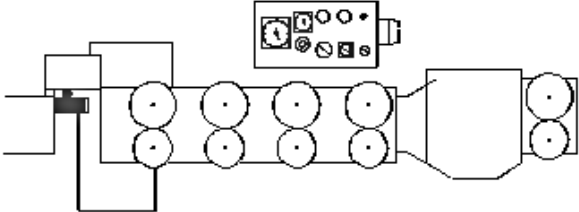
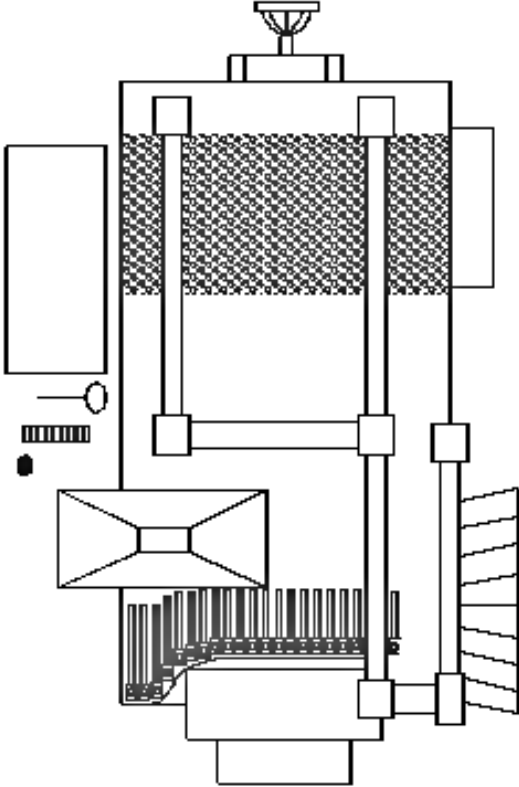
Para la selección de los equipos de la línea de producción, se analizaron las especificaciones técnicas, que incluyen tipo de materiales de fabricación, capacidad, dimensiones, y velocidad según el caso. Tomando en cuenta que las selladoras, embolsadoras y detectores, son equipos ya instalados en la planta y se analiza su redistribución. Se diseñó una tabla que incluye gráficos para seleccionar los equipos.

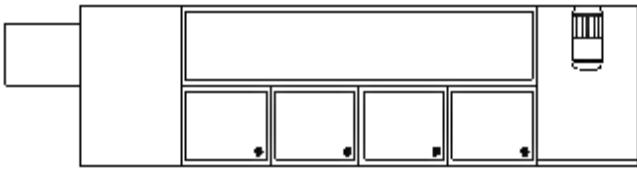
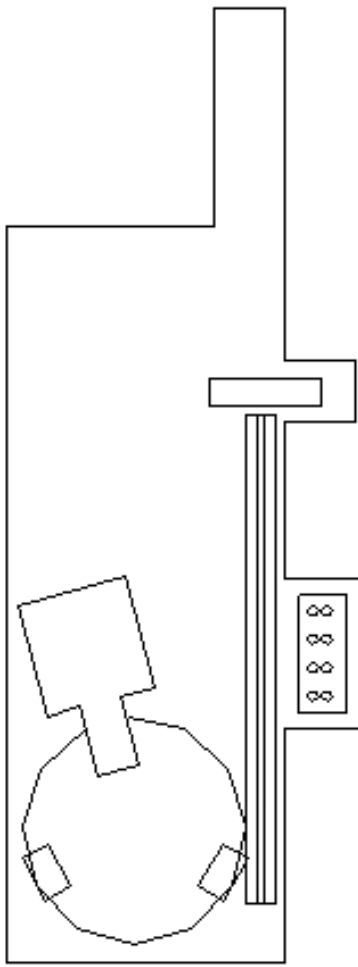
Tabla 9: Equipos, especificaciones y gráficos

Nombre del equipo	Especificaciones generales	Gráfico del equipo
Alimentador de Glucosa	<p>Material: Acero inoxidable con enchaquetado para recirculación de agua caliente.</p> <p>Inclinación: 25° respecto a la horizontal.</p> <p>Uso: Dosificación de la Glucosa disolvedora.</p>	 <p>El diagrama muestra un eje horizontal que atraviesa un cilindro. En el eje hay tres engranajes con sombreado diagonal. Debajo del cilindro principal hay un componente rectangular y un mecanismo de dosificación con un cono y un eje vertical.</p>
Elevador de cangilones	<p>Material: Carbón galvanizado.</p> <p>Capacidad: 2.70 m/hr.</p> <p>Altura: 3.50 m.</p> <p>Velocidad: 88 rpm.</p> <p>Uso: Dosificación del azúcar a la disolvedora.</p>	 <p>El diagrama muestra una estructura en forma de L. En la parte superior hay un eje con un engranaje. En la parte inferior hay otro eje con un engranaje. El eje principal tiene una serie de cangilones representados por una línea punteada.</p>

CONTINUACIÓN TABLA 9		
Nombre del equipo	Especificaciones generales	Gráfico del equipo
Disolvedora	<p>Material: Hierro fundido, cobre y latón.</p> <p>Capacidad: 50 lts.</p> <p>Dimensiones: 1.40 x 2.16 x 2.15 m.</p> <p>Velocidad: 750/1500 rpm.</p> <p>Uso: Elaboración de miel.</p>	 <p>A technical line drawing of a honey extractor. It features a central motor unit with a large circular basket attached to the side. The basket has a radial pattern of spokes. A vertical shaft with a gear is visible, connected to the motor. There are various pipes and fittings around the unit.</p>
Cocedora	<p>Material: Hierro fundido, cobre, latón y acero inoxidable.</p> <p>Dimensiones: 3.60 x 0.85 x 2.00 m.</p> <p>Capacidad:</p> <p>Uso: Elaboración de jarabe.</p>	 <p>A technical line drawing of a syrup boiler. It consists of a large cylindrical tank with a motor on top. A cooling fan is attached to the side of the tank. There are various pipes, valves, and a control panel at the bottom of the unit.</p>

CONTINUACIÓN TABLA 9		
Nombre del equipo	Especificaciones generales	Gráfico del equipo
Amasadora	<p>Material: Hierro fundido, acero inoxidable y PVC.</p> <p>Capacidad: 50 kg.</p> <p>Dimensiones: 1.80 x 1.10 x 2.00 m.</p> <p>Uso: Proporcionar consistencia a la mezcla de caramelo.</p>	 <p>Diagrama de una amasadora industrial. Muestra un tambor central con un eje de entrada superior y un eje de salida inferior. El tambor tiene una forma cilíndrica con extremos abotados.</p>
Mesas de amasado	<p>Material: Hierro fundido.</p> <p>Dimensiones: 2-00 x 8.00x 0.75m.</p> <p>Uso: Dar consistencia a la mezcla de caramelo.</p>	 <p>Diagrama de tres mesas de amasado conectadas en una línea. Cada mesa tiene un eje de entrada superior y un eje de salida inferior. Las mesas están conectadas por un sistema de tuberías y codos.</p>

CONTINUACIÓN TABLA 9		
Nombre del equipo	Especificaciones generales	Gráfico del equipo
Bastoneador	<p>Material Hierro fundido, cobre y latón.</p> <p>Capacidad: 75 kg.</p> <p>Dimensiones: 2.35x0.72x1.70m.</p> <p>Uso: Reducción del diámetro de la masa de caramelo.</p>	
Egalizador	<p>Material: Hierro fundido, cobre y latón.</p> <p>Dimensiones: 1.20 x 0.40 x 0.75 m;</p> <p>rodos de \varnothing 0.15 x L 0.254 m.</p> <p>Uso. Proporcionar forma al cordón del caramelo.</p>	
Troquel y palillera	<p>Material: Hierro fundido, cobre, latón y acero inoxidable.</p> <p>Capacidad: 506 kg/hr.</p> <p>Dimensiones: 2.70 x 1.20 x 1.60 m.</p> <p>Uso: Formar diseño del producto final. En el caso de la palillera, insertar el palillo a la plaqueta.</p>	

CONTINUACIÓN TABLA 9		
Nombre del equipo	Especificaciones generales	Gráfico del equipo
Túnel de enfriamiento	Material: Hierro fundido, PVC y acero inoxidable. Dimensiones: 4.20 x 1.20 x 1.34 m. Capacidad: 750 kg. Uso: Intercambio de calor necesario para disminuir la temperatura del caramelo.	
Selladora, embolsadora y detector de metales	Equipos ya instalados en la planta, en algunos casos se hará una redistribución.	

Fuente: Elaboración propia

1. Rutinas de mantenimiento preventivo. En la selección de rutinas para el mantenimiento preventivo en forma de tareas de trabajo para las máquinas, se considera la vida útil de los componentes, tipo de lubricante y sobre todo, frecuencia de uso.

Se elaboraron cuadros de rutinas de mantenimiento por cada equipo, en las cuales se determinó que el total de horas necesarias en los 9 equipos de las líneas de producción son 49,890 en 51 actividades, además de las que se efectúan con periodicidad semanal y se expresan en los cuadros de rutinas para maquinaria.

Es importante contar con un completo stock de repuestos para cumplir con las rutinas programadas para todas las máquinas.

Tabla 10: Rutinas de mantenimiento para máquina disolvedora

EQUIPO	RUTINA	Horas	Semanas	N° Act.
DISOLVEDORA	Inspección general de tubería de vapor	300		
	Servicio a motor de disolvedora	300		
	Inspección de bomba de engranes de alimentación de glucosa	400		
	Inspección general de disolvedora	600		
	Inspección de estado de bomba disolvedora	500		
	Revisión eléctrica de disolvedora	300		
	Lubricación periódica semanal de disolvedora	25		
	Lubricación periódica mensual de disolvedora	100		
	TOTAL	<u>2525</u>		<u>8</u>

Fuente: Elaboración propia

Para el mantenimiento preventivo de la máquina disolvedora, son recomendadas 2,525 horas distribuidas en 8 actividades, la actividad que demanda menor tiempo entre un mantenimiento y el siguiente en mantenimiento, es la lubricación periódica semanal de la maquina disolvedora.

Tabla 11: Rutinas de mantenimiento para máquina cocedora

EQUIPO	RUTINA	Horas	Semanas	N° Act.
COCEDORA	Mantenimiento eléctrico a cocedora	200		
	Inspección de sistemas de alimentación de vapor y condensado	600		
	Lubricación general de cocedora	50		
	Apretar estopas de bomba de vacío en cocedora	100		
	Servicio a motor de mecanismo de bombeo	3000		
	Mantenimiento mecánico a bomba de vacío	1500		
	Mantenimiento mecánico a motor de bomba de vacío	3000		
	Limpieza de tanque de glucosa			21
	TOTAL	<u>8450</u>	<u>21</u>	<u>8</u>

Fuente: Elaboración propia

Para el mantenimiento preventivo de la máquina cocedora, son recomendadas 8,450 horas distribuidas en 8 actividades, la actividad que demanda menor tiempo entre un mantenimiento y el siguiente, es la lubricación general de cocedora. La limpieza del tanque de glucosa, se efectúa cada 3 meses por lo que se toman un periodo de 21 días.

Tabla 12: Rutinas de mantenimiento para máquina amasadora

EQUIPO	RUTINA	Horas	Semanas	N° Act.
AMAZADORA	Servicio de motor para amasadora	5000		
	Lubricación semanal y apriete de tornillos para amasadora	25		
	Servicio panel eléctrico amasadoras	960		
	Inspección de sistema de refrigeración	100		
	TOTAL	<u>6085</u>		<u>4</u>

Fuente: Elaboración propia

Para el mantenimiento preventivo de la máquina amasadora, son recomendadas 6,085 horas distribuidas en 4 actividades, la actividad que demanda menor tiempo entre un mantenimiento y el siguiente, es la lubricación semanal y apriete de tornillos para amasadora.

Tabla 13: Rutinas de mantenimiento para la máquina de bastonear

EQUIPO	RUTINA	Horas	Semanas	N° Act.
BASTONEADOR	Lubricación semanal del bastoneador	25		
	Lubricación interna de cajas en bastoneador	50		
	Cambio de fajas en bastoneador	1000		
	Servicio panel eléctrico bastoneadores	360		
	Apriete de castigadores e inspección general	360		
	Servicio a motor de elevación de bastoneador	6000		
	Servicio a motor principal de giro de rodos de bastoneador	2500		
	Cambio de aceite en bastoneador	500		
	TOTAL	10795		8

Fuente: elaboración propia

Para el mantenimiento preventivo de la máquina bastoneadora, son recomendadas 10,795 horas distribuidas en 8 actividades, la actividad que demanda menor tiempo entre un mantenimiento y el siguiente, es la lubricación semanal del bastoneador.

Tabla 14: Rutinas de mantenimiento para la máquina egalizadora

EQUIPO	RUTINA	Horas	Semanas	N° Act.
EGALIZADOR	Cambio de grasa de egalizador	300		
	Lubricación semanal a egalizador	25		
	Inspección periódica a egalizador	150		
	Inspección eléctrica periódica a egalizador	250		
	Servicio a motor de egalizador	5000		
	TOTAL	5725		5

Fuente: Elaboración propia

Para el mantenimiento preventivo de la máquina egalizadora, son recomendadas 5,725 horas distribuidas en 5 actividades, la actividad que demanda menor tiempo entre un mantenimiento y el siguiente, es la lubricación semanal del egalizador.

