

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



**FORMULACIÓN DE UN DULCE DURO TIPO CAMELO  
UTILIZANDO MELAZA EN SU FABRICACIÓN Y LA  
ADAPTACIÓN DE UNA LÍNEA DE PROCESO  
INDUSTRIAL PARA SU PRODUCCIÓN**

Trabajo de investigación presentado por Enrique Efraín Cabrera  
Cano para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería  
Química.

Guatemala  
2008



**FORMULACIÓN DE UN DULCE DURO TIPO CAMELO  
UTILIZANDO MELAZA EN SU FABRICACIÓN Y LA  
ADAPTACIÓN DE UNA LÍNEA DE PROCESO  
INDUSTRIAL PARA SU PRODUCCIÓN**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

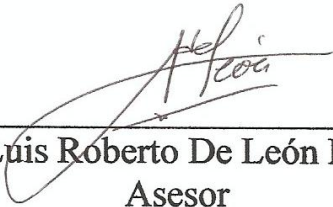
Facultad de Ingeniería

**FORMULACIÓN DE UN DULCE DURO TIPO CAMELO  
UTILIZANDO MELAZA EN SU FABRICACIÓN Y LA  
ADAPTACIÓN DE UNA LÍNEA DE PROCESO  
INDUSTRIAL PARA SU PRODUCCIÓN**

Trabajo de investigación presentado por Enrique Efraín Cabrera  
Cano para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería  
Química.

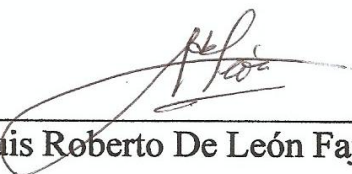
Guatemala  
2008

Vo. Bo.:

(f)   
\_\_\_\_\_  
**Lic. Luis Roberto De León Fajardo**  
Asesor

Tribunal:

(f)   
\_\_\_\_\_  
**Ing. Gamaliel Giovanni Zambrano Ruano**

(f)   
\_\_\_\_\_  
**Lic. Luis Roberto De León Fajardo**

(f)   
\_\_\_\_\_  
**Ing. Oscar Armando Maldonado Ordoñez**

Fecha de aprobación: 04 de Enero del 2009

## PREFACIO

Este trabajo de investigación se desarrolló gracias a la inquietud de optimizar el proceso de los dulces tipo caramelo tanto en el aspecto operativo como en el económico; como también por el querer desarrollar nuevos productos denominados típicos guatemaltecos con mayor vida de anaquel de una manera industrializada, manteniendo siempre el sabor por el cual a estos se les caracteriza y con la utilización de materiales nacionales en su totalidad. Tomando dicho tema como el trabajo de graduación y aprovechando que la empresa para la cual laboro se dedica a la manufacturación de caramelos, me avoqué con las personas responsables de la producción del caramelo y con el permiso de la empresa se facilitó la toma de datos, la elaboración de pruebas y utilización de equipo. El proyecto se logró elaborar y concluir gracias a la intervención y apoyo de muchas personas, ya que al momento de que éste se complicará por cualquier inconveniente siempre hubo más de alguna persona dispuesta a brindarme su apoyo. Así con ello se hizo realidad lo que empezó con una simple idea forjada por sugerencias de amigos y familiares.

Por la culminación de este proyecto, que marca el fin de mis estudios universitarios en el grado de Licenciatura en Ingeniería Química y el inicio de mi vida profesional, quiero agradecer primeramente a Dios por darme la capacidad intelectual y emocional, requerida por la carrera, por bendecirme con su presencia desde el inicio de mi formación como persona, lo que me ayudó a siempre lograr mis metas trazadas, a tomar las decisiones correctas durante lo que va de mi vida y enfocarme en lo correcto hacia la sociedad a mi país Guatemala al cual quiero tanto y que con la gracia de Dios me esforzaré y lucharé por sacarlo adelante.

Estoy muy agradecido con Dios por brindarme unos padres ejemplares en todo el sentido de la palabra, a los que también debo agradecer por todas sus enseñanzas, por haberme educado y criado, por forjarme como un hombre de bien para la sociedad y el mundo, por inculcarme valor morales y éticos, por brindarme su confianza y todo su apoyo en el largo camino de mi formación como profesional, por tomar las mejores decisiones para mi persona, desde elegir el digno colegio Centro Escolar el Roble y mis demás actividades extracurriculares, las cuales me disciplinaron y fueron de gran ayuda a mi formación. Cabe mencionar que junto con mis padres, mis demás familiares han sido de vital importancia y apoyo para alcanzar esta meta entre las cuales están mis hermanas y sobrinas Iris, Elizabeth, Mariajose y Sofía.

Un especial agradecimiento a mis verdaderas amistades los cuales han estado conmigo en todo momento, los cuales me han brindado su apoyo incondicional, su confianza y respeto, y me han sabido querer aceptando mis errores, aconsejándome para ser una mejor persona y ayudándome en todo momento,

muchas gracias por estar ahí en la buenas y en la malas por dejarme formar parte de sus vidas y por formar parte de la mía, ustedes saben lo especial que son para mí.

Deseo agradecer a todos mis compañeros formados durante el colegio, universidad, trabajos, clases extracurriculares por ser personas que en su momento fueron de gran ayuda por su paciencia, apoyo y consejos brindados.

Por la parte académica mi más sincero agradecimiento a las autoridades de la Universidad del Valle de Guatemala, quienes me abrieron las puertas de la excelencia y de la formación profesional de elevado nivel, un muy especial agradecimiento a todos los catedráticos de estos cinco años de carrea, que con gran devoción impartieron sus conocimientos hacia mi persona e hicieron de mi un mejor persona, un especial agradecimiento a los catedráticos que forman parte del departamento de Ingeniería Química que me ayudaron mucho en este último semestre de carrera, a mi Asesor Lic. Roberto De León Fajardo que sabiamente me dirigió y me ayudó en muchas tareas requeridas para mi tesis, al director de la carrera Ing. Gamaliel Zambrano el cual me brindó su amistad y me apoyó lo más que se pudo con el desarrollo de esta investigación, y a los ingenieros Jorge Muñoz, Jaime Rosales, Carmen Ortiz, por su asesoramiento, consejos, tiempo y ayuda incondicional durante las clases y para este trabajo. Y por demás apoyo muchas gracias al resto de los ingenieros que componen el departamento así como también a Moisés Vásquez y Cristian García.

Por el apoyo brindado a este trabajo, un sincero agradecimiento a la empresa Industria Procesadora de Guatemala (Niasa), la cual me apoyo en todo el sentido de la palabra, brindándome equipo, tiempo de producción, materiales, personal operativo y asesoría para este proyecto. Un especial agradecimiento al Ingeniero Jorge Cerezo por autorizarme el desarrollo del producto y a los demás gerentes de área por su tiempo y conocimiento brindado. Cabe agradecer también el apoyo de los supervisores, operadores de producción e inspectores de calidad, que estuvieron al pendiente de mi proyecto y ayudaron al desarrollo del mismo.

Por último deseo expresar que mi logro alcanzado será por el bien y mejora de mi país Guatemala al que tanto le debo, y amo con todas mis fuerzas. A todos los mencionados muchas gracias, y que Dios los bendiga.

Enrique Efraín Cabrera Cano

## CONTENIDO

PREFACIO.....	v
LISTADO DE CUADROS.....	x
LISTADO DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN.....	xv
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. ANTECEDENTES.....	4
A. Proceso de la elaboración de dulce duro tipo caramelo.....	4
1. Definición de dulce duro tipo caramelo. ....	4
2. Miel, jarabe y almíbar. ....	5
3. Cristalización. ....	6
B. Materias primas a utilizar. ....	8
1. Melaza.....	8
2. Sacarosa .....	10
3. Azúcares no cristalizables (glucosa y fructosa). ....	11
4. Saborizantes. ....	12
C. Equipo de la línea de proceso. ....	13
1. Marmita disolvedora automática.....	13
2. Cámara presurizada y evaporador (cocedora). ....	13
3. Mesa de enfriamiento, bastonera y egalizador (calibrador).....	14
4. Troquel, túnel de enfriamiento y empacadora.....	16
D. Análisis y control. ....	17
1. Cromatografía de líquidos (Determinación de azúcares).....	17
2. Prueba con licor de Fehling (determinación de azúcares reductores). ....	18
3. Espectrofotometría de emisión de plasma para la determinación de sólidos. ....	19
4. Grados Brix .....	20
5. Humedad relativa de equilibrio.....	21
6. Actividad acuosa y actividad microbiológica. ....	21
7. Determinación de patógenos por técnica petrifilm .....	22

8.	Vida de anaquel del dulce duro.....	23
E.	Propiedades generales a considerar.....	29
1.	Edulcoración.....	29
2.	Humedad.....	30
3.	Viscosidad.....	30
4.	Presión osmótica.....	30
5.	Evaluación sensorial.....	31
III.	JUSTIFICACIÓN.....	33
IV.	OBJETIVOS.....	34
A.	GENERAL.....	34
B.	ESPECÍFICOS.....	34
V.	PROBLEMA A RESOLVER.....	35
VI.	METODOLOGÍA.....	36
A.	ETAPA PRELIMINAR.....	36
B.	CARACTERIZACIÓN DE LA MELAZA.....	36
C.	FORMULACIÓN DEL DULCE CAMELO.....	36
D.	ANÁLISIS DE CONTROL.....	36
E.	DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE EQUIPO.....	36
F.	VIDA DE ANAQUEL.....	37
G.	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	37
H.	ETAPA FINAL.....	37
VII.	RESULTADOS.....	38
VIII.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	47
IX.	CONCLUSIONES.....	53
X.	RECOMENDACIONES.....	55
	BIBLIOGRAFÍA.....	56
	APÉNDICE.....	58
A.	Datos originales.....	58
B.	Cálculos de muestra.....	60
C.	Tablas para pruebas sensoriales.....	64
D.	Diagrama de flujo.....	68
E.	Datos calculados.....	69
F.	Análisis económico.....	70

G.	Ilustraciones .....	78
1.	Prueba a escala laboratorio. ....	78
2.	Prueba a escala planta piloto. ....	81
3.	Prueba a escala industrial. ....	84
4.	Pruebas de análisis y control .....	91

## LISTADO DE CUADROS

Cuadro 1: Propiedades de densidad, características y aplicación de los tipos de almibares para la industria.....	5
Cuadro2: Clasificación de los tipos de cristales.....	7
Cuadro3: Promedios en porcentaje, de los azúcares y tipos de azúcar de las diferentes clases de melaza.....	9
Cuadro 4: Humedad relativa teórica para los tipos de dulce.....	21
Cuadro 5. Caracterización de azúcares presentes en la melaza utilizada. ....	38
Cuadro 6. Sólidos totales presentes en la melaza utilizada. ....	38
Cuadro 7. Caracterización de los metales presentes en la melaza utilizada. ....	38
Cuadro 8. Características químicas de pH, porcentaje de humedad relativa y porcentaje de cenizas, de la melaza utilizada. ....	38
Cuadro 9. Características microbiológicas de la melaza utilizada.....	38
Cuadro 10. Formulación del dulce elaborado para un lote inicial de 35Kg y su composición porcentual de masa en base húmeda.....	39
Cuadro 11. Propiedades físico-químicas determinadas para el producto terminado.....	39
Cuadro 12. Análisis microbiológico obtenido para el producto terminado comparado con el análisis de un dulce comercial de la empresa Niasa.....	39
Cuadro 13. Análisis sensorial realizado para los tres distintos dulces elaborados. ....	40
Cuadro 14. Vida de anaquel determinada para el producto terminado. ....	40
Cuadro 15. Especificaciones del los equipo principales y equipo auxiliares utilizados en la línea de proceso para la fabricación del dulce.....	44
Cuadro 16. Tasa Interna de Retorno (TIR) y Valor Actual Neto (VAN) obtenido del análisis económico del proyecto, para el que se determinaron el costo de producción y precio de venta para una cantidad en masa y unidades de caramelo producidos en un periodo de un año.....	46
Cuadro 17. Masas para un volumen de 25 mL de las cápsulas utilizadas para la.....	58
Determinación de sólidos totales de la melaza a utilizar. ....	58
Cuadro 18. Cantidad en mg/L de los metales presentes en la melaza a utilizar.....	58
Cuadro 19. Datos obtenidos de las formulaciones del dulce elaborado a nivel planta piloto. ....	58