Tabla 15: Rutinas de mantenimiento para la máquina troqueladora

EQUIPO	RUTINA	Horas	Semanas	N° Act.
TROQUEL	Lubricación semanal de troquel	25		
	Limpieza a ventilador troquel	720		
	Servicio a motor del troquel	5000		
	TOTAL	5745		3

Fuente: elaboración propia

Para el mantenimiento preventivo de la máquina troqueladora, son recomendadas 5,745 horas distribuidas en 3 actividades, la actividad que demanda menor tiempo entre un mantenimiento y el siguiente, es la lubricación semanal del troquel.

Tabla 16: Rutinas de mantenimiento para el túnel de enfriamiento

EQUIPO	RUTINA	Horas	Semanas	N° Act.
	Lubricación del túnel de enfriamiento	60		
	Servicio a motor de ventilador	4000		
TUNEL DE ENFRIAMIENTO	Servicio a motor de la banda del túnel de enfriamiento	3840		
	Limpieza de blowers de túneles de enfriamiento	480		
	Inspección y lubricación sistema de ventilación	160		
	TOTAL	8540		5

Fuente: Elaboración propia

Para el mantenimiento preventivo del túnel de enfriamiento, son recomendadas 8,540 horas distribuidas en 5 actividades, la actividad que demanda menor tiempo entre un mantenimiento y el siguiente, es la lubricación del túnel de enfriamiento.

Tabla 17: Rutinas de mantenimiento para las máquinas empacadoras

EQUIPO	RUTINA	Horas	Semanas	N° Act.
EMPACADORAS	Inspección general de empacadoras	240		
	Cambio de aceite a empacadoras	1250		
	Inspección y limpieza semanal a empacadoras	25		
	Cambio de cojinetes a motores	1500		
	TOTAL	3015		4

Fuente: Elaboración propia

Para el mantenimiento preventivo de las máquinas empacadoras, son recomendadas 3,015 horas distribuidas en 4 actividades, la actividad que demanda menor tiempo entre un mantenimiento y el siguiente, es la inspección y limpieza semanal a las empacadoras.

Tabla 18: Rutinas de mantenimiento para la máquina embolsadora

EQUIPO	RUTINA	Horas	Semanas	N° Act.
EMBOLSADORA	Inspección y limpieza de variador de frecuencia	1500		
	Inspección y lubricación semanal de embolsadora		1	
	Inspección semanal de embolsadora	240		
	Servicio anual embolsadora	5000		
	Servicio a motor principal embolsadora	720		
	Cambio de aceite y limpieza de filtro		1	
	TOTAL		7460	2

Fuente: Elaboración propia

Para el mantenimiento preventivo de las máquinas empacadoras, son recomendadas 7,460 horas distribuidas en 6 actividades, la actividad que demanda menor tiempo entre un mantenimiento y el siguiente, es la inspección semanal a la embolsadora.

2. Selección de conductores eléctricos, según capacidades y selección de conductores en tubo tipo conduit. La selección de un conductor eléctrico y tubo tipo conduit, se ha considerado que debe asegurarse de una suficiente capacidad de transporte de corriente y una adecuada capacidad de soportar corrientes de corto circuito.

a. Solución para la selección de conductores eléctricos según capacidades.

En la solución para la selección de conductores, se ejemplifica el cálculo para un equipo, en este caso de una cocedora; el resultado para los otros equipos, se muestra en la Tabla 19.

Datos: El equipo para su operación, requiere una potencia de 26 Hp, con tres líneas vivas y un voltaje de 240 voltios. La distancia entre la acometida y el equipo es de 20 metros; el factor de potencia de $\cos\phi = 0.8$ y la caída de tensión máxima es del 2%. Se toma en cuenta un factor de seguridad del 25%. Determinar el número de conductor a utilizar.

Solución:

Cálculo de conversión de potencia:

$$\left(\frac{26\text{Hp}}{1}\right)\left(\frac{1\text{Kw}}{0.746\text{Hp}}\right) = 19.40\text{Kw}$$

Cálculo de Corriente en amperes por conductor:

$$I = \frac{19.40\text{Kw}}{1.732 * 240 * 0.8} * 10^3$$

Multiplicando por el factor de seguridad:

$$I = \frac{19.40 \text{ Kw}}{1.732 * 240 * 0.8} * 10^3$$

$$I = 58.33 \text{ A}$$

Calculo de sección del conductor utilizando la fórmula

$$S = \frac{2 * 20 \text{ m} * 72.91 \text{ A} * \sqrt{3}}{240(0.02)}$$

$$S = 10.52 \text{ mm}^2$$

En la Tabla de selección de conductores, para $S = 10.52 \text{ mm}^2$ se utiliza un conductor N° 6.

b. Solución para la selección de tubería conduit según capacidad. Al calcular el área del conductor, se puede obtener con la cantidad de conductores el área interior del tubo y con ello, el diámetro interno de la tubería para la distribución:

$$A = \frac{52.62 \text{ mm}^2}{0.4}$$

$$A = 131.54 \text{ mm}^2$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * 131.5 \text{ mm}^2}{\pi}}$$

$$d = 12.94 \text{ mm}$$

Conversión de diámetro de tubería conduit:

$$\left(\frac{12.94 \text{ mm}}{1}\right) \left(\frac{1''}{25.40 \text{ mm}}\right) = 3/4''$$

En la tubería tipo conduit, la medida a utilizar para el resguardo de los cables, es de $3/4''$.

3. Selección de tubería para conducción de vapor. La selección del tamaño de tubería para la conducción de vapor, se considera que sea de suficiente capacidad para transporte de vapor. Realizando los cálculos, considerando un vapor con las características de la Tabla 7. Para el cálculo de las secciones de cada tubería se calcula el caudal de vapor en los casos más desfavorables.

a. Solución para la selección de tamaños en tubería para la distribución de vapor. En la solución se ejemplifica el cálculo para un equipo, cocedora, el resultado para el resto de equipos se pueden encontrar en la Tabla 20.

Datos: El jarabe debe ser calentado de una temperatura inicial de 110°C; a una temperatura final de 142°C. Para esto se utiliza una cocedora con capacidad de 50 l; y un flujo de jarabe de 600 kg/h. Se considera que un calor específico de 1.5088 Kcal/kg °C y una densidad de 1.032 kg/l del jarabe. Determinar el diámetro de la tubería a utilizar.

Solución:

Calculo del salto de tubería:

$$\Delta T = 142^{\circ}C - 110^{\circ}C$$

$$\Delta T = 32^{\circ}C$$

Calculo del calor necesario a aplicar:

$$Q = (50 \text{ l})(1.032 \text{ kg/l})(1.5088 \text{ Kcal/kg}^{\circ}C)(32^{\circ}C)$$

$$Q = 2491.33 \text{ Kcal}$$

Éste calentamiento se debe realizar en un tiempo de 5 minutos, por lo tanto deberá aportar un calor de:

$$Q = \frac{2491.33 \text{ Kcal}}{\frac{5}{60}} = 29895.97 \text{ Kcal/h}$$

La temperatura de descarga, es:

$$t_d = \frac{110^{\circ}C + 142^{\circ}C}{2} = 126^{\circ}C$$

El consumo de vapor es:

$$\dot{m} = \frac{29895.97}{663 - 126} = 55.67 \text{ kg/h}$$

Por lo tanto el consumo diario equivale a:

$$(55.67 \text{ kg/h}) \left(\frac{12}{60} \right) = 278.36 \text{ kg/dia}$$

Caudal volumétrico:

$$Q = (55.67 \text{ kg/h}) * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ seg}} 0.2 \text{ m}^3/\text{kg} = 0.0030929 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Diámetro de tubería:

$$d = \sqrt{\frac{4 * \frac{0.0030929 \text{ m}^3/\text{seg}}{15 \text{ m/seg}} * 10000}{\pi}} = 1.62 \text{ cm}$$

$$\left(\frac{1.62 \text{ cm}}{1}\right)\left(\frac{1''}{2.540 \text{ cm}}\right) \cong 3/4''$$

4. Selección de equipo para unidad de refrigeración. Para utilizar un cuarto de congelamiento es necesario calcular con que capacidades de equipo es posible extraer la cantidad de calor que se genera en el interior por cualquier forma, para lo cual se suman todas las partes que puedan generarlo y se calculan.

a. Solución para la selección de unidad de refrigeración. Datos: En un cuarto refrigerado de congelamiento ingresan aproximadamente 833.347Lbs. de caramelo procesado a una temperatura 122°F (50°C) con una temperatura exterior de 80 °F (27°C) a una temperatura de -30 °F (-35°), la cual es necesario congelar durante las 24 horas del día durante 12 horas de trabajo. El aislamiento de las paredes del cuarto son de 8" de poliuretano. La carga eléctrica entre el alumbrado el alumbrado, motores y maquinaria es de 36.33 watts. Las dimensiones del cuarto son de 3x20x10m.(9.84x65.61x32.80pies).

Solución: Reducción de temperatura

$$80 - (-30) = 110^{\circ}F = \Delta T = 43.3^{\circ}C$$

Área de superficie exterior:

$$A = (2)(322.75\text{pies}) + (2)(645.60\text{pies}) + (2)(2152\text{pies}) = 6240.73 \text{ pies}^2$$

Cálculo de pérdidas en paredes:

$$Q = 6240.73\text{pies}^2(110^{\circ}F)(24\text{horas})(0.0375 \text{ BTU/hrft}^{\circ}F) = 617832.27 \frac{\text{BTU}}{\text{dia}}$$

Cambio de aire. Se calcula a una temperatura de bulbo húmedo, con humedad relativa de 50%. Cambio de aire debido a abertura de una puerta.

$$Q = (2980)(50\%)(24\text{horas}) = 47760 \frac{\text{BTU}}{\text{dia}}$$

Carga del producto. Enfriamiento sensible a la temperatura de congelación, calor latente de fusión y enfriamiento sensible a temperatura final después de congelación.

$$Q_1 = (833.37 \text{ lbs})(122 - 28)(0.5) = 39168.39\text{BTU}$$

$$Q_2 = (833.37 \text{ lbs})(65) = 54169.05 \text{ BTU}$$

Cálculo de la carga eléctrica:

$$Q = (36.33 + 9)\text{watts}(24\text{horas})(3.42 \text{ BTU/watts}) = 34720.6864\text{BTU}$$

Cálculo de Carga total para 12 horas de trabajo:

$$Q_F = 617832.27 + 47760 + 109771.49 + 34720.68 = 810084.44 \text{ BTU}$$

$$Q_T = \frac{810084.44\text{btu}}{12 \text{ horas}} = 67507.037\text{BTU} \cong 6.16 \text{ Ton refrigeración}$$

Tabla 19: Selección eléctrica de trituradora

EQUIPO	POT (Kw)	POT (Hp)	FASES (ph)	VOLT.	L (m)	lpc x fac seg	S mm ²	Tamaño cable	Cant. cables	Díámetro de tubo	Tubería conduit	Breaker	
Triturado													
1	Trituradora	3,73	5,00	3	240	40	14,02	4,05	10	5	8,03	1/2	3x30
		3,73											
Línea de cocedora y amasado													
6	Cocedora continua 3	19,40	26,00	3	240	20	72,91	10,52	6	5	12,94	3/4	3x110
7	Disolvedora	1,49	2,00	3	240	27	5,60	1,09	14	5	4,17	1/2	3x15
8	Mezclador Ruffinati 1	11,18	14,99	3	240	27	42,02	8,19	8	5	11,42	3/4	3x80
9	Mezclador Ruffinati 2	11,18	14,99	3	240	25	42,02	7,58	8	5	10,99	3/4	3x80
10	Mezclador Ruffinati 3	11,18	14,99	3	240	20	42,02	6,07	8	5	9,83	3/4	3x15
11	Mesas												
		74.46											
Línea Kasting													
12	Bastonera	3.73	5.00	3	240	16	14.02	1.62	14	5	5.08	1/2	3x30
13	Egalizador	2.92	3.91	3	240	17	10.96	1.35	14	5	4.63	1/2	3x30
14	Troquelador	11.55	15.54	3	240	17	43.41	5.33	8	5	9.21	3/4	3x80
15	Túnel Enfriamiento	6.34	8.50	3	240	20	23.84	3.44	10	5	7.40	1/2	3x60
16	Selladora Doboy	2.05	2.75	3	240	35	6.85	1.73	14	5	5.25	1/2	3x15
17	Detector de Metales	0.7	1.00	3	240	37	2.49	0.67	14	5	3.25	1/2	3x15
18	Selladora de Cajas	0.22	0.29	1	120	80	2.55	2.94	12	3	5.11	1/2	1x15
		53.99											
Línea Paleta SB													
19	Bastonera	3.73	5.00	3	240	25	12.46	2.25	12	5	5.98	1/2	3x30
20	Troquelador	5.60	7.50	3	240	26	18.69	3.51	10	5	7.47	1/2	3x45
21	Túnel Enfriamiento	5.22	7.00	3	240	26	17.45	3.27	10	5	7.22	1/2	3x45
22	Detector de Metales	0.37	0.50	3	240	24	1.25	0.22	14	5	1.85	1/2	3x15
23	Selladora de cajas	0.22	0.29	1	120	24	1.47	0.51	14	3	2.13	1/2	1x15
		29.69											
Línea Dulce Duro (Cristal)													
24	Bastonera	2.24	3.00	3	240	15	7.48	0.81	14	5	3.59	1/2	3x20
25	Egalizador	2.92	3.91	3	240	12	9.75	0.84	14	5	3.67	1/2	3x20
26	Troquelador	5.22	7.00	3	240	12	17.45	1.51	14	5	4.90	1/2	3x45
27	Túnel Enfriamiento	4.10	5.50	3	240	9	13.71	0.89	14	5	3.76	1/2	3x30
28	Empacadora Tecmaq 1	7.42	9.95	3	240	18	24.79	3.22	10	5	7.16	1/2	3x60
29	Empacadora Tecmaq 2	7.42	9.95	3	240	23	24.79	4.12	10	5	8.09	1/2	3x60
30	Empacadora Tecmaq 6	6.31	8.46	3	240	28	21.09	4.26	10	5	8.24	1/2	3x45
31	transportador	0.56	0.75	3	240	22	1.87	0.30	12	5	2.17	1/2	3x15
32	transportador	0.75	1.00	3	240	18	2.49	0.32	12	5	2.27	1/2	3x15
		72.57											
Área de Servicios 1													
33	Unidad de A/C 20Tons.	17.90	24.00	3	240	19	59.82	8.20	6	5	11.43	3/4	3x100
		35.81											
Iluminación													
		20.72											