Cuadro 20. Datos obtenidos para la prueba sensorial, triangular entre los dulces producidos con sabor artificial en su formulación.....	58
Cuadro 21. Datos obtenidos para la prueba sensorial de preferencia entre los dulces producidos con sabor y sin sabor artificial producidos. ....	59
Cuadro 22. Datos de masa inicial para el lote de producción del dulce, utilizado para el cálculo del balance de masa de la línea. ....	59
Cuadro 23. Amperajes y voltajes para los equipos principales y auxiliares de producción utilizados, los cuales se utilizaron para determinar la potencia requerida de los mismos para desarrollar el balance de energía de la línea. ....	59
Cuadro 24. Consumo de vapor de los equipos de producción utilizados para la fabricación del dulce de melaza, requeridos para la realización del balance de energía de la línea. ....	59
Cuadro 25. Datos de vapor utilizado para el equipo de operación y de condensado de vapor obtenido.....	60
Cuadro 26. Volúmenes de Fehling obtenidos de la titulación de azúcares reductores y totales de la muestra de dulce de melaza.....	60
Cuadro 27. Tarifa de corriente eléctrica a precio de mayorista y costo de combustible generador.....	69
Cuadro 28. Datos obtenidos previos a la determinación de las unidades de caramelo producidos en un año laboral. ....	69
Cuadro 29. Costo de material de empaque por kg de producto y costo de materia prima por kg de producto.....	70
Cuadro 30. Porcentajes de tasas utilizadas para la determinación del Impuesto sobre la renta, el valor actual neto y la de inflación. ....	70
Cuadro 31. Listado de cantidad total y costo por lote de las materias primas a utilizar.....	70
Cuadro 32. Costo total anual de las materias primas a utilizadas.....	70
Cuadro 33. Listado de cantidad total y costo por lote de los materiales de empaque utilizados. ....	71
Cuadro 34. Costo total anual del material de empaque utilizado. ....	71
Cuadro 35. Listado de factores agregados a costo de equipo.....	71
Cuadro 36. Listado de equipo, cantidad de equipo y costos totales de equipo. ....	72
Cuadro 37. Depreciación acelerada por Método Smarc para la inversión del equipo. ....	73
Cuadro 38. Consumo y costo de energía eléctrica para cada equipo en el tiempo de trabajo al año.....	73

Cuadro 39. Consumo de vapor requerido por equipo y costo de del mismo en un tiempo estabalecido trabajado al anno.....	73
Cuadro 40. Sueldos por puesto del personal para el turno diurno .....	74
Cuadro 41. Costo total incluyendo prestaciones para cada puesto del turno diurno.....	74
Cuadro 42. Costo anual de mano de obra para el turno diurno .....	74
Cuadro 43. Sueldos por puesto del personal incluyendo costos de horas extras y séptimo día para el turno mixto .....	74
Cuadro 44. Costo total incluyendo prestaciones para cada puesto del turno mixto.....	75
Cuadro 45. Costo anual de mano de obra para el turno mixto .....	75
Cuadro 46. Costo anual de mano de obra de ambos turnos.....	75
Cuadro 47. Listado de los factores obtenidos en Niasa de los costos variables y costos fijos por la agregación de la operación de la línea de producción del caramelo de melaza.....	75
Cuadro 48. Unidades a vender, indicando precio e ingreso anual proyectado a los primeros diez años de implementación del proyecto.....	75
Cuadro 49. Punto de equilibrio para los primeros diez años de implementación de la línea de producción del caramelo de melaza.....	76
Cuadro 50. Flujo de caja neto para los primeros diez años de implementación de la línea de producción del caramelo de melaza.....	76
Cuadro 51. Resumen de costos de los rubros involucrados en el costo total de la producción del producto.....	77
Cuadro 52. Eficiencia real, bases y conversiones estipuladas, según las características de la línea de operación y del producto obtenido.....	77

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Estructura molecular de la sacarosa .....	10
Figura 2. Estructuras moleculares de la glucosa y de la fructosa .....	11
Figura 3. Marmita disolvedora .....	13
Figura 4. Cámara presurizada y evaporador .....	14
Figura 5. Mesa de enfriamiento .....	15
Figura 6. Bastonera de conos.....	15
Figura 7. Calibrador egalizador.....	16
Figura 8. Túnel de enfriamiento .....	16
Figura 9. Empacadora .....	17
Figura 10. Cromatografo de líquidos (HPLC) .....	18
Figura 11. Reacción de Fehling.....	19
Figura 12. Espectrofotómetro de emisión de plasma (ICPMS).....	20
Figura 13. Actividad acuosa respectiva para cada tipo de dulce .....	22
Figura 14. Diagrama de flujo de la línea de proceso indicando los equipos relacionados con el balance de masa del producto desarrollado. ....	41
Figura 15. Diagrama de flujo de la línea de proceso indicando los equipos relacionados con el balance de energía del producto desarrollado. ....	42
Figura 16. Ubicación espacial de la línea de proceso de producción del dulce desde punto de Vista aérea.....	43
Figura 17. Diagrama de entrada y salida.....	68
Figura 18. Diagrama de funciones.....	68
Figura 19. Diagrama de operaciones.....	69
Figura 20. Prueba de determinación de de humedad relativa del dulce de caramelo. ....	78
Figura 21. Preparación de los reactivos de la prueba de Fehling para la determinación de azucares reductores en el caramelo.....	78
Figura 22. Realización de la titulación para la prueba Fehling en la determinación de azucares reductores.....	79
Figura 23. Dosificación de ingredientes en baño de maría para formulación prueba en laboratorio. ....	79
Figura 24. Calentamiento y agitación de miel para formulación. ....	80
Figura 25. Agitación de miel en baño de María.....	80
Figura 26. Carga de dulce de prueba a nivel laboratorio. ....	81

Figura 27. Marmita enchaquetada para precalentamiento de miel en planta piloto. ....	81
Figura 28. Agitación de la miel para calentar uniformemente y homogenizar miel. ....	82
Figura 29. Miel precalentada dosificada a bandeja para luego concentrar por medio de evaporación. ....	82
Figura 30. Simulación de evaporador con vacío planta de Operaciones Unitarias UVG. ....	83
Figura 31. Concentración de la miel con evaporación y vacío. ....	83
Figura 32. Caramelo finalizado en planta piloto. ....	84
Figura 33. Agitación en marmita enchaquetada de los componentes según formulación prueba industrial. ....	84
Figura 34. Agitación en marmita enchaquetada de las materias primas según formulación prueba industrial. ....	85
Figura 35. Traslado de miel precalentada a cámara presurizada y evaporador a vacío. ....	85
Figura 36. Dosificación de miel precalentada a cámara presurizada y evaporador. ....	86
Figura 37. Preparación de perol de recibimiento del caramelo. ....	86
Figura 38. Traslado de caramelo a mesa de enfriamiento. ....	87
Figura 39. Amasado y homogenización en mesa de enfriamiento del caramelo con el sabor artificial. ....	87
Figura 40. Bastoneado de caramelo, para formar cordón de caramelo. ....	88
Figura 41. Cordón de caramelo a través de egalizador y troquel formador. ....	88
Figura 42. Troquel formador. ....	89
Figura 43. Paso del caramelo por túnel de enfriamiento. ....	89
Figura 44. Plato dosificador de caramelo enfriado a máquina de empaque. ....	90
Figura 45. Máquina empacadora de caramelo con alimentación de material de empaque. ....	90
Figura 46. Petrifilm de análisis de E. coli - coliformes. ....	91
Figura 47. Petrifilm de análisis de staphylococcus aureus. ....	91
Figura 48. Petrifilm de análisis de recuento total de aerobios. ....	92
Figura 49. Petrifilm de análisis de mohos y levaduras. ....	92

## RESUMEN

En este informe se detallan los resultados del desarrollo de la línea de producción para la manufacturación de caramelo duro con melaza en su formulación, el proyecto consta de distintos rubros iniciando con la caracterización de azúcares y sólidos en la melaza, donde la melaza presenta una caracterización de azúcares en su composición de 34.93% de sacarosa, 7.58% de fructosa y 4.41% de glucosa datos obtenidos por análisis de cromatografía de líquidos HPLC, y los sólidos totales presentes en la melaza son 184.740 mg/L en una concentración de masa/volumen determinados por análisis por espectrofotometría de emisión de plasma.

Los análisis físico-químicos y microbiológicos realizados a la melaza demostraron que la melaza es apta para la elaboración de caramelo duro y consumo humano del mismo. Debido a que no presenta actividad de patógenos en los análisis sometidos por técnica de petrifilm 3M, posee un nivel de acidez moderado con un pH 5 lo que ayuda a inhibir el crecimiento de microorganismos en la misma, y tiene un nivel de humedad relativa bajo obtenida en equipo deshumidificador por diferencia de pesos, de 4.3% la que no representa amenaza de crecimiento microbiano por actividad acuosa en la melaza, resultados aceptables según los límites de la COGUANOR para caramelos duros.

La formulación determinada para los caramelos duros con la utilización parcial de melaza fue de  $5.610 \pm 0.1\text{Kg}$  de agua,  $18.702 \pm 0.1\text{Kg}$  de azúcar sacarosa,  $8.015 \pm 0.1\text{Kg}$  de azúcar glucosa,  $2.671 \pm 0.1\text{Kg}$  de melaza y  $0.180 \pm 0.1\text{Kg}$  de sabor artificial toffe para el caramelo con menor proporción de saborizante y  $0.300 \pm 0.1\text{Kg}$  de sabor artificial toffe para el caramelo con mayor cantidad de saborizante. El cual se obtuvo realizando pruebas a escala laboratorio y planta piloto, para llegar a un balance de masa que parte de un lote de 35 Kg. Con los datos obtenidos, se determinaron, seleccionaron y diseñaron los equipos para la línea de producción de caramelo dulce con melaza en su formulación fueron: túnel de dosificación de glucosa, elevador de cangilones para la dosificación de azúcar sacarosa a marmita disolvedora, marmita disolvedora para la elaboración de la miel inicial, cámara presurizada y evaporador a vacío para concentrar la miel de azúcar, amasadora y mesa de enfriamiento para homogenizar la mezcla de caramelo y los saborizantes, Extrusor de conos bastoneador para reducir diámetro de carga de caramelo, egalizador calibrador y troquel formador para formar cordón de caramelo y dar forma al mismo, túnel de enfriamiento para dar consistencia física del caramelo y completar reacción de cristalización del mismo y empacadora Tec Maq para almacenar adecuadamente al caramelo.