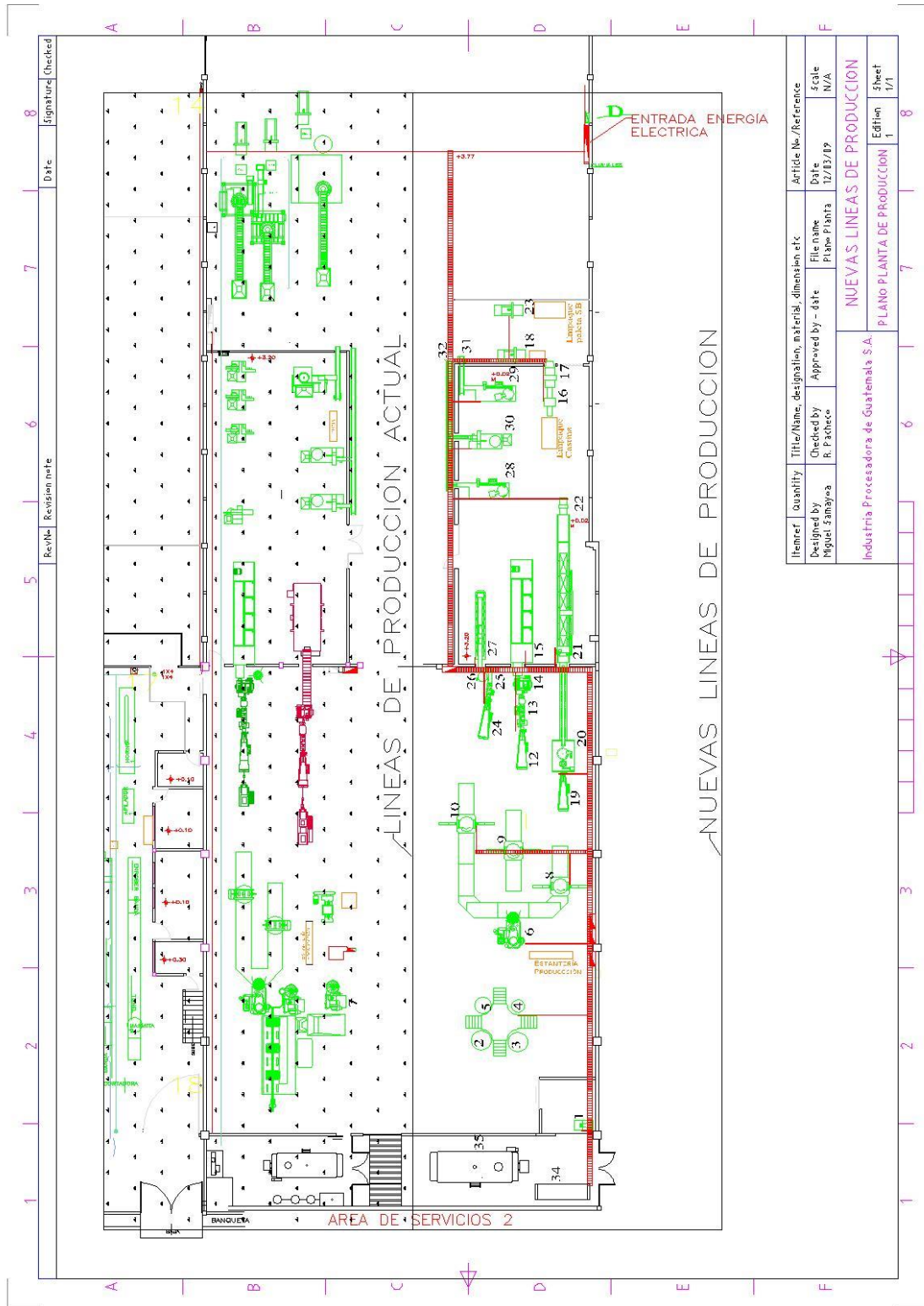
Fuente: elaboración propia

Tabla 20 Cálculos de vapor

EQUIPO		Ce Kcal/Kg°C	Vol (L)	Densidad (Kg/l)	Masa (Kg/h)	T _o °C	T ₁ °C	DT	Q Kcal	Calor fun. (Kcal/h)	Td °C	Consumo/día (Kg/h)	Q m ³ /seg.	Área m ²	d pulg
Equipo de Cocedora y amasado															
6	Cocedora Continua # 3	1,5088	50	1,032	600	110	142	32	2491,30	29895,97	126,00	278,36	126,00	2,06	0,64
7	Disolvedora	1,5088	50	1,032	600	27	110	83	6461,90	77542,66	68,50	652,00	68,50	4,83	0,98
SUB TOTAL 1												930,36			
Área de Servicios 1															
33	Unidad de A/C 20 Tons. (serpentin)	1,012	60000	1,3		23	24	1	7836	947232,00	23,5	7406	0,08229	54,86	2,39
SUB TOTAL 2												7406			
TOTAL												8336,36			

Fuente: Elaboración propia

Plano 1: Planta de distribución de nuevas líneas de producción



Item	Quantity	Title/Name, designation, material, dimension etc	Article No./Reference
Designed by	R. Pacheco	Approved by - date	Date
Checked by	R. Pacheco	File name	12/03/19
		Plant name	NUEVAS LINEAS DE PRODUCCION
		Scale	N/A
Industria Procesadora de Guatemala S.A.			PLANO PLANTA DE PRODUCCION
			Edition
			1
			Sheet
			1/1

Fuente: Elaboración propia

C. Análisis financiero

Para verificar la aprobación del proyecto se calcularon tres indicadores económicos, a partir de un presupuesto de inversión calculado a un periodo de 5 años.

A. Cálculo del Valor Presente Neto (VPN o VAN). El Valor Actual Neto, se calculó en Excel, ingresando los datos de 5 años de ingresos, egresos y beneficio a una tasa del 10% anual. Tabla 21.

Tabla 21: Cálculo del Valor Presente Neto (VPN)

AÑO	INGRESO	EGRESO	BENEFICIO	10.00%
0	Q -	Q (1,782,516.71)	Q (1,782,516.71)	
1	Q 30,232,604.16	Q (30,706,191.71)	Q 473,587.55	
2	Q 30,195,645.48	Q (29,944,387.10)	Q 251,258.38	
3	Q 29,397,903.48	Q (29,011,729.41)	Q 386,174.07	
4	Q 30,051,648.00	Q (27,480,465.97)	Q 2,571,182.03	
5	Q 30,824,145.00	Q (26,248,908.30)	Q 4,575,236.70	
VAN (EXCEL) = Q 2,619,775.41				

Fuente: Elaboración propia

B. Cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR). La Tasa Interna de Retorno, se calculó en Excel, ingresando los datos de 5 años de ingresos, egresos y beneficio. Tabla 22.

Tabla 22: Cálculo de la tasa interna de retorno (TIR)

AÑO	INGRESO	EGRESO	BENEFICIO
0	Q -	Q (1,782,516.71)	Q (1,782,516.71)
1	Q 30,232,604.16	Q (30,706,191.71)	Q (473,587.55)
2	Q 30,195,645.48	Q (29,944,387.10)	Q 251,258.38
3	Q 29,397,903.48	Q (29,011,729.41)	Q 386,174.07
4	Q 30,051,648.00	Q (27,480,465.97)	Q 2,571,182.03
5	Q 30,824,145.00	Q (26,248,908.30)	Q 4,575,236.70
TIR(EXCEL) = 34.32%			

Fuente: Elaboración propia

C. Cálculo del Punto de Equilibrio (PE). El Punto de Equilibrio, se calculó en Excel, ingresando los datos de actividades por año, tales como ventad, costos variables, costos fijos, utilidad neta, contribución a la ganancia en los 5 años. Tabla 23.

Tabla 23: Cálculo del punto de equilibrio (PE)

Actividad /Año	AÑO 1 Q.	AÑO 2 Q.	AÑO 3 Q.	AÑO 4 Q.	AÑO 5 Q.
VENTAS	30,232,604.16	30,195,645.48	29,397,903.48	3 0,051,648.00	30,824,145.00
COSTO VAR.	3,774,781.82	3,846,145.89	3,819,040.01	3,636,907.70	3,761,270.78
COSTOS F.	26,931,409.89	25,624,653.66	25,443,947.77	4,229,732.35	25,058,819.55
U. N.	1 ,308,929.16	724,845.93	134,915.70	2,185,007.96	2,004,054.67
CONTR. A GANACIA	87.51%	87.26%	87.01%	87.90%	87.80%
P.E.	30,773,759.24	29,364,996.29	29,242,844.26	27,565,797.70	28,541,561.44
P.E. EN UNIDAD.	328,920.04	314,246.88	321,431.62	296,406.43	299,207.20

Fuente: Elaboración propia

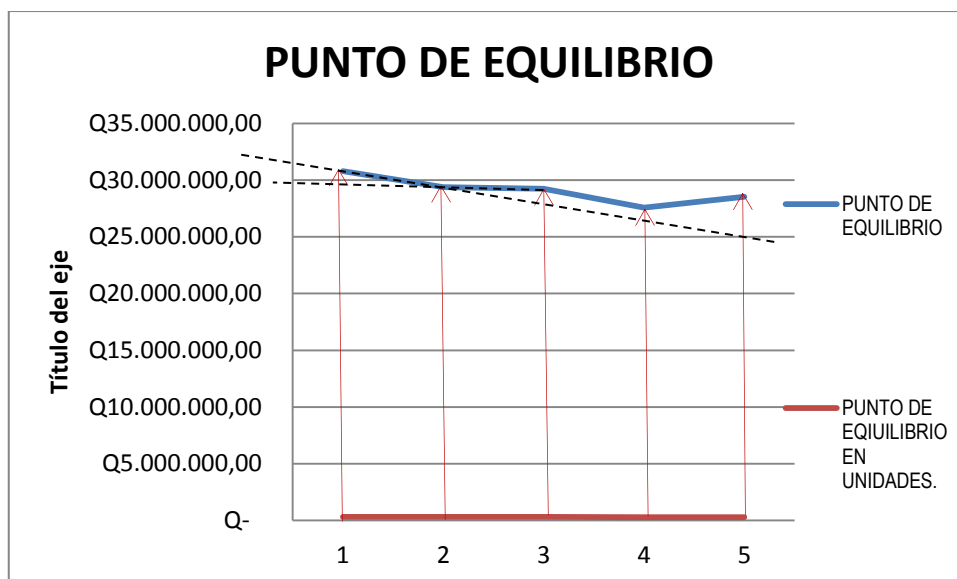
Tabla 24: Cálculos para el primer año (PE)

Cálculos para primer año (Ejemplo)		
VENTAS	=	<i>+'RESUMEN Y BALANCE'23!F23</i>
COSTO VARIABLES	=	<i>+'RESUMEN Y BALANCE'23!F18</i>
COSTOS FIJOS	=	<i>+'RESUMEN Y BALANCE'23!F13 +'RESUMEN Y BALANCE'!E4</i>
UTILIDAD NETA	=	<i>+'RESUMEN Y BALANCE'23!F24</i>
CONTRIBUCION A LA GANACIA	=	<i>1-C5/C4</i>
PUNTO DE EQUILIBRIO	=	<i>+C6/C8</i>
PUNTO DE EQUILIBRIO EN UNIDA.	=	<i>+C9/'PRIMER AÑO'!H57</i>

Fuente: Elaboración propia

En la tercera columna de la Tabla 23 se muestran cómo se ingresaron los datos en hoja electrónica para obtener los resultados de los indicadores financieros en las celdas respectivas por año cada año.