La validación a nivel industrial del caramelo duro producido presenta una humedad relativa de 0.4%, el porcentaje de cenizas total determinado fue de 1.5%, con valores de azúcares reductores o azúcares no cristalizables de 12.54%, azúcar sacarosa de 52.933% y un pH de 4.34. No presenta actividad microbiana según los análisis microbiológicos a los que se sometió, por lo que el producto final se evaluó sensorialmente para determinar la aceptabilidad del mismo en el mercado, donde por pruebas triangular y de preferencia se concluyó que hay diferencia significativa en el sabor de los caramelos con sabor artificial en su formulación y que hay preferencia y, por lo tanto, diferencia significativa por el dulce sin sabor que por el dulce con mayor porcentaje de sabor artificial.

Luego de aprobar la prueba de aceptabilidad se obtuvo el tiempo de vida de anaquel de un año el cual se determinó por métodos indirectos basados en modelos de predicción, que son ecuaciones matemáticas que utilizan la información de una base de datos para predecir el crecimiento bacteriano en condiciones definidas.

Para determinar la rentabilidad del proyecto se llevó a cabo un análisis económico expresado en flujo de caja de inversión inicial, ingresos, depreciación y análisis de los tipos de costos en los primeros diez años de operación, el cual dio como resultado una Tasa Interna de Retorno TIR de 29.51% y un Valor Actual Neto VAN de Q. 9,605,903.87.

# I. INTRODUCCIÓN

La industria de confitería, al igual que la mayoría de industrias manufactureras, durante la historia y principalmente en la actualidad, donde se enfrenta una crisis económica debido al alza del petróleo, busca la sustitución o implementación de nuevas técnicas o materiales para la disminución de los costos de producción. Aparte, como toda industria que ofrece un producto al mercado, a ésta se le exige continuamente desarrollar e innovar productos nuevos, ya sea en cuestión de formulación de nuevos estilos o tipos de productos o puramente mercadeo comercial.

Otro aspecto a considerar es el desarrollo y surgimiento de nueva tecnología; la automatización general de los procesos tanto de manufactura como de extracción, es tema que representa una gran inversión inicial, pero que se traducirá en un ahorro considerable de gastos innecesarios y costos de producción en lo que a mano de obra y control de variables en pro de la calidad e inocuidad del producto se refiere.

En el caso específico de las industrias de confitería guatemaltecas, se puede definir que en la fabricación industrial de caramelos se suelen usar como materias primas azúcar, glucosa y agua, que se combinan en las proporciones adecuadas para generar un jarabe (almíbar), 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 modelada en diferentes formas. Se puede definir que 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.

Este estudio muestra el diseño de la línea de proceso de la fabricación de un dulce duro tipo caramelo por medio de la utilización parcial de la melaza en su formulación. Esto con el objeto de desarrollar un nuevo producto nacional con una vida de anaquel estable que en su mayoría se compondrá de materias primas guatemaltecas, y que paralelamente, aprovechando la melaza como subproducto económico de los ingenios guatemaltecos, reducirá costos de producción.

La evaluación a realizar se enfocará en el desarrollo y la formulación del producto a nivel laboratorio y escala industrial, a el diseño de la línea de proceso y al comportamiento de la eficiencia de la misma, a los análisis de control físico-químicos y microbiológicos previos y posteriores al producto final, al estudio económico y financiero de manufacturación y a la aceptación del mercado.

Los principales logros de este proyecto fueron del diseño de la línea de producción de caramelo duro, dimensionando y seleccionando el equipo necesario y lo suficiente eficiente para satisfacer una demanda establecida basada en un número de unidades requeridas para obtener una rentabilidad del proyecto, seguido de esto se logro ubicación y posicionamiento de la línea de producción en un área de trabajo con el espacio

requerido para elaborar la producción, otro de los logros que se alcanzaron fue el de lograr la introducción de la melaza como materia prima en la formulación de un caramelo duro manteniendo la inocuidad requerida por el consumidor y un sabor agradable al público en general.

En dicho proyecto se llegaron a importantes resultados siendo los más destacados, la caracterización de la melaza con composiciones en azúcares de 34.93% de sacarosa, 7.58% de fructosa y 4.41% de glucosa, los sólidos totales presentes fueron de 184.740 mg/L en una concentración de masa/volumen en la melaza utilizada, la formulación determinada para los caramelos duros con la utilización parcial de melaza fue de  $5.610 \pm 0.1\text{Kg}$  de agua,  $18.702 \pm 0.1\text{Kg}$  de azúcar sacarosa,  $8.015 \pm 0.1\text{Kg}$  de azúcar glucosa,  $2.671 \pm 0.1\text{Kg}$  de melaza y  $0.180 \pm 0.1\text{Kg}$  de sabor artificial toffe para el caramelo con menor proporción de saborizante y  $0.300 \pm 0.1\text{Kg}$  de sabor artificial toffe para el caramelo con mayor cantidad de saborizante, los equipos determinados para la línea de producción de caramelo dulce con melaza en su formulación fueron: túnel de dosificación de glucosa, elevador de cangilones para la dosificación de azúcar sacarosa, marmita disolvedora, cámara presurizada y evaporador a vacío, amasadora y mesa de enfriamiento, extrusor de conos bastoneador, egalizador calibrador y troquel formador, túnel de enfriamiento y empacadora Tec Maq.

Aparte se determinó que hay diferencia significativa en el sabor de los caramelos con sabor artificial en su formulación en distintas proporciones y, que hay preferencia y, por lo tanto, diferencia significativa por el dulce sin sabor que por el dulce con mayor porcentaje de sabor artificial, se calculó una vida de anaquel de un tiempo de vida de un año y se obtuvo que línea de producción del caramelo duro con melaza de como resultado una Tasa Interna de Retorno TIR de 29.51% y un Valor Actual Neto VAN de Q. 9,605,903.87.

Este informe consta básicamente de dos partes, la primera es la sección general del informe, y la segunda es un apéndice de la sección general, el resumen, que informa al lector sobre el contenido del mismo, en éste se presentan el propósito y resultados del experimento, con una breve justificación del por qué de los resultados y conclusiones. El índice da a conocer las secciones del informe y la página donde pueden encontrarse dichas secciones. En los objetivos generales y específicos se explica el propósito de la práctica, cómo y por medio de qué se llegará a los primeros. Para respaldar el cumplimiento de los objetivos generales se tabulan los resultados obtenidos los cuales se presentan en forma de valores, tablas, gráficas y/o ecuaciones. La sección de discusión de resultados, analiza metódicamente las tendencias e interpretación de los resultados del experimento, confiabilidad del equipo, posibles causas de pérdidas de masa o de errores de medición, con el fin de tener una mejora continua en el desarrollo de futuras prácticas. Para finalizar la sección general, se presentan las conclusiones acordes con los resultados encontrados y con base en la discusión de los mismos. El apéndice, se compone de: procedimiento, en donde se describe detalladamente el método experimental la manera en que se opera el equipo, se incluye el diagrama de flujo, características del equipo y sus especificaciones, con el objetivo que el lector comprenda de forma clara cómo se llevó a cabo la práctica y así poder repetirla de manera consistente. Los datos originales muestran los datos brutos obtenidos durante la práctica. El cálculo de muestra proporciona el análisis matemático de los datos originales y la

secuencia de las operaciones realizadas para obtener los resultados. Los datos calculados presentan los resultados intermedios y finales obtenidos de manera tabulada, demostrando que se cumplen los objetivos específicos del experimento. Se hizo un análisis de error, el cual tiene implícita la existencia de incertidumbres en las diferentes mediciones experimentales realizadas. Aquí mismo se llevó a cabo un análisis estadístico de los resultados y sus tendencias. Finalmente se presenta la bibliografía, en la que se listan las fuentes de información consultadas en el desarrollo de los antecedentes y en el reporte mismo para la realización de la práctica.

## II. ANTECEDENTES

### A. Proceso de la elaboración de dulce duro tipo caramelo.

En la fabricación industrial de caramelos se suelen usar como materias primas azúcar, glucosa y agua, que se combinan en las proporciones adecuadas para generar un jarabe (almíbar) en una marmita a velocidad promedio de 60 rpm y 110° C hasta que se alcance un °Brix entre 69° a 72) y que no presente grumos de azúcar dentro de la miel, que posteriormente se cuece en una cocedora hasta que llegue al rango de 136° - 140° C, en donde automáticamente comienza el efecto de Vacío aproximado de 18 a 22 in. Hg.. Una evaporación rápida produce la eliminación del agua presente en el jarabe cocido, quedando una pasta de caramelo que puede ser modelada en diferentes formas. 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 en la forma correspondiente. El enfriamiento ulterior provoca la cristalización de la masa, formando el caramelo propiamente dicho al conferirle rigidez que lo hace apto para su empaquetado.

La presencia de un soluto en un líquido hace que aumente su punto de ebullición, y por eso cuanto más porcentaje de azúcar haya disuelto, más aumentará la temperatura de ebullición. Pero cuando se calienta la mezcla, el agua hierve y se evapora, y por tanto aumenta 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. (<http://www.exploratorium.edu/cooking/candy/sugar-stages.html>)

1. **Definición de 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, sino amorfo o vídrioso, que este cristalizado o no la estructura del azúcar 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. Los dulces que contienen azúcar en forma no cristalizada como los caramelos en lo que se encuentra en estado amorfo, vídrioso y que son duros con un contenido de humedad de 2% o menos. (Stechina, D, 2000).

2. **Miel, jarabe y almíbar.** Los jarabes son líquidos de consistencia viscosa que por lo general contienen soluciones concentradas de azúcares, como la sacarosa, en agua o en otro líquido. Para la industria de la confitería se le denomina almíbar, que es una disolución 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.

**Cuadro 1: Propiedades de densidad, características y aplicación de los tipos de almibares para la industria.**

Denominación	Densidad ( ° Baume)	Característica	Aplicación
Almíbar flojo	22 - 24	Forma película en la espumadera	
Espejuelo	28 - 30	Forma hebras si se enfría y estira	Conservas de fruta
Hebra fina	32 – 34	Forma hebras si se enfría y estira	Fondants y glaseados
Hebra regular	36 – 38	Forma bola blanda entre los dedos	Fondants y caramelos blandos
Hebra fuerte	40 – 42	Forma bola dura entre los dedos	Caramelos duros
Bola Suave	41- 43	La bola no se pega a los dientes	Caramelos toffees
Bola dura	>43	Dejando caer un gota en mármol se queda dura	

(<http://www.guiamiguelin.com/tecnicas/almibares.html>)

3. **Cristalización.** Los azúcares tienen la capacidad de presentar el fenómeno del polimorfismo que consiste en que un mismo compuesto puede cristalizar en diversas formas, cuyos cristales tienen solubilidades y propiedades sensoriales. La cristalización del dulce se ve afectada debido a que la fructosa es soluble en agua, difícil de cristalizar y a que, además ejerce un efecto inhibitor sobre la cristalización, los jarabes invertidos se emplean en confitería.

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 para 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 entalpía de fusión, por lo que el estado cristalino además de ser el 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.

Además de su forma geométrica, los cristales son caracterizados por su densidad, su índice de refracción, color y dureza. El cristal puede ser definido como un sólido compuesto de átomos arreglados en orden, en un modelo de tipo repetitivo. La distancia interatómica en un cristal de cualquier material definido es constante y es una característica del material. Debido a que el patrón o arreglo de los átomos es repetido en todas direcciones, existen restricciones definidas en el tipo de simetría que el cristal posee.