Gráfica 1: Punto de equilibrio



Fuente: Elaboración propia

El punto de equilibrio muestra donde se equilibran los ingresos y egresos; y el productor no tiene pérdidas ni ganancias. En el primer año el punto de equilibrio en unidades monetarias fue de Q. 30, 773,759.24; que son la cantidad en quetzales que se tiene que vender para no perder ni ganar. En el quinto año se reducen la cantidad de unidades monetarias a invertir a Q. 28, 541,561.44; punto donde no se gana ni pierde.

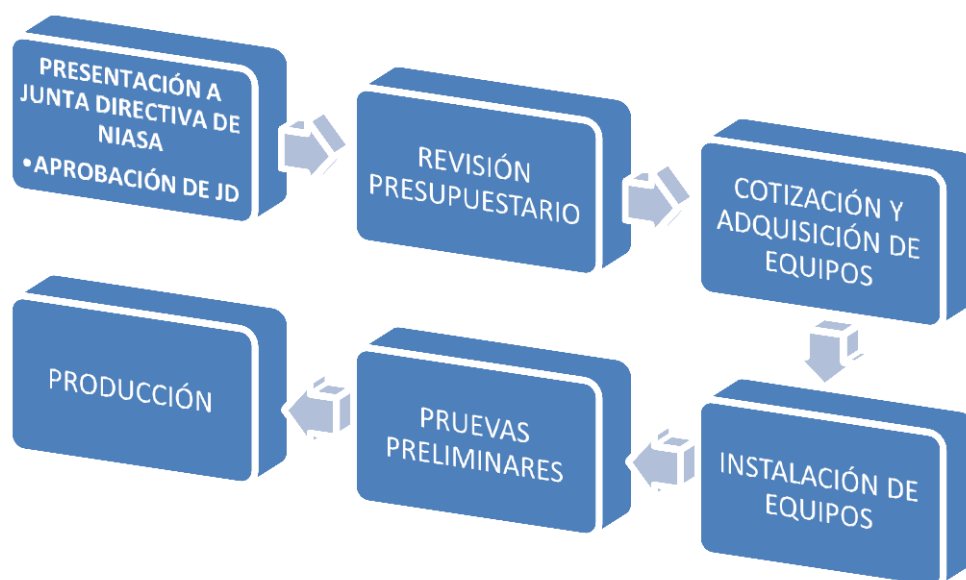
El punto de equilibrio en unidades producidas, en el primer año, se tienen que producir 328,920 unidades para no perder ni ganar. Esto se debe a la inversión inicial. En el quinto año tiene que producir únicamente 299,207 unidades, equivalentes a Q. 28, 541,561.44. Esto por contar que la inversión inicial de costo de instalación, se reduce durante el segundo año.

El punto de equilibrio en los cinco años se puede percibir desde el segundo año, donde se estabiliza la producción y se considera un porcentaje de contribución a la ganancia del 87.26%.

D. Ejecución del proyecto

Se presenta a la Gerencia, lo evalúan los técnicos de la empresa y lo elevan a consideración de la Junta Directiva para su aprobación. Se efectúan los ajustes presupuestarios para la asignación de capital de inversión. Se cotizan y adquieren los equipos recomendados para la instalación de las tres líneas de producción. Las nuevas líneas de producción se pruebas preliminares de producción. Si los equipos se encuentran en el mercado local, el inicio de la producción comercial se inicia 45 días de la adquisición de los equipos.

Gráfica 2: Fases de ejecución del proyecto



Fuente: Elaboración propia

VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este trabajo de investigación descriptiva se diseñaron tres líneas eficientes de producción para la fabricación de dulce duro y dulce paleta, analizando y adaptando una línea de producción para un proceso de escala industrial, desarrollando productos nuevos para la industria, cumpliendo con normas técnicas y de manteniendo en óptimas condiciones de operación a un costo de inversión bajo y de rentabilidad comprobada.

Para iniciar dicho trabajo se sustentó en la información obtenida, realizando un análisis de una línea de producción industrial de caramelo en operación, específicamente en la Industria Procesadora de Guatemala, S. A; NIASA y en la que se tienen resultados aceptables tanto productivos como cualitativos. Con los datos recabados, se diseñó el diagrama de flujo del proceso con las características principales de cada equipo, tomando en cuenta los balances de masa y energía, entradas y salidas del sistema y su operación; ejemplificados en la Tabla 9 e Plano 1, con el objetivo de evaluar, seleccionar y dimensionar los equipos de producción. La selección del equipo, se tomaron en cuenta las características principales, tomando como puntos primordiales, capacidades de producción, materiales de diseño, uso y dimensiones espaciales. Contando con esta información, se procedió a diseñar un layout con el mejor aprovechamiento espacial para su ubicación de los componentes de la línea de producción, tomando en cuenta todos los detalles que pudieran influir en la productividad de los equipos, para poder contar con una línea de producción continua y ordenada, en vista hacia la bodega de producto terminado; donde es resguardado el producto hasta ser enviado a los puntos de distribución, esto último, tema totalmente ajeno a el trabajo de investigación.

Dentro de los detalles que se tomaron en cuenta, pero que son obviados no por importancia, si no por descuido, podemos recalcar los espacios de pasillo para el tránsito de personal y en algunos casos el paso de producto en carretas o en tarimas. Estos espacios que de alguna forma llegan a influir en los mantenimientos de cualquier índole a las máquinas, ya sea por acceso fácil y rápido a los diferentes componentes o por la seguridad y comodidad de trabajo para realizar cualquier reparación. La limpieza de la maquinaria es muy importante y el acceso hacia cualquier punto de ella no se puede menospreciar. Y por último, no la menos importante, es por contar con rutas de evacuación en emergencia. Todo esto es fácil de observar en el layout desarrollado en planta.

Contando con la selección de equipo adecuado para la producción de dulce, conociendo el funcionamiento de los mecanismo de cada una de ellas, fue posible realizar un plan de mantenimiento preventivo que facilita la disponibilidad de maquina al departamento de producción en el momento que esto lo requiera. El objetivo de un mantenimiento preventivo periódico y adecuado alarga el tiempo de vida útil de los equipos. Este plan de

mantenimiento se diseñó en forma de rutinas, con una frecuencia establecida, tomando en cuenta factores como: experiencia y tiempo de vida para los componentes de cada mecanismo, así como recomendaciones de los fabricantes de las máquinas y repuestos proporcionada en los manuales. Estas rutinas de mantenimiento deben de cubrir todas las partes mecánicas, neumáticas, eléctricas y de control; con un orden establecido de inspección, limpieza y por último cambio de piezas. Acompañado al plan de mantenimiento debe existir un stock de repuestos completo, para ejecución de las rutinas y si el caso amerita, el cambio de algún componente en marcha con la producción. Este stock de repuestos debe cubrir desde necesidades básicas de la máquina como lo puede ser una faja, un lubricante o un cojinete; hasta algún repuesto que no se distribuya en el mercado nacional y que toma algún tiempo poder contar con él debido a tramites y tiempo de cotización, autorización de compra y envío desde el país de origen hasta las instalaciones de la planta. El contar con un plan de mantenimiento, no evita que haya paros en producción por problemas emergentes en las máquinas, sin embargo se minimizan los tiempos muertos que representan costos productivos y que disminuyan la eficiencia de planta.

Para la instalación del sistema de distribución de cargas para los equipos que componen las líneas de producción, la selección de calibres de cables y conductores, está estrictamente basado en ecuaciones de diseño y tablas para la instalación de distribuciones eléctricas e hidráulicas. Para este caso se toman factores de importantes como lo son la caída de tensión ocasionada por la distancia y el consumo de potencia de cada equipo. Inmediato a esto se toman factores de seguridad y de diseño, para cubrir cualquier contrariedad que pueda ocurrir, como por ejemplo un corto circuito, que en la industria se puede conocer como un aterrizaje de una línea viva.

La variable que influye por encima de las otras, en la selección de calibres para cables, es la potencia que requiere el equipo basada en las necesidades de las características de los motores y de cualquier otro componente, como lo pueden ser las resistencias eléctricas. Esta potencia se ve reflejada en la corriente que requiere el componente para realizar su función de trabajo. Para componentes con una potencia elevada se necesitan calibres con diámetro mayor, que los que solo requieren una cantidad pequeña de potencia. El calibre de los cables, se considera en cuenta regresiva, donde los calibres con la magnitud más grandes son los que y poseen una menor capacidad de transporte al tener un diámetro menor; caso contrario a los calibres con las magnitudes más pequeñas, los cuales por tener un diámetro más grande son capaces de transportar mejor a través de su sección transversal.

En la selección de la tubería conduit está predeterminada por la cantidad de cables que serán resguardados en su interior. Mientras más cables y con mayor diámetro de sección transversal, se requiere tubería con una mayor área interna. En este caso las variables

determinantes que influyen en la selección, es el calibre de cable y la cantidad de cables. Esto está limitado por razones de calentamiento y ventilación para los cables que transportar la corriente, así como por espacio interno del tubo.

Para la selección de tubería capaz de transportar el vapor que se requiere para el calentamiento de los dispositivos, se toma como variable determinante el flujo de vapor para elevar la temperatura del producto hasta la cantidad necesaria para cumplir con los procedimientos de producción. Para esto, es importante conocer las características del vapor seco que se transporta y del producto que se quiere calentar y tomar en cuenta que un mal cálculo en el diámetro de la tubería, puede incurrir en costo, ya que se necesita una mayor cantidad de combustible para elevar la temperatura, al no contar en la condensación del vapor.

Para utilizar un cuarto de refrigeración, es necesario calcular con qué capacidad de equipo es posible extraer la cantidad de calor que se genera en el interior del cuarto por cualquier forma, para esto se suman todas las partes que puedan generalos y se calcula. Existen diferentes métodos para calcular la carga térmica, pero el utilizado dentro de este análisis es uno de los más comunes, en donde se consideran cuatro fuentes generadoras de calor.

La primera es la pérdida en paredes, techo, piso y cantidad de puertas que causan diferencias de temperatura. En los cuartos de refrigeración, el espesor del aislamiento requerido a temperatura bajas, normalmente es mayor que a temperaturas elevadas, ya que es más costoso eliminar el calor que se filtra hacia el sistema a baja temperatura que al reemplazar el calor que se pierde en el exterior a temperatura mayores, que el interior o elevadas y que se filtran hacia el cuarto de refrigeración, como se demuestra en el ciclo de Carnot. Dentro de este punto se toma en cuenta un problema recurrente para los equipos de refrigeración y es la posible condensación de humedad en el aislamiento para bajas temperaturas, cuando esto ocurre, se incrementa de manera significativa la conductividad del aislamiento ocasionando deficiencias en el equipo. Este problema se evita mediante una barrera de vapor que elimine la condensación. En el cálculo obtenido para la pérdida en las paredes, se obtuvo un valor elevado debido a la extensa superficie que se necesita para cumplir con las condiciones mínimas de trabajo en la fabricación de caramelos.

La segunda pérdida, es el cambio de aire ocasionado por cargas superiores o una mala ventilación de aire, esta pérdida de cambio de aire, puede ser cambio controlado como aire de ventilación regulado o carga adicional introducida sin control, esta carga se refiere al aire caliente que entra en el cuarto cuando las puertas han sido abiertas y que deberá ser enfriado a la temperatura del espacio refrigerado. Además éstas pueden ser infiltraciones a través de las uniones de las paredes o rajaduras en el aislamiento. Los requerimientos de refrigeración para enfriar el aire que entra, depende básicamente de temperatura y

humedad en el exterior e interior y consiste del calor sensible mientras se enfría el aire y el calor latente de vaporización de la humedad, que es condensado del aire cuando es enfriado, esto fue calculado con una humedad relativa del 50%, característica importante para la fabricación del dulce.

El tercer punto, es la carga del producto, se refiere al producto que se coloca en el cuarto a una temperatura mayor que la de congelación, la cual perderá calor hasta que alcance la temperatura del cuarto congelado. La cantidad de calor que es removido, puede ser calculado por el grado de cocimiento del producto, incluyendo su estado en la entrada al cuarto y estado final, que se mide, además del calor específico antes y después del congelamiento y su calor latente.

El cuarto, son las fuentes varias, esto incluye las diferentes fuentes de calor que incluyen el calor agregado a través del alumbrado, motores, maquinaria y, en raras ocasiones, paso de personas, etc. Para esto se tomó como variable independiente que cada Watts representa 3.42 BTUH. Todos estos elementos son calculados como fuentes por separado y luego realizar un cálculo completo de los resultados para obtener la carga total y transformarla a los requerimientos de capacidades de refrigeración que se necesita del equipo a instalar.

El último punto del análisis y el más impórtate para considerar la rentabilidad de la instalación de las tres líneas de producción es el análisis económico. Los costos directos en los primeros años fueron elevados debido a la inversión inicial, específicamente en gastos de instalación y lo que este produjo como pérdida hasta sobrepasar el punto de equilibrio. En el primer año asciende a Q. 26, 931,409.89, disminuyendo en los años subsiguientes. Los costos directos hacen un total de Q. 125, 506,046.51 en los cinco años y representan el 76.91% de la inversión total durante los cinco años de análisis, de los cuales el 87.06% lo consume la materia prima y el 6.75% los gastos por consumo eléctrico. Los costos indirectos hacen un total de Q. 37, 676,292.39 durante los cinco años y representan el 23.09% de la inversión total en los cinco años, de los cuales el 66.62% lo representan los imprevistos y el 33.31 los gastos administrativos.

Los ingresos por ventas en los cinco años representan un 98.04%, con un monto de Q. 147, 747,006.00 y el producto de venta ajeno a producción como lo son toneles, sacos y madera, es 1.96% con un monto de Q. 2, 954,940.12, para un total de ingresos de Q. 150, 701,946.12. El índice en el balance, en el primer caso refleja una utilidad neta de Q 188, 378,238.51 en los cincos años.

La rentabilidad del proyecto se determinó contando con la información básica de los costos de producción por área utilizando diferentes técnicas de evaluación financiera tales

como costo y registros de producción actualizadas para la inversión en la producción a nivel comercial.

El punto de equilibrio muestra dónde se equilibran los ingresos y egresos; y el productor no tiene pérdidas ni ganancias. En el primer año el punto de equilibrio en unidades monetarias fue de Q. 30, 773,759.24; que son la cantidad en quetzales que se tiene que vender para no perder ni ganar. En el quinto año se reducen la cantidad de unidades monetarias a producir a Q. 28, 541,561.44; punto donde no se gana ni pierde.

El punto de equilibrio en unidades producidas, en el primer año, se tienen que producir 328,920 unidades para no perder ni ganar. Esto se debe a la inversión inicial. En el quinto año tiene que producir únicamente 299,207 unidades, equivalentes a Q. 28, 541,561.44. Esto por contar que la inversión inicial de costo de instalación, se reduce durante el segundo año.

El punto de equilibrio en los cinco años se puede percibir desde el segundo año, donde se estabiliza la producción y se considera un porcentaje de contribución a la ganancia del 87.26%.

El Valor Anual Neto o Valor Presente neto para la producción de las tres líneas de producción calculado a una tasa del 10% de interés, considerada por encima de la que cualquier banco del sistema proporciona en una cuenta de ahorros. Al emplear el VPN o VAN, tanto las entradas como los desembolsos se miden en términos de dinero actual, puesto que se está tratando con inversiones convencionales, la inversión inicial se establece automáticamente en términos de unidades monetarias actuales. El criterio de decisión, cuando se utiliza el VPN para tomar decisiones de aceptación-rechazo, se tomó como sigue: si el VPN es mayor que Q. 0.00, se acepta el proyecto; si el VPN en caso contrario es menor que Q. 0.00, rechazamos el proyecto. Al ser VPN mayor que cero la empresa percibirá un rendimiento mayor que su costo de capital, dicha acción debe incrementar el valor de mercado de la empresa, y por lo tanto, la inversión de sus propietarios. Por eso con una VPN registrado en Q. 2,619,775.41 se puede considerar como un criterio financiero para aceptar el proyecto.

La Tasa Interna de Retorno (TIR) de Excel fue 34.32%, calculada en forma directa en Excel de Microsoft Windows. En este caso nos devolvió la Tasa Interna de Retorno de la inversión representada por los números del argumento valores del programa. Los resultados del cálculo de la TIR equivalieron a tasa de interés producida por cada uno de los manejos inversión con pagos e ingresos que ocurrieron en los cinco años. Y dar un resultado positivo arriba del 8%, considerado por el porcentaje que cualquier banco del sistema pueda proporcionar para una cuenta de ahorros.

IX. CONCLUSIONES

El análisis económico del proyecto mostró que la Tasa Interna de Retorno es del 34.32% y el cálculo del Valor Actual Neto es de Q.2, 169,775.41 calculado a una tasa del 10% que es mayor a la tasa de interés bancario y demuestra que el proyecto es rentable a la tasa propuesta, tomando los análisis de costos, inversión e ingresos generados en los primeros diez años de operación.

El cálculo de ingresos y egresos anuales, el periodo de recuperación de la inversión es de un año con tres meses y los cuatro años siguientes se obtendrán utilidades variables, esta rentabilidad se demuestra a través del tiempo de recuperación en el balance y la Tasa Interna de Retorno, la cual se refleja en forma positiva debido al margen de ventas y costos.

En el primer año, se tiene un costo total de venta de Q. 93.56; Cada caja de producto conteniendo 12 bolsas con 50 dulces cada una, refleja un costo unitario de Q. 0.01559 por dulce producido.

Los equipos recomendados para alcanzar los resultados financieros obtenidos en el desarrollo del estudio, son: Túnel dosificador de glucosa, elevador de cangilones, disolvedora, cocedora, amasadora, mesas de enfriamiento, bastoneador, egalizador, troquel, túnel de enfriamiento y empacadora.

X. RECOMENDACIONES

Realizar prácticas de mercadeo de la Industria Procesadora de Guatemala, S.A, que incluyan proyección publicitaria agresiva en el lanzamiento del producto al mercado, compitiendo con las marcas que cuentan con posiciones de mercado competitivo.

Actualizar rutinas de mantenimiento preventivo, que disminuyan el tiempo muerto de producción ocasionado por paros de mantenimiento emergentes en la línea de producción.

Por medio del Departamento de Logística de la Industria Procesadora de Guatemala, S.A, establecer y mantener contacto periódico con los proveedores de nuevas materias primas y materiales de empaque que surjan en el mercado, buscando la disminución de costos, ya que este representa el rubro más alto de la cadena de producción.

XI. FUENTES DE CONSULTA

1. Belitz, Hans-Dieter. 1988. *Química de Alimentos*. España, Zaragoza: Ed. Acribia. 483 pp.
2. Blank, Leland; Tarquin Anthony. 1987. *Ingeniería Económica*. Colombia, Ed: McGraw Hill. 832 pp.
3. Bosch, Robert, *Manual de Operación*, Equipo Niasa. pp 10.
4. Hamac-Hansella. 2000, *Manual de Operación*, Equipo Niasa. Guatemala. pp 8.
5. Hamac-Holler, *Manual de Operación*, Equipo Niasa. pp 6.
6. Cleaver Brook, *Manual de Operaciones*, Equipo Niasa. pp 5.
7. Elwood, S. 1982. *Administración y Dirección Técnica de la Producción*. México, D.F. Editorial Limusa., Cuarta Edición, 671 p.
8. Evans, James; Lindsay, Williams. 2005. *Administración y Control de Calidad*. México. Ed. Thompson, Sexta Edición.350 p.
9. <http://www.exploratorium.edu/cooking/candy/sugar-satges.html>.
10. <http://www.guiamiquelin.com/tecnicas/almibares.html>.
11. <http://www.csgastronomia.edu.mx/profesores/alimentos/prefabricados/cpnservacioneaz.htm>.
12. <http://www.textoscientificos.com/quimica/cristales.htm>.
13. <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-217-1975.pdf.htm>.
14. <http://www.niasa.com/index.php?id=2.htm>.
15. http://www.books.google.com.gt/books?id=kxe4_AZrAtU&dq=calculo+de+conductoresv=onepage&q=calculo%20de%conductores&f=false.htm.
16. <http://www.industrialtijuana.com/pdf/C-4.pdf>.
17. <http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica2.htm>.
18. http://www.babcok-wanson.es/hi/calderas_pirotubulares.htm.
19. <http://www.todochiller.com.arg/Teoria.htm>.
20. Masipack, *Manual de Operación*, Equipo Niasa. pp 11
21. Milo, L. 1976. *Legislación Alimentaria Española*. Madrid, España: Ed. Revista de Derecho Privado. 102 p.
22. Niebel, Benjamin; Freivalds, Andris. *Ingeniería Industrial, Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo*. México, D.F. 185 p.
23. Paniagua, L., Luis. 2006. *Modelización del mejor ajuste de isoterma de sorción, para la miel y caramelo duro, elaborado en Industria Procesadora de Guatemala, S.A. (NIASA)*. Tesis Universidad del Valle. Guatemala: Facultad de Ingeniería. 89 p.
24. Rockland, Louis; Beuchat Larry R. 1987. *Theory and Applications to Food*. New York. Ed. Marcel Dekker, 424 pp.

25. Stechina, D.; Lesa, C.; Maffioly, R. y Visciglio, S. 1998. *Influencia de las Variables de Proceso sobre el Grado de Inversión de Azúcares y Formación de H.M.F. de Caramelos duros de Fruta Cítrica. III Jornadas de Investigación de la Universidad Nacional de Cuyo.* Chile: Editorial Universitaria Nacional. 237 p.
26. Tec Maq, *Manual de Operación*, Equipo Niasa. pp 3.
27. Urbina, Baca: Bergara Leonardo., 1992. *Evaluación de Proyectos.* México. Ed. Macraw Hill. Ed. 3ª.Edicion. 392 pp.
28. (<http://www.todochiller.com.ar/Teoria.html>)

XII. ANEXOS

Tablas de costos tabuladas en Excel

Materia prima:

		Mezcla dulce	Merma	Peso mat. Prima	Costo x peso	Costo x caja	Costo Total Q.
		%	%	xcaja(kg/caja)	(Q/kg)	(Q/caja)	
MATERIA PRIMA DULCE	AZUCAR	60%	2%	11,02	1,13	12,45	
	GLUCOSA	30%	2%	5,51	0,74	4,08	
	AGUA	9,75%	2%	1,79	0,43	0,77	
	COLORANTE	0,15%	2%	0,03	7,32	0,20	
	SABORIZANTE	0,10%	2%	0,02	9,43	0,17	
		100%		18,36	19,05	17,67	17,67
MATERIAL DE EMPAQUE	PAPEL DULCE		10%	0,775	5,41	4,19	
	BOBINA BOLSA		5%	0,220	6,94	1,53	
	CAJA(UNIDAD)		2%	1,020	1,55	1,58	
	TAPE TRANSPARENTE		2%	0,003	2,46	0,01	
				2,02	16,36	7,31	7,31
MATERIAL DE EMPAQUE PALETA	PAPEL DULCE		10%	0,775	5,41	4,19	
	BOBINA BOLSA		5%	0,220	6,94	1,53	
	CAJA(UNIDAD)		2%	1,020	1,55	1,58	
	TAPE TRANSPARENTE		2%	0,003	1,34	0,00	
	PALILLO		2%	0,005	0,63	0,00	
					15,87	7,30	7,30

INDUSTRIA PROCESADORA DE GUATEMALA, S.A.
DEPARTAMENTO DE
MANTENIMIENTO
POTENCIAS DE
MAQUINARIA

Proyecto Ampliación	Equipo	Horas Trabajadas	Potencia (Kw)	Flujo eléctrico (Kw/h) Q	Costo Eléctrico Q
Triturado					
1	Trituradora	1584	3,73	5908,32	7.680,82
		1584	3,73	5.908,32	7.680,82
Línea de Cocedora y amasado					
1	Cocedora Continua #3	3696	19,40	71702,40	93.213,12
1	Disolvedora	3696	1,49	5507,04	7.159,15
3	Mezclador Rufinatti 1	3696	33,54	123963,84	161.152,99
9	Mesas		0,00		
		11088	54,43	201.173,28	261.525,26
Línea Kastins					
1	Bastonera	3696	3,73	13786,08	17.921,90
1	Egalizador	3696	2,92	10792,32	14.030,02
1	Troquelador	3696	11,55	42688,80	5.495,44
1	Túnel Enfriamiento	3696	6,34	23432,64	30.462,43
1	Selladora Doboy	3696	2,05	7576,80	9.849,84
1	Detector de metales	3696	0,75	2772,00	3.603,60
1	Selladora de cajas	3696	0,22	813,12	1.057,06
		25872	27,56	101.861,76	132.420,29

**CONTINUACIÓN
TABLA
POTENCIA DE
MAQUINARIA**

Línea Paleta SB					
1	Bastonera	3696	3,73	13786,08	17.921,90
1	Troquelador	3696	5,60	20697,60	26.906,88
1	Túnel de enfriamiento	3696	5,22	19293,12	25.081,06
1	Detector de metales	3696	0,37	1367,52	1.777,78
1	Selladora de cajas	3696	0,22	813,12	1.057,06
Línea Dulce Duro (Cristal)					
	Bastonera	3696	2,24	8279,04	10.762,25
1	Egalizador	3696	2,92	10792,32	14.030,02
1	Troquelador	3696	5,22	19293,12	25.081,06
1	Túnel Enfriamiento	3696	4,10	15153,60	19.699,68
2	Empacadora Tecmaq 1	7392	14,84	109697,28	142.606,46
1	Empacadora Tecmaq 6	3696	6,31	23321,76	30.318,29
1	Transportador 1	3696	0,56	2069,76	2.690,69
1	Transportador 2	3696	0,75	2772,00	3.603,60
Área de Servicios 1					
1	Unidad de A/C 20Tons	3696	17,90	66158,40	86.005,92
Iluminación					
6	Área de reciclado, cocedora y troquelado	22176	2,70	59875,20	77.837,76
12	Cuarto frio	44352	9,00	399168,00	518.918,40
8	Área de empaque	29568	6,00	177408,00	230.630,40
4	Área de servicios 2	14784	3,00	44352,00	57.657,60
		204864,00	176,40	1303241,28	1.694.213,66