La forma geométrica de los cristales es una de las características de cada sal pura o compuesto químico, por lo que la ciencia que estudia los cristales en general, la cristalografía, los ha clasificado en siete sistemas universales de cristalización: (Ver Cuadro 2. Siguiendo página)

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.

El rendimiento de la cristalización se puede calcular a partir de la concentración de la solución original y la solubilidad a la temperatura final. Si se produce una evaporación apreciable durante el proceso es preciso tenerla en cuenta. Cuando la velocidad de crecimiento de los cristales es pequeña, se necesita un tiempo relativamente grande para alcanzar el equilibrio, sobre todo cuando la solución es viscosa.

<http://www.textoscientificos.com/quimica/cristales>

*Cuadro2: Clasificación de los tipos de cristales*

Nombre	Definición
Sistema cúbico	Las sustancias que cristalizan bajo este sistema forman cristales de forma cúbica, los cuales se pueden definir como cuerpos en el espacio que manifiestan tres ejes en ángulo recto, con “segmentos”, “látices”, o aristas” de igual magnitud, que forman seis caras o lados del cubo. A esta familia pertenecen los cristales de oro, plata, diamante, cloruro de sodio, etc.
Sistema tetragonal	Estos cristales forman cuerpos con tres ejes en el espacio en ángulo recto, con dos de sus segmentos de igual magnitud, hexaedros con cuatro caras iguales, representados por los cristales de óxido de estaño.
Sistema ortorrómbico	Presentan tres ejes en ángulo recto pero ninguno de sus lados o segmentos son iguales, formando hexaedros con tres pares de caras iguales, pero diferentes entre par y par, representados por los cristales de azufre, nitrato de potasio, sulfato de bario, etc.
* Sistema monoclinico	Presentan tres ejes en el espacio, pero sólo dos en ángulo recto, con ningún segmento igual, como es el caso del bórax y de la sacarosa.
Sistema triclinico	Presentan tres ejes en el espacio, ninguno en ángulo recto, con ningún segmento igual, formando cristales ahusados como agujas, como es el caso de la cafeína.
Sistema hexagonal	Presentan cuatro ejes en el espacio, tres de los cuales son coplanares en ángulo de 60°, formando un hexágono bencénico y el cuarto en ángulo recto, como son los cristales de zinc, cuarzo, magnesio, cadmio, etc.
Sistema romboédrico	Presentan tres ejes de similar ángulo entre sí, pero ninguno es recto, y segmentos iguales, como son los cristales de arsénico, bismuto y carbonato de calcio y mármol.

## B. Materias primas a utilizar.

1. **Melaza.** La melaza o "miel" de caña se obtiene de la caña de azúcar mediante su molienda utilizando unos rodillos o mazas que la comprimen fuertemente obteniendo un jugo que luego se cocina a fuego directo para evaporar el agua y lograr que se concentre.

El producto final tiene una textura parecida a la miel de abeja y de sabor muy agradable que a muchas personas les recuerda el regaliz, esta no es apta para diabéticos por su riqueza en azúcares simples. La miel o melaza de caña cuanto más oscura sea, más sabor y nutrientes tendrá.

Durante la evaporación del agua sale hasta la superficie las impurezas que contienen ese jugo. Hay que sacar toda esa impureza, llamada cachaza, para que nos quede una melaza clara, transparente y homogénea y sobre todo ya que las impurezas pueden servir de materia a una fermentación futura.

Existen muchos tipos de melaza y la terminología suele ser confusa. Únicamente se tratará aquí de las melazas obtenidas de la caña de azúcar.

- La melaza residual o melaza final es el subproducto de la industria azucarera del cual se ha abstraído el máximo de azúcar. Cuando se emplea la palabra melaza sin especificación, se suele referir a la melaza residual.
- La melaza de caña residual es diluida en agua hasta un Brix normal de 79,5 . El peso específico de la melaza se indica por el valor Brix en grados. A 79,5 Brix, la melaza pesa 1,39 kg por litro. La melaza residual sin diluir se sitúa, generalmente, entre 80-90 Brix. La melaza integral, o melaza sin clarificar, se prepara mediante la inversión parcial del jugo de caña de azúcar para evitar la cristalización de la sacarosa, concentrándolo hasta 80-85 Brix.
- La melaza de gran calidad, o melaza clarificada, es igual que la melaza integral, pero está hecha de jugo de caña de azúcar clarificado por encalado y filtración para eliminar las impurezas. La sacarosa del jugo de caña de azúcar se invierte, lo que produce azúcares reductores por la acción del ácido sulfúrico o de la invertasa de la levadura.
- La melaza de refinería es el subproducto de la refinación del azúcar bruto para obtener azúcar blanco. Las cantidades producidas son bastante pequeñas.

**Cuadro3: Promedios en porcentaje, de los azúcares y tipos de azúcar de las diferentes clases de melaza.**

	<b>Sacarosa %</b>	<b>Azúcares totales %</b>	<b>Azúcares reductores %</b>
<b>Jugo de caña deshidratado</b>	90	75	25
<b>Melaza A</b>	68	60	40
<b>Melaza B</b>	57	50	50
<b>Melaza final</b>	47	40	60
<b>Melaza de gran calidad</b>	78	30	70
<b>Azúcar bruto</b>	99	98	1

En lo que respecta a la información nutricional de la melaza, se conoce que:

- Tiene cantidades importantes de vitaminas y minerales.
- Es un alimento muy rico en las vitaminas del grupo B (a excepción de B1).
- Al contener hierro, cobre y magnesio ha sido siempre muy recomendada para las personas anémicas, asténicas, tras el parto o cualquier convalecencia.
- La melaza es muy rica en potasio y glucosa

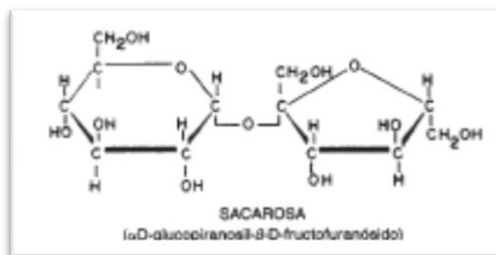
Principalmente se emplea la melaza como suplemento energético para la alimentación de rumiantes por su alto contenido de azúcares y su bajo coste en algunas regiones. No obstante, una pequeña porción de la producción se destina al consumo humano, empleándola como endulzante culinario.

Es importante diferenciar la melaza empleada en la alimentación animal, la cual es un producto residual de la industria azucarera, de la melaza que es empleada como materia prima en la producción de azúcar. En algunos países de Sudamérica esta última suele procesarse artesanalmente hasta transformarla en bloques sólidos de azúcar no refinada muy apreciada por su sabor que se conocen en Sudamérica y Centroamérica bajo el nombre de chancaca o panela.

La melaza de remolacha no es apta para el consumo pues es amarga, sin embargo se utiliza en la alimentación animal de vacas lecheras y ganado vacuno. (Hogarth, D.M, 2005)

## 2. Sacarosa

**Figura 1. Estructura molecular de la sacarosa**



Los azúcares monosacáridos, 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) tiene una densidad de 1.18175 a 20 °C. La sacarosa es ópticamente activa con rotación específica  $[\alpha]_D^{20} +66.53$  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 invertasa, 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  $[\alpha]_D^{20} -39.7$  debido a que la actividad levógira de la fructosa es mayor que 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 monosacáridos, glucosa y fructosa. En la industria confitera se refiere a la glucosa como dextrosa y a la fructosa como levulosa, la mezcla hidrolizada de dextrosa y levulosa se llama azúcar invertido.

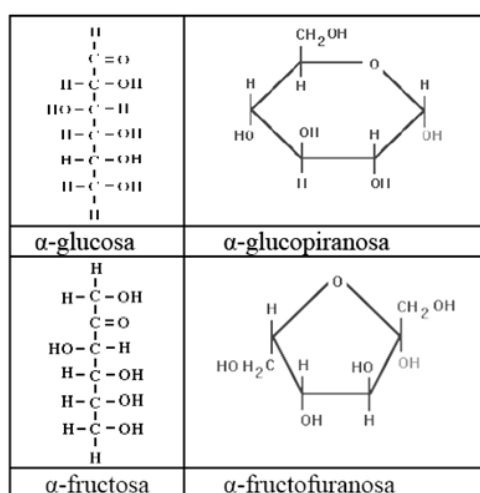
Una de las principales razones de la importancia de este azúcar invertido, es que puede prevenir, o ayudar a controlar el grado de cristalización de la sacarosa. Por dos causas:

- Tanto la dextrosa como la levulosa se cristalizan más lentamente que la sacarosa, de modo 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-invertida 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 de azúcar-invertida es la microscopicidad, que ayuda a prevenir que los dulces mas chiclosos se resequen y se pongan quebradizos además influye en la dulzura del producto al aumentar el poder edulcorante. (Millo L., 1976).

### 3. Azúcares no cristalizables (glucosa y fructosa).

*Figura 2. Estructuras moleculares de la glucosa y de la fructosa*



**a. Glucosa (Dextrosa).** La glucosa es metabólicamente el azúcar más importante en las plantas 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  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  y el peso molecular es 180.2. Los cristales anhidros de glucosa son rómbicos, se funden a  $146^\circ\text{C}$  y tienen una densidad de 1.544; en una solución a 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  $83^\circ\text{C}$ . 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, dextrana y celulosa. 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.

El jarabe de glucosa es un producto que se extrae de la hidrólisis del almidón en medio ácido. Es una mezcla de diferentes azúcares de cadenas carbonatadas más o menos extensas. El almidón es un polisacárido que tiene una fórmula general  $(C_6H_{10}O_5)_n$  donde  $n$  indica que existe un gran número de unidades con la fórmula entre paréntesis en una molécula de almidón. (Bernal, 2001).

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. 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.

La fórmula empírica de la fructosa es la misma que la de la glucosa ( $C_6H_{12}O_6$ ) 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 funden a  $105^\circ C$ . 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. (Millo L., 1976).

4. **Saborizantes.** Los saborizantes son preparados de sustancias que contienen los principios sápidos-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. (Belitz & Grosch, 1992).

a. **Sabor caramelo.** Sabor y olor característico de azúcar caramelizada de color café pálido y apariencia cristalina. Se compone de aceite de mantequilla, aceite de vainilla, aceites de arce, aldehídos de vainilla y propilenglicol, los cuales son considerados aptos para el consumo humano aprobados por la F.D.A.

Entre las condiciones de almacenamiento se requiere de almacenar en un lugar fresco y oscuro, sin rose con productos o impurezas extraños. La vida de anaquel promedio a estas condiciones de almacenamiento es de seis meses. (Hoja de especificación de sabor caramelo, proveedor de empresa Niasa)

### C. Equipo de 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, esta cuenta con una conexión de vapor que suministrara la energía necesaria para el precalentamiento para la dilución de los componentes y aparte la energía requerida para un pre cocimiento de la miel, también posee una conexión para el agua de condensados, una conexión para la alimentación de glucosa y una conexión para el ingreso del azúcar, al alimentar tanto el agua, como el azúcar y la glucosa en el orden respectivo, el equipo se encarga de un mezclado uniforme de toda la solución hasta homogenizarla lo mejor posible.