Potencia de maquinaria

INDUSTRIA PROCESADORA DE GUATEMALA, S.A.
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO
POTENCIAS DE MAQUINARIA

Proyecto Ampliación	Equipo	Horas Trabajadas	VAPOR (gal/h)	VOLUMEN (gal)	Costo Q
Triturado					
1	Trituradora	1584			-
		1584	0,00		-
Línea de Cocedora y amasado					
1	Cocedora Continua #3	3696	0,60	2217,60	44.352,00
1	Disolvedora	3696	1,70	6283,20	125.664,00
3	Mezclador Rufinatti 1	3696			-
9	Mesas				
Línea Kastins					
1	Bastonera	3696			-
1	Egalizador	3696			-
1	Troquelador	3696			-
1	Túnel Enfriamiento	3696			-
1	Selladora Doboy	3696			-
1	Detector de metales	3696			-
1	Selladora de cajas	3696			-
Línea Paleta SB					
1	Bastonera	3696			-
1	Troquelador	3696			-
1	túnel de enfriamiento	3696			-
1	Detector de metales	3696			-
1	Selladora de cajas	3696			-
		18480	0,00		-

**CONTINUACIÓN
POTENCIA DE
MAQUINARIA**

Línea Dulce Duro (Cristal)					
1	Bastonera	3696			-
1	Egalizador	3696			-
1	Troquelador	3696			-
1	Túnel Enfriamiento	3696			-
2	Empacadora Tecmaq 1	7392			-
1	Empacadora Tecmaq 6	3696			-
1	Transportador 1	3696			-
1	Transportador 2	3696			-
		33264	0,00		-
Área de Servicios 1					
1	Unidad de A/C 20Tons	3696	1,50	5544,00	110.880,00
		3696	1,50		110.880,00
Iluminación					
6	Área de reciclado, cocedora y troquelado	22176			-
12	Cuarto frio	44352			-
8	Área de empaque	29568			-
4	Área de servicios 2	14784			-
		110880	0,00	0,00	-
		204864,00	3,80	0,00	280.896,00

Mano de obra.

Proyecto	Equipo	No.	SUELDO	SUELDO	SUELDO	IGSS	BONO	AGUINALDO	TOTAL
Ampliación		OP.	X OP.	/MES	ANUAL	X OP.	ANUAL	ANUAL	
Triturado									
	Trituradora	1	2.250,56	2.250,56	27.006,72	87,42	2.250,56	2.250,56	
		1	2.250,56	2.250,56	27.006,72	87,42	2.250,56	2.250,56	31.507,84
Línea de Cocedora y amasado									
	Cocedora Continua #3								
	Disolvedora Mezclador Ruffinatti 1	1	2.617,98	2.617,98	31.415,76	87,42	2.617,98	2.617,98	
		3	2.617,98	7.853,94	94.247,28	87,42	7.853,94	7.853,94	
		4	5.235,96	10.471,92	125.663,04	174,85	10471,92	10.471,92	146.606,88
Línea Kastins									
	Bastonera								
	Egalizador								
	Troquelador	1	2.617,98	2.617,98	31.415,76	87,42	2.617,98	2.617,98	
	Túnel Enfriamiento	1	1.905,00	1.905,00	22.860,00	87,42	1.905,00	1.905,00	
	Selladora Doboy	3	1.905,00	5.715,00	68.580,00	87,42	5.715,00	5.715,00	
	Detector de metales								
	Selladora de cajas								
		5	6.427,98	10.237,98	122.855,76	262,27	10237,98	10.237,98	143.331,72
Línea Paleta SB									
	Bastonera								
	Troquelador túnel de enfriamiento	1	2.617,98	2.617,98	31.415,76	87,42	2.617,98	2.617,98	
	Detector de metales	1	1.905,00	1.905,00	22.860,00	87,42	1.905,00	1.905,00	
	Selladora de cajas	3	1.905,00	5.715,00	68.580,00	87,42	5.715,00	5.715,00	
		5	6.427,98	10.237,98	122.855,76	262,27	10237,98	10.237,98	143.331,72
Línea Dulce Duro (Cristal)									
	Bastonera								
	Egalizador								
	Troquelador	1	2.617,98	2.617,98	31.415,76	87,42	2.617,98	2.617,98	
	Túnel Enfriamiento	1	1.905,00	1.905,00	22.860,00	87,42	1.905,00	1.905,00	
	Empacadora Tecmaq 1	2	2.617,98	5.235,96	62.831,52	87,42	5.235,96	5.235,96	
	Empacadora Tecmaq 6	1	2.617,98	2.617,98	31.415,76	87,42	2.617,98	2.617,98	
	Transportador 1	1	1.905,00	1.905,00	22.860,00	87,42	1.905,00	1.905,00	
		6	11.663,94	14.281,92	171.383,04	437,12	14281,92	14.281,92	199.946,88
TOTALES		21,00	32006,42	47480,36	569764,32	1223,92	47480,36	47480,36	664.725,04

Potencia de maquinaria

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	INDUSTRIA PROCESADORA DE GUATEMALA, S.A.													
2	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO													
3	POTENCIAS DE MAQUINARIA													
4														
5	Proyecto	Equipo	Costo unitario 2009	Costo de equipo 2009	Costo electrica	Costo mano de obra elec.	Costo vapor	Costo mano de obra vapor.	Costo agua	Costo mano de obra agua	Costo Aire comprimido	Costo mano obra a. com.	Costo Instrumentacion	Costo Total
6	Ampliacion													
7	Triturado													
8	1	Trituradora	Q 6.820,00	Q 6.820,00	Q 4.674,51	Q 1.964,60	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q 13.453,11
9			Q 6.820,00	Q 6.820,00	Q 4.674,51	Q 1.964,60	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -
10	Linea de Coecedora y amasado													
11	1	Coecedora Continua #3	Q 160.000,00	Q 160.000,00	Q 6.047,65	Q 1.963,13	Q 4.698,40	Q 1.698,00	Q 3.469,46	Q 1.364,40	Q -	Q -	Q 1.364,32	
12	1	Disolvedora	Q 41.600,00	Q 41.600,00	Q 5.280,99	Q 1.864,65	Q 4.369,13	Q 1.495,54	Q 3.169,96	Q 1.864,65	Q -	Q -	Q 1.649,40	
13	3	Mezclador Rulimatti 1	Q 8.600,00	Q 25.800,00	Q 16.198,97	Q 5.847,00	Q -	Q -	Q 11.198,97	Q 5.847,00	Q -	Q -	Q -	
14	9	Mesas	Q 2.890,00	Q 25.650,00	Q -	Q -	Q -	Q -	Q 28.481,04	Q 10.481,04	Q -	Q -	Q -	
15			Q 213.090,00	Q 253.050,00	Q 27.467,61	Q 9.674,78	Q 9.067,53	Q 3.194,54	Q 46.259,43	Q 19.557,09	Q -	Q -	Q 3.013,72	Q 371.284,70
16	Linea Kastins													
17	1	Bastonera	Q 78.050,00	Q 78.050,00	Q 6.695,60	Q 2.694,36	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q 1.436,50	
18	1	Egalizador	Q 3.598,00	Q 3.598,00	Q 6.946,34	Q 2.968,34	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q 1.395,56	
19	1	Troquelador	Q 108.000,00	Q 108.000,00	Q 5.649,34	Q 2.369,30	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	
20	1	Túnel Enfriamiento	Q 42.650,00	Q 42.650,00	Q 5.144,56	Q 2.933,12	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	
21	1	Selladora Dobby	Q 8.685,00	Q 8.685,00	Q 3.690,50	Q 1.963,34	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	
22	1	Detector de metales	Q 35.860,00	Q 35.860,00	Q 3.949,87	Q 1.635,00	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	
23	1	Selladora de cajas	Q 4.650,00	Q 4.650,00	Q 3.498,20	Q 1.645,00	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	
24			Q 281.493,00	Q 281.493,00	Q 34.982,41	Q 16.208,46	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q 2.822,06	Q 335.515,93
25	Linea Paleta SB													
26	1	Bastonera	Q 78.050,00	Q 78.050,00	Q 5.197,69	Q 2.694,36	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q 1.436,50	
27	1	Troquelador	Q 108.000,00	Q 108.000,00	Q 5.497,68	Q 2.968,34	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q 1.395,56	
28	1	Túnel de enfriamiento	Q 45.000,00	Q 45.000,00	Q 5.144,56	Q 2.369,30	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	
29	1	Detector de metales	Q 35.860,00	Q 35.860,00	Q 5.387,36	Q 1.635,40	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	
30	1	Selladora de cajas	Q 4.650,00	Q 4.650,00	Q 5.697,60	Q 1.596,40	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	
31			Q 271.580,00	Q 271.580,00	Q 27.524,89	Q 11.265,80	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -	Q 2.822,06	Q 313.182,75

COSTOS PRIMER AÑO

Costo de producción para el primer año

			Actividad	Cantidad	Frecuencia		Costo Q.	Sub-total Q.	Total Q.
1									
	1,1	Mano de obra							651666,60
		1.1.1	Línea de cocción y amasado	4	12	meses	2617,98	125663,04	
		1.1.2	Línea kastins						
			Troquelado	1	12	meses	2617,98	31415,76	
			Túnel enfriamiento	1	12	meses	1905,00	22860,00	
			Recibidores	3	12	meses	1905,00	68580,00	
		1.1.3	Línea paleta SD						
			Troquelado	1	12	meses	2617,98	31415,76	
			Túnel enfriamiento	1	12	meses	1905,00	22860,00	
			Recibidores	3	12	meses	1905,00	68580,00	
		1.1.4	Línea cristal						
			Troquelado	1	12	meses	2617,98	31415,76	
			Túnel enfriamiento	1	12	meses	1905,00	22860,00	
			Empacadora 1	1	12	meses	2617,98	31415,76	
			Empacadora 2	1	12	meses	2617,98	31415,76	
			Empacadora 6	1	12	meses	2617,98	31415,76	
			Transportador 1	1	12	meses	1905,00	22860,00	
		1.1.5	Mecánico	2	12	meses	3025,25	72606,00	
			Eléctrico	1	12	meses	3025,25	36303,00	
	1,2	Insumos y equipo							
		1.2.1	Materia prima						21950476,42
			Azúcar	13685760	Kilogramos		1,13	15464908,80	
			Glucosa	6842880	Kilogramos		0,74	5063731,20	
			Agua	2223936,0	Kilogramos		0,43	956292,48	
			Colorante	34214,4	Kilogramos		7,32	250449,41	
			Saborizante	22809,6	Kilogramos		9,43	215094,53	
		1.2.2	Material de empaque						532416,29
			Papel dulce	4960	Kilogramos		5,41	26833,60	
			Bobina bolsa	1459	Kilogramos		6,94	10125,46	
			Caja	316800	Unidad		1,55	490723,20	
			Tape	1246	Kilogramos		2,46	3065,16	
			Palillo	2649	Kilogramos		0,63	1668,87	
		1.2.3	Mantenimiento						39224,21
			Preventivo					25987,02	
			Correctivo					7544,85	
			Emergente					5692,34	

Continuación
primer año

		1.2.4	Energía eléctrica					1694213,66
		1.2.5	Vapor					280896,00
	TOTAL COSTOS DIRECTOS							25148893,18
2	COSTO INDIRECTO							
	2,1	Gastos de Administración		5	%			1257444,66
	2,2	Imprevistos		10	%			2514889,32
	2,3	IGSS		2			1223,92	2447,84
	TOTAL COSTOS INDIRECTOS							3774781,82
	COSTOS DIRECTOS + INDIRECTOS							28923675,00
	Ingresos de producción para el primer año							
			Actividad	Cantidad	Frecuencia	Costo Q.	Sub-total Q.	Total Q.
3	INGRESOS							
	3,1	Producción		316800	Unidad	93,56	29639808,00	
	3,2	VARIOS		2	%		592796,16	
	INGRESO TOTAL							30232604,16
4	BALANCE							
	4,1	Ingresos-(CD+CI)						1308929,16

COSTOS SEGUNDO AÑO

Costo de producción para el segundo año

			Actividad	Cantidad	Frecuencia		Costo	Sub-total	Total
1	COSTO DIRECTOS								
	1,1	Mano de obra							651666,60
		1.1.1	Línea de cocción y amasado	4	12	meses	2617,98	125663,04	
		1.1.2	Línea kastins						
			Troquelado	1	12	meses	2617,98	31415,76	
			Túnel enfriamiento	1	12	meses	1905,00	22860,00	
			Recibidores	3	12	meses	1905,00	68580,00	
		1.1.3	Línea paleta SD						
			Troquelado	1	12	meses	2617,98	31415,76	
			túnel enfriamiento	1	12	meses	1905,00	22860,00	
			Recibidores	3	12	meses	1905,00	68580,00	
		1.1.4	Línea cristal						
			Troquelado	1	12	meses	2617,98	31415,76	
			túnel enfriamiento	1	12	meses	1905,00	22860,00	
			Empacadora 1	1	12	meses	2617,98	31415,76	
			Empacadora 2	1	12	meses	2617,98	31415,76	
			Empacadora 6	1	12	meses	2617,98	31415,76	
			Transportador 1	1	12	meses	1905,00	22860,00	
		1.1.5	Mecánico	2	12	meses	3025,25	72606,00	
			Eléctrico	1	12	meses	3025,25	36303,00	
	1,2	Insumos y equipo							
		1.2.1	Materia prima						22384476,96
			Azúcar	13685760	Kilogramos		1,15	15774206,98	
			Glucosa	6842880	Kilogramos		0,75	5165005,82	
			Agua	2223936,0	Kilogramos		0,44	975418,33	
			Colorante	34214,4	Kilogramos		7,32	250449,41	
			Saborizante	22809,6	Kilogramos		9,62	219396,42	
		1.2.2	Material de empaque						540271,43
			Papel dulce	4960	Kilogramos		5,14	25491,92	
			Bobina bolsa	1459	Kilogramos		6,59	9619,19	
			Caja	316800	Unidad		1,58	500537,66	
			Tape	1246	Kilogramos		2,41	3003,86	
			Palillo	2649	Kilogramos		0,61	1618,80	
		1.2.3	Mantenimiento						73129,01
			Preventivo					46776,64	
			Correctivo					14335,21	

Continuación
SEGUNDO AÑO

			Emergente					12017,17	
		1.2.4	Energía eléctrica						1694213,66
		1.2.5	Vapor						280896,00
	TOTAL COSTOS DIRECTOS								25624653,66
2	COSTO INDIRECTO								
	2,1	Gastos de Administración		5	%				1281232,68
	2,2	Imprevistos		10	%				2562465,37
	2,3	IGSS		2				1223,92	2447,84
	TOTAL COSTOS INDIRECTOS								3846145,89
	COSTOS DIRECTOS + INDIRECTOS								29470799,55

	Ingresos de producción								
			Actividad	Cantidad	Frecuencia	Costo	Sub-total	Total	
3	INGRESOS								
	3,1	PRODUCCION		316800	Unidad	93,45	29603574,00		
	3,2	VARIOS		2	%		592071,48		
	INGRESO TOTAL								30195645,48
4	BALANCE								
	4,1	Ingresos-(CD+CI)							724845,93

COSTOS TERCER AÑO

Costo de producción para el tercer año

		Actividad	Cantidad	Frecuencia		Costo	Sub-total	Total
1	COSTO DIRECTOS							
	1,1	Mano de obra						651666,60
	1.1.1	Línea de cocción y amasado	4	12	meses	2617,98	125663,04	
	1.1.2	Línea kastins						
		Troquelado	1	12	meses	2617,98	31415,76	
		túnel enfriamiento	1	12	meses	1905,00	22860,00	
		Recibidores	3	12	meses	1905,00	68580,00	
	1.1.3	Línea paleta SD						
		Troquelado	1	12	meses	2617,98	31415,76	
		túnel enfriamiento	1	12	meses	1905,00	22860,00	
		Recibidores	3	12	meses	1905,00	68580,00	
	1.1.4	Línea cristal						
		Troquelado	1	12	meses	2617,98	31415,76	
		túnel enfriamiento	1	12	meses	1905,00	22860,00	
		Empacadora 1	1	12	meses	2617,98	31415,76	
		Empacadora 2	1	12	meses	2617,98	31415,76	
		Empacadora 6	1	12	meses	2617,98	31415,76	
		Transportador 1	1	12	meses	1905,00	22860,00	
	1.1.5	Mecánico	2	12	meses	3025,25	72606,00	
		Eléctrico	1	12	meses	3025,25	36303,00	
	1,2	Insumos y equipo						
	1.2.1	Materia prima						22189432,92
		Azúcar	13685760	Kilogramos		1,14	15619557,89	
		Glucosa	6842880	Kilogramos		0,75	5114368,51	
		Agua	2223936,0	Kilogramos		0,44	973027,60	
		Colorante	34214,4	Kilogramos		7,37	252327,78	
		Saborizante	22809,6	Kilogramos		10,09	230151,14	
	1.2.2	Material de empaque						535276,82
		Papel dulce	4960	Kilogramos		5,30	26296,93	
		Bobina bolsa	1459	Kilogramos		6,80	9922,95	
		Caja	316800	Unidad		1,56	494403,62	
		Tape	1246	Kilogramos		2,44	3034,51	
		Palillo	2649	Kilogramos		0,61	1618,80	
	1.2.3	Mantenimiento						92461,77
		Preventivo					51281,05	
		Correctivo					22332,74	
		Emergente					18847,98	

Continuación tercer año

		1.2.4	Energía eléctrica					1694213,66
		1.2.5	Vapor					280896,00
TOTAL COSTOS DIRECTOS								25443947,77
2	COSTO INDIRECTO							
2,1	Gastos de Administración			5	%			1272197,39
2,2	Imprevistos			10	%			2544394,78
2,3	IGSS			2			1223,92	2447,84
TOTAL COSTOS INDIRECTOS								3819040,01
COSTOS DIRECTOS + INDIRECTOS								29262987,78

	Ingresos de producción para el primer año							
		Actividad	Cantidad	Frecuencia	Costo	Sub-total	Total	
3	INGRESOS							
3,1	PRODUCCION		316800	Unidad	90,98	28821474,00		
3,2	VARIOS		2	%		576429,48		
	INGRESO TOTAL							29397903,48
4	BALANCE							
4,1	Ingresos-(CD+CI)							134915,70

COSTOS TERCER AÑO

Costo de producción para el tercer año

		Actividad	Cantidad	Frecuencia	Costo	Sub-total	Total	
1	COSTO DIRECTOS							
1,1	Mano de obra							651666,60
	1.1.1	Línea de cocción y amasado	4	12 meses	2617,98	125663,04		
	1.1.2	Línea kastins						
		Troquelado	1	12 meses	2617,98	31415,76		
		túnel enfriamiento	1	12 meses	1905,00	22860,00		
		Recibidores	3	12 meses	1905,00	68580,00		
	1.1.3	Línea paleta SD						
		Troquelado	1	12 meses	2617,98	31415,76		
		túnel enfriamiento	1	12 meses	1905,00	22860,00		
		Recibidores	3	12 meses	1905,00	68580,00		
	1.1.4	Línea cristal						
		Troquelado	1	12 meses	2617,98	31415,76		
		túnel enfriamiento	1	12 meses	1905,00	22860,00		
		Empacadora 1	1	12 meses	2617,98	31415,76		
		Empacadora 2	1	12 meses	2617,98	31415,76		
		Empacadora 6	1	12 meses	2617,98	31415,76		
		Transportador 1	1	12 meses	1905,00	22860,00		
	1.1.5	Mecánico	2	12 meses	3025,25	72606,00		
		Eléctrico	1	12 meses	3025,25	36303,00		
1,2	Insumos y equipo							
	1.2.1	Materia prima					22189432,92	
		Azúcar	13685760	Kilogramos	1,14	15619557,89		
		Glucosa	6842880	Kilogramos	0,75	5114368,51		
		Agua	2223936,0	Kilogramos	0,44	973027,60		
		Colorante	34214,4	Kilogramos	7,37	252327,78		
		Saborizante	22809,6	Kilogramos	10,09	230151,14		
	1.2.2	Material de empaque					535276,82	
		Papel dulce	4960	Kilogramos	5,30	26296,93		
		Bobina bolsa	1459	Kilogramos	6,80	9922,95		
		Caja	316800	Unidad	1,56	494403,62		
		Tape	1246	Kilogramos	2,44	3034,51		
		Palillo	2649	Kilogramos	0,61	1618,80		
	1.2.3	Mantenimiento					92461,77	
		Preventivo				51281,05		
		Correctivo				22332,74		
		Emergente				18847,98		
	1.2.4	Energía eléctrica					1694213,66	
	1.2.5	Vapor					280896,00	
	TOTAL COSTOS DIRECTOS							25443947,77

Continuación tercer año

2	COSTO INDIRECTO						
	2,1	Gastos de Administración	5	%			1272197,39
	2,2	Imprevistos	10	%			2544394,78
	2,3	IGSS	2			1223,92	2447,84
	TOTAL COSTOS INDIRECTOS						3819040,01
	COSTOS DIRECTOS + INDIRECTOS						29262987,78

BALANCE

		Actividad	Cantidad	Frecuencia	Costo	Sub-total	Total
3	INGRESOS						
	3,1	PRODUCCION	316800	Unidad	90,98	28821474,00	
	3,2	VARIOS	2	%		576429,48	
	INGRESO TOTAL						29397903,48
4	BALANCE						
	4,1	Ingresos-(CD+CI)					134915,70

COSTOS CUARTO AÑO

Costo de producción para el
cuarto año

		Actividad	Cantidad	Frecuencia		Costo	Sub-total	Total
1	COSTO DIRECTOS							
	1,1	Mano de obra						651666,60
	1.1.1	Línea de cocción y amasado	4	12	meses	2617,98	125663,04	
	1.1.2	Línea kastins						
		Troquelado	1	12	meses	2617,98	31415,76	
		túnel enfriamiento	1	12	meses	1905,00	22860,00	
		Recibidores	3	12	meses	1905,00	68580,00	
	1.1.3	Línea paleta SD						
		Troquelado	1	12	meses	2617,98	31415,76	
		túnel enfriamiento	1	12	meses	1905,00	22860,00	
		Recibidores	3	12	meses	1905,00	68580,00	
	1.1.4	Línea cristal						
		Troquelado	1	12	meses	2617,98	31415,76	
		túnel enfriamiento	1	12	meses	1905,00	22860,00	
		Empacadora 1	1	12	meses	2617,98	31415,76	
		Empacadora 2	1	12	meses	2617,98	31415,76	
		Empacadora 6	1	12	meses	2617,98	31415,76	
		Transportador 1	1	12	meses	1905,00	22860,00	
	1.1.5	Mecánico	2	12	meses	3025,25	72606,00	
		Eléctrico	1	12	meses	3025,25	36303,00	
	1,2	Insumos y equipo						
	1.2.1	Materia prima						20971925,19
		Azúcar	13685760	Kilogramos		1,07	14691663,36	
		Glucosa	6842880	Kilogramos		0,71	4861181,95	
		Agua	2223936,0	Kilogramos		0,43	946729,56	
		Colorante	34214,4	Kilogramos		7,39	252953,90	
		Saborizante	22809,6	Kilogramos		9,62	219396,42	
	1.2.2	Material de empaque						531400,78
		Papel dulce	4960	Kilogramos		5,27	26162,76	
		Bobina bolsa	1459	Kilogramos		6,77	9882,45	
		Caja	316800	Unidad		1,55	490723,20	
		Tape	1246	Kilogramos		2,40	2988,53	
		Palillo	2649	Kilogramos		0,62	1643,84	
	1.2.3	Mantenimiento						99630,12
		Preventivo					57864,43	
		Correctivo					22664,71	
		Emergente					19100,97	
	1.2.4	Energía eléctrica						1694213,66
	1.2.5	Vapor						280896,00

Continuación 4° año

	TOTAL COSTOS DIRECTOS						24229732,35
2	COSTO INDIRECTO						
	2,1 Gastos de Administración	5	%				1211486,62
	2,2 Imprevistos	10	%				2422973,23
	2,3 IGSS	2				1223,92	2447,84
	TOTAL COSTOS INDIRECTOS						3636907,70
	COSTOS DIRECTOS + INDIRECTOS						27866640,04
	BALANCE						
	Actividad	Cantidad	Frecuencia	Costo	Sub-total	Total	
3	INGRESOS						
	3,1 PRODUCCION	316800	Unidad	93,00	29462400,00		
	3,2 VARIOS	2	%		589248,00		
	INGRESO TOTAL						30051648,00
4	BALANCE						
	4,1 Ingresos-(CD+CI)						2185007,96