*Figura 3. Marmita disolvedora*



(Hamac-Hansella GMBH, Manual de operación de Disolvedora, Equipo Niasa)

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 cobre y acero. Al interior de la cámara se le aplica una presión de vapor de aproximadamente 5 ó 6 bares para conseguir la cocción del caramelo (140° C aprox.). Ésta se regula a través de un controlador que abre el paso del vapor mediante una válvula neumática en función de la consigna de temperatura que se haya fijado. 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 atmósfera a través de la chimenea.

Dentro de esta cámara hay un sistema de abertura llamado, válvula de aguja. Su función es la 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, bajo presión reducida, esto provoca un punto de ebullición más bajo, esto se aprovecha para seguir extrayendo agua del caramelo a una temperatura menor a la cocción. Cuando la masa de caramelo permanece en el interior de la cámara de vacío se le añade el colorante especificado y pasado poco tiempo la masa ya se puede retirar de la cámara de vacío, depositándola al perol transportador donde se le añadirá el aroma y los ácidos para conseguir el gusto del caramelo especificado por producción.

*Figura 4. Cámara presurizada y evaporador*



(Robert Bosch GMBH, Manual de operación, Equipo Cooker (Cocedora) Niasa)

3. **Mesa de enfriamiento, bastonera y egalizador (calibrador).** La masa de caramelo se traslada hasta las mesas de refrigeración mediante un carro transportador. La perola del carro se introduce en un elevador automático para colocar la masa de caramelo en el centro de la mesa refrigeradora de tal manera que ésta sea enfriada, amasada y se distribuya el colorante, aroma y ácidos homogéneamente. Este proceso de enfriamiento de la pasta tiene una duración aproximada de cinco minutos. La masa pasa directamente a la bastonera. Aquí, la masa continua enfriándose a la vez que va tomando una forma cónica para convertirla en un cordón de caramelo para poderla hacer entrar en el calibrador. La pasta tomará un diámetro uniforme para hacerla entrar en la troqueladora.

*Figura 5. Mesa de enfriamiento*



*Figura 6. Bastonera de conos.*



*Figura 7. Calibrador egalizador*



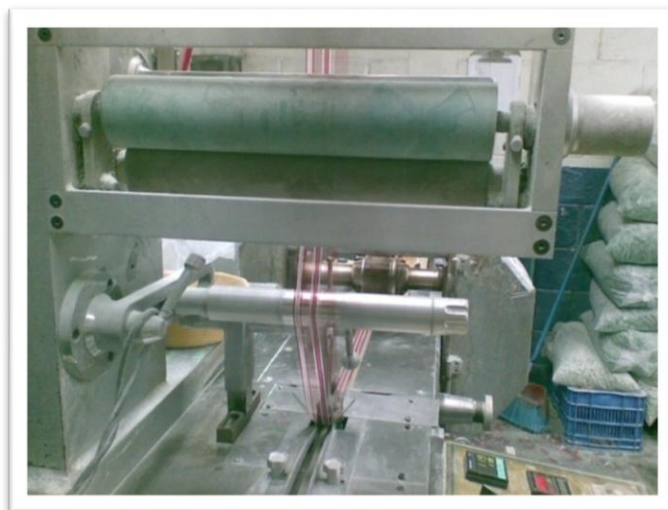
(Hamac-Holler, Manual de operación, Equipo Batch Formeer 19K Niasa)

4. **Troquel, túnel de enfriamiento y empacadora.** La troqueladora es la que se encarga de conferir la forma definida que requiera el caramelo. A continuación el caramelo pasa al túnel de enfriado donde rueda por un cedazo móvil enfriándose y de este modo se evita su deformación. Una vez sale del túnel el caramelo pasa a la línea de distribución que reparte las unidades fabricadas hacia las máquinas de envoltura, que se encarga de colocar el envoltorio al caramelo con la presentación adecuada.

*Figura 8. Túnel de enfriamiento*



*Figura 9. Empacadora*



(Hamac-Holler, Manual de operación, Equipo uniplast universal forming machine type 160 Niasa)

#### D. Análisis y control.

1. **Cromatografía de líquidos (Determinación de azúcares).** La cromatografía líquida de alta resolución es actualmente la técnica de separación más ampliamente utilizada debido a su versatilidad y amplio campo de aplicación. Los componentes de la muestra, previamente disueltos en un disolvente adecuado (fase móvil), son forzados a atravesar la columna cromatográfica gracias a la aplicación de altas presiones. El material interno de la columna, fase estacionaria, está constituido por un relleno capaz de retener de forma selectiva los componentes de la mezcla. La resolución de esta separación depende de la interacción entre la fase estacionaria y la fase móvil, pudiendo ser manipulada a través de la elección de diferentes mezclas disolventes y distintos tipo de relleno. Como resultado final los componentes de la mezcla salen de la columna separados en función de sus tiempos de retención en lo que constituye el cromatograma. A través del cromatograma se puede realizar la identificación cualitativa y cuantitativa de las especies separadas.

a. **Aplicaciones.** El campo de aplicación de esta técnica es muy extenso. Algunas de las aplicaciones se enumeran a continuación:

- ✓ Productos farmacéuticos: antibióticos, sedantes, esteroides, analgésicos
- ✓ Bioquímica: aminoácidos, proteínas, carbohidratos, lípidos
- ✓ Alimentación: edulcorantes artificiales, antioxidantes, aditivos
- ✓ Contaminantes: plaguicidas, herbicidas, fenoles, PCBs
- ✓ Química forense: drogas, venenos, alcohol en sangre, narcóticos
- ✓ Medicina clínica: ácidos biliares, metabolitos de drogas, extractos de orina, estrógenos.

**b. Requisitos y limitaciones**

- ✓ Las muestras se proporcionarán debidamente filtradas
- ✓ La cantidad mínima para realizar el ensayo es de 0.5 ml
- ✓ Junto con la entrega de la muestra se entregarán los patrones preparados en las mismas condiciones que ésta.
- ✓ El rango de volumen de inyección que cubre el equipo es de 1 a 50 ml.

*Figura 10. Cromatografo de líquidos (HPLC)*



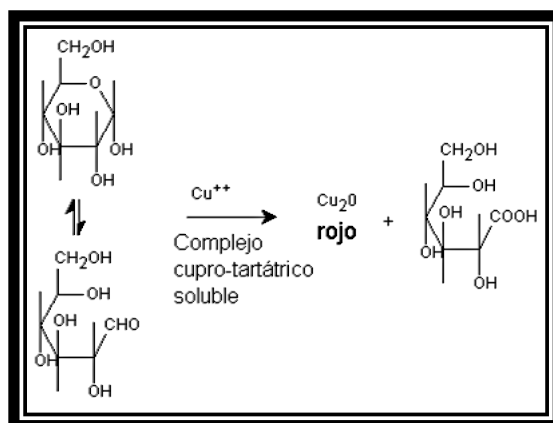
(Bussi, 2007).

2. **Prueba con licor de Fehling (determinación de azúcares reductores).** Se utiliza como reactivo para la determinación de azúcares reductores, y es útil para demostrar la presencia de glucosa en la orina, y también para detectar derivados de la glucosa como la sacarosa o la fructosa.

El ensayo con el licor de Fehling se fundamenta en el poder reductor del grupo carbonilo de un aldehído. Éste se oxida a ácido y reduce la sal de cobre (II) en medio alcalino a óxido de cobre (I), que forma un precipitado de color rojo, esta decoloración de la solución indica prueba positiva de azúcares reductores. Un aspecto importante de esta reacción es que la forma aldehído puede detectarse fácilmente aunque exista en muy pequeña cantidad.

En el caso específico de los dulces La reacción que se da es de oxidación reducción, la glucosa se oxida por el grupo aldehído al ácido carboxílico correspondiente, mientras que el reactivo de Fehling que contiene cobre se reduce de  $\text{Cu}^{2+}$  a  $\text{Cu}^{1+}$  como un subproducto de la reacción, como se ilustra en la siguiente figura.

*Figura 11. Reacción de Fehling*



El reactivo o licor de Fehling está formado por dos soluciones preparadas:

- **SOLUCIÓN A:** Se disuelven 34.639 g de sulfato de cobre pentahidratado en agua destilada y diluir a 500 mL, si la solución queda turbia filtrar.
- **SOLUCIÓN B:** Disolver 173 g de tartrato de sodio y potasio, 50 g de hidróxido de sodio en 500 mL de agua destilada, si la solución queda turbia filtrar. Ambas se guardan separadas hasta el momento de su uso para evitar la precipitación del hidróxido de cobre (II).

(Moore, 1976)

3. **Espectrofotometría de emisión de plasma para la determinación de sólidos.** La espectrometría masas por plasma acoplado inductivamente ICPMS es altamente sensible y capaz de determinar casi todos los elementos presentes en la tabla periódica que tengan un potencial de ionización menor que el potencial de ionización del argón a concentraciones muy bajas (nanogramo/litro o parte por trillón, ppt). Se basa en el acoplamiento de un método para generar iones (plasma acoplado inductivamente) y un método para separar y detectar los iones (espectrómetro de masas).

*Figura 12. Espectrofotómetro de emisión de plasma (ICPMS)*



La muestra, en forma líquida, es transportada por medio de una bomba peristáltica hasta el sistema nebulizador donde es transformada en aerosol gracias a la acción de gas argón. Dicho aerosol es conducido a la zona de ionización que consiste en un plasma generado al someter un flujo de gas argón a la acción de un campo magnético oscilante inducido por una corriente de alta frecuencia. En el interior del plasma se pueden llegar a alcanzar temperaturas de hasta 8000 K. En estas condiciones, los átomos presentes en la muestra son ionizados.

En el caso del ICP-OES los iones generados emiten radiación a la longitud de onda característica de cada uno de los elementos presentes en la muestra, la cual se transmite a través del sistema óptico al detector (CID), donde la imagen captura se convierte a señales de intensidad para cada elemento y consecuentemente a sus concentraciones en la muestra. Se trata de una técnica adecuada para concentraciones mayoritarias (%) o partes por millón (ppm). En el caso de ICP-MS los iones pasan al interior del filtro cuadrupolar a través de una interfase de vacío creciente, allí son separados según su relación carga/masa. Cada una de las masas sintonizadas llegan al detector donde se evalúa su abundancia en la muestra. (ICP-OES)

4. **Grados Brix.** La cantidad de azúcar por unidad de volumen se mide con un **brixómetro** (Densímetro flotador) que indica directamente en gramos la cantidad de azúcar que contiene una disolución a temperatura de 15° C.

Otro equipo con el que se cuenta para realizar dicha medición se le conoce como refractómetro, estos miden los sólidos disueltos en una solución, y, existen los que especialmente miden sacarosa ya sea en frutas o soluciones. El principio de estos se basa en la refracción de un haz de luz emitido por la muestra a analizar.

*Los Grados Brix:* es el grado correspondiente a un gramo de azúcar por cien gramos de líquido.  
(Badui, 1988)

5. **Humedad relativa de equilibrio.** Es la humedad a la cual se igualan la humedad del alimento con la humedad del aire ambiente.

(Ecuación 1)

$$\text{HRE} = P_{\text{agua}} / P_{\text{aire}}$$

La evaluación de la Humedad relativa de equilibrio es de primordial importancia 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 una humedad relativa de equilibrio superior a la humedad relativa del aire ambiente, el producto tiende a ceder su humedad y después a cristalizarse. En caso contrario, cuando la Humedad relativa de equilibrio es inferior a la humedad del aire ambiente, el producto tenderá a hidratarse.

*Cuadro 4: Humedad relativa teórica para los tipos de dulce*

Tipo de dulce	Humedad relativa (%) de equilibrio
Caramelo duro	20 a 25
Malvavisco	65 a 70
Gomitas	55 a 60
Fondant	80 a 85

(Braverman's by Z. Berk, 1976)

6. **Actividad acuosa y actividad microbiológica.** La actividad acuosa o  $A_w$  se define como la relación que existe entre la presión de vapor del alimento en relación con la presión de vapor del agua pura a la misma temperatura.

La actividad acuosa es una variable estrechamente ligada a la humedad del alimento, que para fines de microbiología se estudia actualmente como uno de los factores importantes del desarrollo microbiano. La inhibición de los microorganismos se debe por un lado, a que cuanto mayor es la concentración de sólidos, menor es la disponibilidad de agua con que cuenta y, por otro, a que en concentraciones superiores al 60% de solutos empieza a darse una extracción de agua del interior del microorganismo, lo que ocasiona su inhibición o muerte.

La actividad acuosa se define como el cociente que existe entre la presión de vapor del alimento y la presión de vapor del agua a la misma temperatura y se puede expresar como un porcentaje de la humedad relativa de equilibrio.

(Ecuación 2)

$$Aw = P/Po = HRE/100$$

Donde:

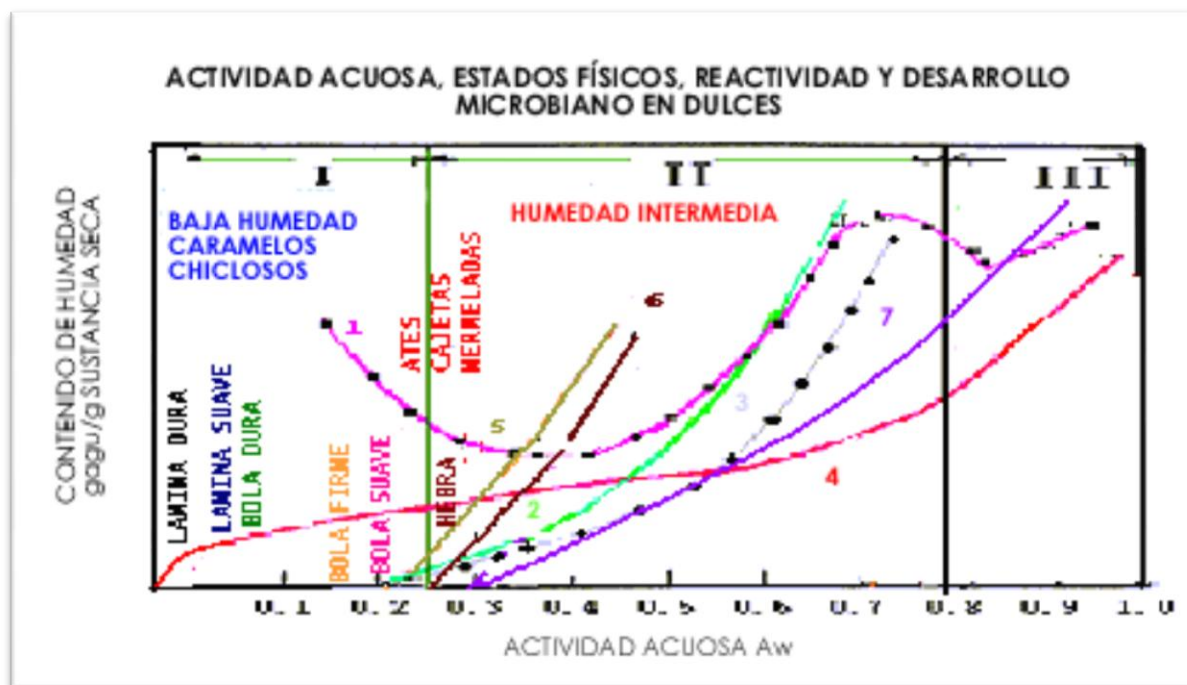
Aw = actividad acuosa

P = presión de vapor de la solución

Po = presión de vapor del agua

HRE = Humedad relativa de equilibrio.

*Figura 13. Actividad acuosa respectiva para cada tipo de dulce*



(Rockland Louis B.,1987)

## 7. Determinación de patógenos por técnica petrifilm

**a. Recuento de aerobios.** Las placas petrifilm para recuento de aerobios son un medio de cultivo listo para ser empleado, que contienen nutrientes del Agar standard Methods, un agente gelificante soluble en agua fría, y un tinte indicador de color rojo que facilita el recuento de las colonias luego de incubar  $48 \text{ h} \pm 3 \text{ h}$  a  $35 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ , según el método oficial de la AOAC 990.12. estas placas pueden ser utilizadas para el recuento de la población total existente de bacterias aerobias en productos terminados, materias primas, superficies y demás.

**b. E. Coli. / Coliformes.** Las placas Petrifilm para el recuento de E. coli / coliformes contienen nutrientes de Bilis rojo violeta, un agente gelificante soluble en agua fría, un indicador de actividad de la glucuronidasa y un indicador que facilita la enumeración de las colonias. La mayoría de las E. coli (cerca del 97%) produce beta-glucuronidasa, la que a su vez produce una precipitación azul asociada con la colonia. Cerca del 95% de la E. coli producen gas. La película superior atrapa el gas producido por E. coli y coliformes fermentadores de lactosa.

La AOAC y la FDA, definen a los coliformes como colonias de bastoncillos gran-negativos que producen ácido y gas de la lactosa durante la fermentación metabólica de la lactosa. Las colonias que crecen en la placa producen un ácido que causa el oscurecimiento del gel por el indicador de pH, las colonias rojas y el gas atrapado alrededor confirman la presencia de coliformes. Siguiendo el método oficial AOAC 991.14 se debe incubar para coliformes por  $24 \text{ h} \pm 2 \text{ h}$  a  $35 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ , y para E. coli  $48 \text{ h} \pm 2 \text{ h}$  a  $35 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**c. Mohos y levaduras.** Las placas petrifilm para recuento total de mohos y levaduras son un medio de cultivo listo para usarse, que contienen un agente gelificante soluble en agua fría, nutrientes y un tinte indicador que promueve el contraste y facilita el recuento de las colonias. El tiempo de incubación y las temperaturas son determinadas según el método AOAC, método oficial 997.02 que en alimentos que indica, incubar 5 días entre  $21 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**d. Staphylococcus Aureus.** La placa Petrifilm Staph Epress para recuento de staphylococcus aureus es un sistema de medio de cultivo listo para la muestra que contiene un agente gelificante soluble en agua fría. El medio modificado cromogénico Baird-paker en la placa es selectivo y diferencial para el Staphylococcus aureus. Las colonias rojo – violeta en la placa son S. aureus. Cuando se aprecian colonias rojo – violeta, recuente las colonias para completar la prueba incubando a  $35 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$  por  $24 \pm 2$  horas.

Los S. aureus, S. hyicus y S. intermedius comprenden la mayoría del grupo de los organismos comúnmente conocidos como Staphylococcus de coagulasa positiva. Estos producen desoxirribonucleasa (DNasa) la cual dependiendo de la tintura que se coloca produce una zona rosada.

(Manual de técnicas de evaluación microbiológica Petrifilm, 3M, Niasa)

**8. Vida de anaquel del dulce duro.** La vida de anaquel es una guía para el consumidor acerca del periodo de tiempo que el alimento puede mantenerse antes de que inicie a deteriorarse, a condiciones de almacenamiento predispuestas.

La vida de anaquel de un producto inicia desde el momento de la fabricación o manufacturación del alimento.

Su longevidad depende de muchos factores, entre ellos los tipos de ingredientes, proceso de fabricación, el tipo del envasado y como el producto es almacenado. Esto se indica con una identificación en el producto con una fecha marcada.

Las pruebas de vida de anaquel nos describen cuánto tiempo mantendrá el alimento su calidad estando almacenado. Entre las pruebas que se puede mencionar están: el control de contenido de patógenos en los alimentos, que pueden ser controlados utilizando el sistema HACCP, que nos garantiza la inocuidad del producto. Indudablemente la vida de anaquel y la inocuidad de un alimento están estrictamente ligadas. Inocuo significa que no hace daño, literalmente que no contiene patógenos. La vida de anaquel está relacionada a la carga de microorganismos que puedan deteriorar el producto, o por reacciones químicas

Durante su vida de anaquel el alimento debe: ser apto para comer, mantener su apariencia, olor, textura y sabor, y mantener su información nutricional etiquetada. Las fechas deben expresarse numéricamente y por orden cronológico (día/ mes/ año), pero el mes se puede expresar en letras. Estos deben ser sin codificar. El Código también establece lo siguiente: Instrucciones específicas de almacenamiento debe incluirse en la etiqueta cuando éstas son necesarias para garantizar los alimentos se mantendrá durante el período indicado por la fecha de marcado.

Cualquier persona que vende paquetes de alimentos es legalmente responsable del cálculo de cuánto tiempo su producto puede mantenerse sin ningún tipo de cambio apreciable en la calidad. La etiqueta de alimentos está obligado a dar detalle de la vida y las instrucciones de almacenamiento para hacer lograr la vida útil. En la mayoría de los casos, ésta es la responsabilidad de los fabricantes de alimentos, pero también puede ser de los empacadores, secundarios, los procesadores, los minoristas de alimentación y los supermercados.

**a. Factores que influyen en la vida de anaquel de un producto.**

*Crecimiento microbiano:* el crecimiento de algunas bacterias, levaduras y mohos en los alimentos pueden dar lugar al deterioro de los alimentos o la intoxicación alimentaria. El tiempo necesario para que los microorganismos dañen a los alimentos dependerá de los niveles de patógenos en el alimento, así como cualquier otra contaminación que los pudieran sufrir durante el embalaje, almacenamiento y otras manipulaciones. La temperatura y el tiempo de almacenamiento, así como el tipo de alimentos, son también factores importantes. Los alimentos húmedos, por lo general, se estropean más rápido que los alimentos secos. La vida de anaquel puede determinarse por la cantidad de microorganismos presentes en el producto y puede ser comparado según parámetros históricos aceptados.

*Descomposición no microbiana:* hay muchas otras maneras en que la calidad del alimento y los nutrientes se pueden perder. Puede que no necesariamente el producto sea nocivo, pero puede significar que ya no es de un nivel aceptable.

*Ganancia / pérdida de humedad:* puede resultar en la pérdida de nutrientes el Browning y enranciamiento. Los alimentos secos pueden ser vulnerables a la descomposición microbiana si existe humedad.

*Cambios químicos:* puede resultar en la pérdida de sabores, cambios de color, Browning y la pérdida de nutrientes.

*Cambio inducido por la luz:* puede causar rancidez, la pérdida de vitaminas y extinción de colores naturales.

*Los cambios de temperatura:* aumentan o disminuyen la velocidad de otras formas de corrupción.

*Daño físico a los alimentos:* pueden ser causados por la corrupción, como los daños a los embalajes de los alimentos, pueden hacer que los alimentos sean vulnerables tanto a la contaminación microbiana y no microbiana. Por ejemplo, los agujeros de alfiler en latas o en bolsas de plástico, para permitir que los microorganismos entren a los alimentos y los alimentos ganen o pierdan humedad estropeando la comida.