COSTOS QUINTO AÑO

Costo de
producción
para el
quinto año

			Actividad	Cantidad	Frecuencia		Costo	Sub-total	Total
1	COSTO DIRECTOS								
	1,1	Mano de obra							651666,60
		1.1.1	Línea de cocción y amasado	4	12	meses	2617,98	125663,04	
		1.1.2	Línea kastins						
			Troquelado	1	12	meses	2617,98	31415,76	
			túnel enfriamiento	1	12	meses	1905,00	22860,00	
			Recibidores	3	12	meses	1905,00	68580,00	
		1.1.3	Línea paleta SD						
			Troquelado	1	12	meses	2617,98	31415,76	
			túnel enfriamiento	1	12	meses	1905,00	22860,00	
			Recibidores	3	12	meses	1905,00	68580,00	
		1.1.4	Línea cristal						
			Troquelado	1	12	meses	2617,98	31415,76	
			túnel enfriamiento	1	12	meses	1905,00	22860,00	
			Empacadora 1	1	12	meses	2617,98	31415,76	
			Empacadora 2	1	12	meses	2617,98	31415,76	
			Empacadora 6	1	12	meses	2617,98	31415,76	
			Transportador 1	1	12	meses	1905,00	22860,00	
		1.1.5	Mecánico	2	12	meses	3025,25	72606,00	
			Eléctrico	1	12	meses	3025,25	36303,00	
	1,2	Insumos y equipo							
		1.2.1	Materia prima						21766214,76
			Azúcar	13685760	Kilogramos		1,12	15310259,71	
			Glucosa	6842880	Kilogramos		0,73	5013093,89	
			Agua	2223936,0	Kilogramos		0,43	965855,40	
			Colorante	34214,4	Kilogramos		7,47	255458,40	
			Saborizante	22809,6	Kilogramos		9,71	221547,36	
		1.2.2	Material de empaque						545742,41
			Papel dulce	4960	Kilogramos		5,57	27638,61	
			Bobina bolsa	1459	Kilogramos		7,08	10327,97	
			Caja	316800	Unidad		1,59	502991,28	
			Tape	1246	Kilogramos		2,48	3088,15	
			Palillo	2649	Kilogramos		0,64	1696,41	
		1.2.3	Mantenimiento						120086,11
			Preventivo					69298,72	
			Correctivo					27765,03	

Continuación 5° año

			Emergente					23022,36	
		1.2.4	Energía eléctrica						1694213,66
		1.2.5	Vapor						280896,00
	TOTAL COSTOS DIRECTOS								25058819,55
2	COSTO INDIRECTO								
	2,1	Gastos de Administración		5	%				1252940,98
	2,2	Imprevistos		10	%				2505881,96
	2,3	IGSS		2				1223,92	2447,84
	TOTAL COSTOS INDIRECTOS								3761270,78
	COSTOS DIRECTOS + INDIRECTOS								28820090,33

	Ingresos de producción para el quinto								
			Actividad	Cantidad	Frecuencia	Costo	Sub-total	Total	
3	INGRESOS								
	3,1	PRODUCCION		316800	Unidad	95,39	30219750,00		
	3,2	VARIOS		2	%		604395,00		
	INGRESO TOTAL								30824145,00
4	BALANCE								
	4,1	Ingresos-(CD+CI)							2004054,67

CÁLCULO DEL VPN Y TIR

Se presenta el cuadro en Excel para ilustrar el ingreso de datos e identificar las celdas utilizadas en las fórmulas y cuadros

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Resumen y balance general de cinco años											
2												
3				Actividad/Año	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTALES	% DEL TOTA
4	COSTO DE INSTALACION Y S				Q 1.782.516,71	Q (1.782.516,71)	Q (473.587,55)	Q 251.258,38	Q 386.174,07	Q 2.571.182,03		
5	1 COSTO DIRECTOS											
6	1,1	Mano de obra			Q 651.666,60	Q 651.666,60	Q 651.666,60	Q 651.666,60	Q 651.666,60	Q 651.666,60	Q 3.258.333,00	2,60
7	1,2	Insumos y equipo										
8	1,2.1	Materia prima			Q 21.950.476,42	Q 22.384.476,96	Q 22.189.432,92	Q 20.971.925,19	Q 21.766.214,76	Q 109.262.526,25	87,06	
9	1,2.2	Material de empaque			Q 532.416,29	Q 540.271,43	Q 535.276,82	Q 531.400,78	Q 545.742,41	Q 2.685.107,73	2,14	
10	1,2.3	Mantenimiento			Q 39.224,21	Q 73.129,01	Q 92.461,77	Q 99.630,12	Q 120.086,11	Q 424.531,22	0,34	
11	1,2.4	Energía eléctrica			Q 1.694.213,66	Q 1.694.213,66	Q 1.694.213,66	Q 1.694.213,66	Q 1.694.213,66	Q 8.471.068,32	6,75	
12	1,2.5	Vapor			Q 280.896,00	Q 280.896,00	Q 280.896,00	Q 280.896,00	Q 280.896,00	Q 1.404.480,00	1,12	
13	TOTAL COSTOS DIRECTOS				Q 25.148.893,18	Q 25.624.653,66	Q 25.443.947,77	Q 24.229.732,35	Q 25.058.819,55	Q 125.506.046,51	100,00	
14	COSTO INDIRECTO											
15	2,1	Gastos de Administracion			Q 1.257.444,66	Q 1.281.232,68	Q 1.272.197,39	Q 1.211.496,62	Q 1.252.940,98	Q 6.275.302,33	33,31	
16	2,2	Imprevistos			Q 2.514.889,32	Q 2.562.465,37	Q 2.544.394,78	Q 2.422.973,23	Q 2.505.881,96	Q 12.550.604,65	66,62	
17	2,3	IGSS			Q 2.447,84	Q 2.447,84	Q 2.447,84	Q 2.447,84	Q 2.447,84	Q 12.239,22	0,06	
18	TOTAL COSTOS INDIRECTOS				Q 3.774.781,82	Q 3.846.145,89	Q 3.819.040,01	Q 3.636.907,70	Q 3.761.270,78	Q 18.838.146,20	100,00	
19	COSTOS DIRECTOS + INDIRECTOS				Q (1.782.516,71)	Q (28.923.675,00)	Q (29.470.799,55)	Q (29.262.987,78)	Q (27.866.640,04)	Q (28.820.090,33)		
20	INGRESOS											
21	3,1	PRODUCCION			Q 29.639.808,00	Q 29.603.574,00	Q 28.821.474,00	Q 29.462.400,00	Q 30.219.750,00	Q 147.747.006,00	98,04	
22	3,2	VARIOS			Q 592.796,16	Q 592.071,48	Q 576.429,48	Q 589.248,00	Q 604.395,00	Q 2.954.940,12	1,96	
23	INGRESO TOTAL				Q 30.232.604,16	Q 30.195.645,48	Q 29.397.903,48	Q 30.051.648,00	Q 30.824.145,00	Q 150.701.946,12	100,00	
24	BALANCE				Q 1.308.929,16	Q 724.845,93	Q 134.915,70	Q 2.185.007,96	Q 2.004.054,67			
25	BALANCE ACUMULADO				Q (1.782.516,71)	Q (473.587,55)	Q 251.258,38	Q 386.174,07	Q 2.571.182,03	Q 4.575.236,70		
26												
27	TIR		34,32% =		TIR: E25:J25							
28	YPN		Q 2.619.775,41 =		10%;(E25:J25)							
29	Tiempo recuperacion 1 año 3 meses											

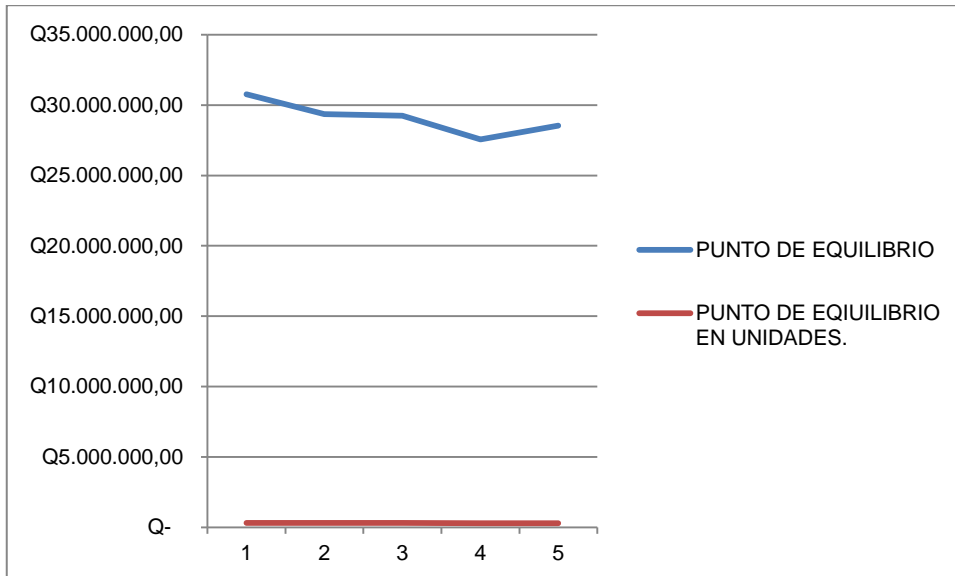
Cálculo de punto de equilibrio

	Actividad/Año	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
1	VENTAS	Q .232.604,16	Q 30.195.645,48	Q 29.397.903,48	Q 30.051.648,00	Q30.824.145,00
2	COSTO VARIABLES	Q3.774.781,82	Q 3.846.145,89	Q 3.819.040,01	Q 3.636.907,70	Q 3.761.270,78
3	COSTOS FIJOS	Q 26.931.409,89	Q 25.624.653,66	Q 25.443.947,77	Q 24.229.732,35	Q25.058.819,55
4	UTILIDAD NETA	Q1.308.929,16	Q 724.845,93	Q 134.915,70	Q 2.185.007,96	Q 2.004.054,67
5	CONTRIBUCION A LA GANACIA	87,51%	87,26%	87,01%	87,90%	87,80%
6	PUNTO DE EQUILIBRIO	Q30.773.759,24	Q 29.364.996,29	Q 29.242.844,26	Q27.565.797,70	Q28.541.561,44
7	PUNTO DE EQUILIBRIO EN UNIDADES.	328.920,04	314.246,88	321.431,62	296.406,43	299.207,20

Cálculos para primer año (ejemplo)		CELIDAS PARA CALCULO Y FORMULAS
VENTAS	=	<i>+'RESUMEN Y BALANCE'23!F23</i>
COSTO VARIABLES	=	<i>+'RESUMEN Y BALANCE'23!F18</i>
COSTOS FIJOS	=	<i>+'RESUMEN Y BALANCE'23!F13 +'RESUMEN Y BALANCE'!E4</i>
UTILIDAD NETA	=	<i>+'RESUMEN Y BALANCE'23!F24</i>
CONTRIBUCION A LA GANACIA	=	<i>1-C5/C4</i>
PUNTO DE EQUILIBRIO	=	<i>+C6/C8</i>
PUNTO DE EQUILIBRIO EN UNIDA.	=	<i>+C9/'PRIMER AÑO'!H57</i>

GRÁFICA DEL PUNTO DE EQUILIBRIO EN UNIDADES Y FINANCIERO

Gráfica del Punto de equilibrio, obtenida directamente en Excel de la tabla del Punto de Equilibrio de los cinco años.



GLOSARIO

Agua	Sustancia cuyas moléculas están formadas por la combinación de un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno, líquida, inodora, insípida e incolora. Es el componente más abundante de la superficie terrestre y más o menos puro, forma la lluvia, las fuentes, los ríos y los mares; es parte constituyente de todos los organismos vivos y aparece en compuestos naturales.
Azúcar (Sacarosa)	Cuerpo sólido cristalizado, perteneciente al grupo químico de los hidratos de carbono, de color blanco en estado puro, soluble en el agua y en el alcohol y de sabor muy dulce. Se obtiene de la caña dulce, de la remolacha y de otros vegetales.
Caramelo	Pastas de azúcares comestibles, concentradas al calor, endurecidas al enfriarse, quebradizas y, generalmente, aromatizadas y coloreadas.
Cocedor	Maestro, operario o equipo, que en ciertas industrias se ocupa en la cocción o concentración de un producto
Concentrado	Sustancia a la que se ha retirado parte del líquido para disminuir su volumen.
Confitería	Establecimiento donde los confiteros hacen y venden los dulces. Arte de elaborar dulces y confituras.
Fructosa (Levulosa)	Azúcar de la fruta; monosacárido que, unido a la glucosa, constituye la sacarosa
Humedad	Agua de que está impregnado un cuerpo o que, vaporizada, se mezcla con el aire.
Jarabe	Bebida que se hace cociendo azúcar en agua hasta que se espesa, añadiéndole zumos refrescantes o sustancias medicinales.
Marmita	Olla de metal, con tapadera ajustada y una o dos asas.
Miel	Jarabe saturado obtenido entre dos cristalizaciones o cocciones sucesivas en la fabricación del dulce o caramelo.
Mortero	Utensilio de madera, piedra o metal, a manera de vaso, que sirve para machacar en él especias, semillas, drogas, etc.
Presión	Magnitud física que expresa la fuerza ejercida por un cuerpo sobre la unidad de superficie. Su unidad en el Sistema Internacional es el Pascal.
Sirope	Líquido espeso azucarado que se emplea en repostería y para elaborar refrescos.
Temperatura	Magnitud física que expresa el grado o nivel de calor de los cuerpos o del ambiente. Su unidad en el Sistema Internacional es el Kelvin (K).