Otros:

- ✓ Corrupción por los roedores y los insectos
- ✓ Sabores y olores de almacenamiento de alimentos cerca de otros productos
- ✓ Manipulación del producto.

**b. ¿Qué es un estudio de vida de anaquel?** Un estudio de vida anaquel tiene como objetivo determinar el tiempo razonable en el que los productos alimenticios pueden mantenerse, sin ningún cambio apreciable en la calidad. Un estudio de necesidades que deben llevarse a cabo para cada tipo de producto.

Los dos principales métodos utilizados son:

1) **Método directo:** es el más usado. Se trata de almacenar el producto preseleccionado en condiciones adecuadas en un período de tiempo más largo que el previsto en la vida de anaquel y el control del producto a intervalos regulares para ver cuando se empieza a estropear. El procedimiento exacto es único para cada producto. Detalles de las medidas necesarias y los tipos de decisiones que se adopten se discuten.

*Pasos para determinar la vida de anaquel de un producto según el Método Directo:*

***Paso 1: Identificar posibles causas en las que el alimento se puede deteriorar o convertirse inseguro:***

Cada producto tiene su propia lista de factores que puede limitar la vida de anaquel del mismo. Se puede utilizar un listado de opciones como punto de partida que ayuda a determinar las vías por las cuales el producto puede ser deteriorado y que, al mismo tiempo, nos ayuda a determinar factores que promueven la vida de anaquel del mismo. Todo el proceso debe ser considerado, desde la utilización de las materias primas hasta el empaquetado y consumo del cliente, como también considerar el clima en el que el producto fue realizado o al cual fue enviado.

✓ **Deterioro del producto:**

*Materias primas:* La calidad de consistencia, nivel de contaminación y almacenamiento de las materias primas afectarán el producto final.

*Manufacturación del producto:* dependiendo de los ingredientes utilizados, y del comportamiento de estos al mezclarse, pueden influir en la manera de crecimiento de algunos microorganismos. La vida de anaquel a su vez se ve afectada por variaciones de la proporciones de las mezclas realizadas o de los ingredientes mismos.

*Actividad del agua:* Ésta se refiere a la cantidad de agua disponible en el alimento, que puede ser utilizada por microorganismos. Ya que los microorganismos requieren de agua para poder crecer. La actividad acuosa puede reducirse con la adición de sal, azúcar, y otros ingredientes. Como por ejemplo en el caso de las jaleas o de los dulces, que son productos con cierta cantidad de humedad que su alta cantidad de azúcar hace que una menor proporción de agua pueda ser utilizada por los microorganismos.

*pH:* Es una medida de acidez o alcalinidad del producto. El pH puede influir en la sobrevivencia y crecimiento que puedan tener los microorganismos en el alimento. Como el caso de alimentos que son marinados con ácido acético, dichos productos aumentan su vida de anaquel ya que un ambiente ácido limita el crecimiento de microorganismos. Para el caso de los dulces es el ácido cítrico.

*Disponibilidad de Oxígeno:* La remoción de aire en el empaque de los alimentos extiende la vida de anaquel del producto. Sin embargo algunos microorganismos pueden crecer en un ambiente sin oxígeno por lo que se debe llevar un control adecuado.

*Preservantes químicos:* La utilización correcta de preservantes ayuda al control del crecimiento de microorganismos. Algunos de estos pueden jugar varios papeles, como la prevención de oscurecimiento de las frutas entre otros.

✓ **Deterioro en el proceso del producto:**

*Procesamiento:* este debe incluir desde el mezclado, salting, ahumado, fermentación, calentamiento, refrigeración y refrigerar para deshidratar, la congelación y esterilización. La elección del proceso puede alterar la vida de anaquel del producto final. Para lograr un producto con la misma apariencia, sabor, vida útil, etc, es importante que la cantidad del ingrediente, la calidad y el procesamiento sean siempre los mismos. Pequeñas variaciones en el tiempo o la temperatura puede resultar en un fracaso para destruir el crecimiento de organismos patógenos en el alimento.

*Empacado:* El envasado o empaçado deberá proteger el producto de la contaminación durante todas las etapas, incluida la distribución, venta y almacenamiento interno. El empaçado o envasado también puede ser una fuente de contaminación si el alimento no es producido y almacenado de forma higiénica.

*Almacenamiento:* La temperatura de almacenamiento es importante, ya que puede disminuir el crecimiento de los microorganismos que son importantes para la seguridad alimentaria y calidad. Otros factores a considerar son la humedad, la luz, manipulación física, la colocación cerca de otros productos a los que podría contaminar el alimento y la protección contra roedores, aves e insectos.

**Paso 2: ¿Qué prueba utilizar?**

Se debe determinar cuidadosamente el tipo de prueba que se llevará a cabo para calidad y seguridad del producto. No todas las pruebas son aptas para todos los productos. Los análisis se pueden dividir en cuatro grupos:

*Evaluación sensorial.* La prueba sensorial se realiza al olor, apariencia, sabor y textura del alimento. Ésta puede ser utilizada para monitorear y registrar cambios obvios al producto que pueden ocurrir en un tiempo. Las pruebas deben realizarse a las condiciones para las cuales el producto fue designado a venderse o consumirse. Idealmente esta prueba debe realizarse por un panel entrenado de jueces utilizando un reconocido método de evaluación.

*Microbiológicos.* Estas pruebas pueden utilizarse para evaluar tanto la calidad de los alimentos y la seguridad. Las pruebas se pueden hacer para estimar cambios en el número y el tipo de organismo (levaduras, mohos o bacterias) que se producen en el tiempo. Dependiendo del producto se exigirán distintas pruebas útiles para la identificación de cualquier intoxicación alimentaria y organismos presentes, estos resultados se rigen según normas microbiológicas y directrices de orientación sobre los tipos de organismos y su cantidad presente en el alimento, que demuestran si pueden considerarse aceptables, o inseguros, en un alimento.

*Química.* Pruebas que pueden detectar cambios en la calidad del producto a lo largo de su vida útil. Ejemplos de pruebas químicas incluyen el pH, presión de gases, ácidos grasos libres y el total de nitrógeno.

*Físico.* Estos incluyen pruebas para medir la textura del producto, el examen de los envases, pruebas de despacho.

***Paso 3: Plan de la vida útil de estudio***

Considerar los siguientes puntos cuando prepare su plan de estudios de vida de anaquel detallado:

- ✓ ¿Qué pruebas deberán llevarse a cabo?
- ✓ ¿Cuánto tiempo ejecutará el estudio, y cuán a menudo se llevarán a cabo los ensayos?
- ✓ Incluir las fechas de muestreo en su plan. Se sugiere que el muestreo se lleve en el comienzo, en el punto final de destino y en unas tres ocasiones en el medio. Otros muestreos deben llevarse a cabo más allá de la meta a confirmar el punto final de selección.
- ✓ ¿Cuántas muestras se pondrán a prueba cada vez? Al menos tres paquetes del producto deben ser probado en cada muestreo,
- ✓ ¿Cuántas muestras se necesitarán para todo el período de estudio?
- ✓ ¿Cuándo se debe ejecutar el estudio? Lo ideal sería que se lleve a cabo en la temporada en la que es más probable que cause problemas, generalmente en verano. El estudio debe llevarse a cabo más de una vez para tener en cuenta la variabilidad del producto.

***Paso 4: Ejecutar el estudio de vida de anaquel de un producto:***

Durante el estudio las muestras se almacenarán en las mismas condiciones que su producción normal, desde la fabricación hasta el consumo. Si esto no es posible las muestras deben ser almacenadas a temperatura y humedad conocidas. Estos deben ser controlados y registrados periódicamente.

***Paso 5: Determinar vida de anaquel del producto:***

Finalmente se determina el momento en el cual el producto ya no cumple la norma de calidad. Utilizando toda la información que se ha obtenido a través de lo observado y registrado, se puede decidir cuánto tiempo puede mantenerse el producto y seguir siendo de una calidad aceptable y segura.

**Paso 6: Monitorear la vida de anaquel del producto:**

Las muestras deben ser estudiadas por los factores más importantes para ese producto que el estudio de la vida útil indicó, por ejemplo, acidez, pérdida de sabor, el nivel de corrupción etc.

Si esta prueba muestra que el anteproyecto de vida de anaquel es inadecuada, debe ser ajustado. También es fundamental que el estudio de la vida útil sea repetido después que exista algún cambio en la producción o en el área del proceso.

2) **Método indirecto:** es el enfoque acelerado de los usos de almacenamiento y / o el modelo predictivo microbiológico para determinar una vida útil. Los dos métodos más comunes son:

- ✓ **Pruebas de vida de anaquel acelerada:** El período de prueba se acorta deliberadamente por el aumento de la tasa de deterioro. Esto por lo general sucede por el aumento de la temperatura de almacenamiento. Los resultados se utilizan para estimar la vida útil bajo condiciones normales de almacenamiento.
- ✓ **Modelos de predicción:** Modelos de predicción son ecuaciones matemáticas que utilizan la información de una base de datos para predecir el crecimiento bacteriano en condiciones definidas. Pueden ser usados para calcular la plataforma la vida de un alimento. Información sobre los cambios que se producen en el producto cuando se deteriora, las propiedades del producto y el envasado es necesario para los cálculos. La mayoría de modelos de predicción son específicos para determinados los tipos de organismos.

(Labuza1982)

**E. Propiedades generales a considerar.**

En la antigüedad y hasta la fecha los puntos de cocción de un producto de confitería se asociaron con la forma estable cuando enfría. En ollas abiertas, se recomienda balancear el contenido de azúcar y glucosa de 70/30 % para evitar la formación de cristales indeseables y proteger a la sacarosa que como disacárido ofrece alta capacidad de cristalización con un monosacárido como la glucosa que es higroscópico. Esta mezcla previene la cristalización indeseable y permite cristales más transparentes y brillantes. No obstante, en cocedores de película o al vacío, se recomienda modificar esa relación: Un cocedor de película maneja relaciones de 60/40 %, mientras los cocedores al vacío 65/35 %.

1. **Edulcoración.** Según aumenta la concentración, la diferencia de dulzor con la sacarosa disminuye. Por lo tanto, cuando los jarabes se usan con sacarosa en productos ricos en concentración de edulcorantes

totales, hay una menor pérdida aparente de edulcoración, en comparación con productos menos dulces y/o productos en los que se utiliza un solo edulcorante.

La edulcoración también está influenciada por la temperatura. Aumenta a mayores temperaturas y ante la presencia de otros componentes alimentarios como las sales. Junto con la intensidad de la edulcoración, también los diferentes tipos de azúcares se perciben de distintas formas. La fructosa proporciona una sensación de dulzor casi instantánea. El efecto edulcorante de la sacarosa y la maltosa permanecen en el caramelo, lo que puede producir otros sabores. En cuanto a la dextrosa, está en un término medio en cuanto a la duración del efecto edulcorante. (Subovsky M.,2000)

2. **Humedad.** La forma de cristalización de los azúcares depende del contenido de humedad y éste de la cantidad de agua que se evapora durante la cocción. Por ello el ingrediente más importante de un dulce es el agua. El agua es vida y cuando se presenta una mayor cantidad de agua en un alimento es susceptible de favorecer el crecimiento de bacterias, hongos y levaduras y desde luego a producir reacciones químicas y reacciones enzimáticas en forma indeseable.

En el caso de los dulces, el problema se agrava cuando la naturaleza **higroscópica** de los azúcares tiende a absorber agua del ambiente, durante y después de la cocción. (Ventura. F.; 1990)

3. **Viscosidad.** La viscosidad es la medida de la resistencia interna del fluido al flujo, ésta generalmente es medida en unidades de centipoise. La viscosidad de la miel es indicativa del contenido de humedad, su fluidez no tiene que ver con la formación de burbujas y por ello la práctica incorrecta entre consumidores de verificar la formación de burbujas es incorrecta. Todo líquido viscoso presenta este comportamiento. En general los líquidos desde el punto de vista de la viscosidad se pueden clasificar como newtonianos y no newtonianos. Estos a su vez pueden agruparse dentro de los fluidos independientes del tiempo. La velocidad de deformación es función de la tensión de corte aplicada. En los fluidos dependientes del tiempo la relación entre el gradiente de velocidad y el esfuerzo cortante dependen del tiempo. Las mieles de trébol presentan un comportamiento newtoniano, su viscosidad está en función de la humedad y del contenido de azúcares y de la temperatura.

Conforme avanza la temperatura los jarabes se espesan, las burbujas que producen son cada vez más pequeñas y como consecuencia, se modifican las propiedades reológicas. De este modo la viscosidad se transforma en consistencia y la consistencia en textura. (Ventura. F.; 1990)

4. **Presión osmótica.** Una medida exacta de la presión osmótica de una disolución no diluida se logra determinando el exceso de presión que es necesario aplicar sobre aquélla para evitar el paso del disolvente a través de la membrana. En consecuencia, la presión osmótica se define como el exceso de presión, con

respecto a la que existe en el disolvente puro, que es preciso aplicar a la disolución para evitar que aquél pase a través de una membrana semipermeable perfecta. (Rockland Louis B.,1987)

5. **Evaluación sensorial.** Se ocupa de la medición y cuantificación de las características de un producto, ingrediente o modelo, las cuales son percibidas por los sentidos humanos. Entre dichas características se puede mencionar por su importancia: Apariencia, olor, sabor, y textura.

Sabores básicos: la lengua cuenta con cuatro tipos distintos de papilas gustativas, que hacen que los sabores sean percibidos. Así, el sabor dulce se detecta en la punta de la lengua, el amargo en la parte posterior y por último el ácido en los lados posteriores de la lengua.

Sensaciones: son un conjunto de estímulos percibidos a nivel gustativo y que no necesariamente son un sabor. Las sensaciones físicas son las temperaturas, frío, caliente, etc. Mientras que las sensaciones químicas son la astringencia y la pungencia.

De manera muy estrecha con el sabor se encuentra el olor. El olfato es el sentido por medio del cual se perciben algunas propiedades de las sustancias que estimulan las células olfativas. Comprende de una gama de productos liberados por la masticación y contacto con la saliva de algún producto alimenticio y son parte fundamental de la percepción del sabor, incluso superior a la sensación gustativa.

**a. Jueces:**

- 1) Juez analítico: éste es seleccionado por tener una capacidad sensorial específica, y que recibió un entrenamiento o capacitación.
- 2) Juez consumidor o afectivo: como su nombre lo indica debe ser representativo de un grupo de consumo.

**b. Métodos:**

- 1) Analíticos:
  - a) Diferenciación: se puede realizar con panelistas especializados o no, la pregunta que se plantea es si existe una diferencia entre las muestras. Estos pueden ser:
    - Duo-Trio
    - Comparación Pareada
    - Comparación Múltiple
    - Test Triangular

b) Análisis descriptivo: se requiere de panelistas especializados, el cuestionamiento es respecto a ¿Qué diferencias hay? y ¿Cuán diferentes son? El método se denomina Quantitative Descriptive Analysis (QDA).

c) Ordenación: también se requieren de panelistas especializados y se cuestiona cual es mas o cual es menos.

2) Preferencia:

Afectivos: un panel de consumidores se cuestiona ¿cual prefiere?

**c. Instrucciones y normas para realizar una evaluación sensorial.** Se debe mantener silencio, y concentrarse en la prueba, leer las instrucciones y evaluar la prueba independiente, entendiendo bien el objetivo de la prueba, conocer el producto que se está evaluando, enjuagarse perfectamente con agua entre muestra y muestra, no fumar ni comer nada cuando menos 30 minutos antes de la evaluación, evitar el uso de cremas y lociones que puedan sesgar los sentidos del gusto y el olfato, no deben participar panelistas que se encuentren enfermos de las vías respiratorias y no se deben tomar en cuenta factores ajenos a la finalidad de la prueba, hay que ser lo más objetivo posible.

(Instructivo pruebas sensoriales Lucta, México, Niasa)

### III. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto tiene como objeto diseñar la línea de proceso y la formulación de un dulce, con la incorporación parcial de melaza en su mezcla, que en su desarrollo, cumpla con las características de un dulce duro tipo caramelo aceptable al mercado. Se pretende desarrollar un producto guatemalteco con una mayor vida de anaquel, nuevo en la rama de confitería, con la disponibilidad amplia de materias primas nacionales, con el beneficio de la aportación de azúcares, tanto no reductores como reductores, de la melaza y la ventaja del bajo costo de ésta, que a su vez reducirá costos de fabricación.

Por otra parte, se analizará la aceptación del producto nuevo en el mercado y el análisis financiero del proceso, para obtener conclusiones y así poder recomendar sobre los aspectos en los cuales se deberá mejorar.

## IV. OBJETIVOS

### A. GENERAL

- Formular un dulce duro tipo caramelo, con la utilización parcial de melaza en su fabricación, desarrollando un producto nuevo que incremente ventas de la empresa, adaptando una línea de proceso industrial para su producción.

### B. ESPECÍFICOS

#### 1. Caracterización de la melaza

- Caracterizar los azúcares y porcentajes de sólidos disueltos en la melaza utilizada para la fabricación del dulce.
- Determinar el porcentaje de humedad, el pH, el porcentaje de cenizas y la actividad microbiológica de la melaza utilizada para la fabricación del dulce.

#### 2. Formulación de producto

- Determinar la formulación del dulce y la composición porcentual, realizando pruebas a nivel laboratorio y planta piloto para validarla.
- Validar la producción a nivel industrial del dulce a través de pruebas físico-químicas, microbiológicas y sensoriales del producto terminado.
- Determinar vida de anaquel del producto terminado.

#### 3. Adaptación de línea industrial.

- Determinar los balances de masa, energía y diagrama de flujo de la línea de producción del dulce desarrollado.
- Dimensionar y seleccionar el equipo necesario para la línea de producción del dulce desarrollado.
- Diseñar la ubicación espacial de los componentes de la línea de producción del dulce desarrollado.

#### 4. Análisis económico

- Realizar un análisis económico del proyecto, obteniendo costo de producción, precio unitario de producto elaborado, la Tasa Interna de Retorno y Valor Actual Neto del mismo.

## V. PROBLEMA A RESOLVER

Las industrias de manufactura de dulces, requieren de diseños de nuevos productos, a su vez de la disminución de costos de producción y de optimizar líneas de procesos; debido a que en la fabricación de dulce, la desproporción de la sacarosa con respecto a la glucosa en la mezcla de dulce, promueve que la variación de los porcentajes requeridos, representen pérdidas económicas y productos fuera de las especificaciones. De esta forma el trabajo promueve el diseño de una línea de proceso eficiente y la sustitución de cierta proporción de los componentes de la miel de dulce actual con melaza, para que ésta proporcione sus propiedades fisicoquímicas y organolépticas a dicha miel y así variar el producto final.

## VI. METODOLOGÍA

### A. ETAPA PRELIMINAR

1. Se realizó una visita a un ingenio azucarero, para familiarizarse con el proceso del azúcar, y los subproductos (Melaza) que en éste se obtiene, así como también con las propiedades de las mismas.
2. Se buscaron fuentes bibliográficas y estudios previos, con información acerca de los fundamentos de la industria manufacturera de dulces duros, materias primas utilizadas, diseño de las líneas de proceso y de la formulación de dulces a partir de melaza. Adentrando en características, procedimientos, análisis físico-químicos y datos estadísticos de los mencionados con anterioridad.

### B. CARACTERIZACIÓN DE LA MELAZA

1. Se adquirió un volumen de 30 galones de melaza de ingenio Santa Ana.
2. Se tomó una muestra de melaza la cual se envió el 11 de junio del 2008 a laboratorios de Niasa y externos a la empresa para poder caracterizar los azúcares, por el método de HPLC, y metales presentes, por el método de ICP, en la Melaza a utilizar.

### C. FORMULACIÓN DEL DULCE CAMELO

1. Se realizaron pruebas experimentales durante los meses de junio y julio del año 2008, a nivel de planta piloto, para determinar la formulación del producto a desarrollar.
2. Se realizaron pruebas a nivel industrial el 12 de agosto del 2008, según la formulación previamente determinada. Midiendo posibles variables dentro del proceso.

### D. ANÁLISIS DE CONTROL

1. Se desarrollaron análisis (físico-químico y microbiológico) del comportamiento del producto terminado.

### E. DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE EQUIPO

1. Se seleccionó, dimensionó y diseñó equipo industrial para la línea de proceso de la fabricación del caramelo duro.
2. Se diseñó el espaciamiento de los equipos de la línea de producción y el área a utilizar de la operación de producción del caramelo duro.

3. Se midió las diferencias organolépticas y la aceptación del producto desarrollado, por medio de pruebas estadísticas sensoriales, siendo estas pruebas triangulares y de preferencia respectivamente. Dichas pruebas se realizaron en laboratorios externos a la empresa Niasa subcontratada por ellos mismos y se desarrollaron en otro laboratorio donde ingenieras en alimentos desarrollaron las mismas pruebas, las fechas de realización de las pruebas se llevaron a cabo durante el mes de septiembre.

#### F. VIDA DE ANAQUEL

1. Se realizaron pruebas por métodos indirectos para la determinación de la vida de anaquel del producto final por medio de pruebas aceleradas y fundamentado en datos estadísticos teóricos para la industria de la confitería. El periodo de evaluación inició el 09 de agosto del 2008 y finalizó la primera semana del mes de noviembre del 2008.

#### G. ANÁLISIS ECONÓMICO

1. Se listaron los costos fijos y variables de producción de la línea de producción del caramelo duro de melaza incluyendo costo de mano de obra a doble turno, costos de insumos, inversión de equipo incluyendo factores de montaje, instalación etc. Costos energético según la demanda de cada equipo y así se construyó el flujo de caja según las ventas anuales determinadas previamente por el número de unidades producidas e incluyendo la depreciación. Dicho análisis se desarrolló durante el mes de octubre del 2008 con ayuda del departamento de contabilidad de la empresa Niasa y el Ingeniero Muñoz asesor económico de Universidad del Valle de Guatemala.

#### H. ETAPA FINAL

1. Se analizaron los resultados obtenidos y se consideraron mejoras y recomendaciones para la elaboración del caramelo de melaza.
2. Luego de calculados todos los parámetros requeridos por el proyecto se procedió a redactar el informe final.

## VII. RESULTADOS

**Cuadro 5.** Caracterización de azúcares presentes en la melaza utilizada.

Azúcar	Porcentaje obtenido
Fructosa	7.58%
Glucosa	4.41%
Sacarosa	34.03%

**Cuadro 6.** Sólidos totales presentes en la melaza utilizada.

Sólidos totales	184,740 mg/L
-----------------	--------------

**Cuadro 7.** Caracterización de los metales presentes en la melaza utilizada.

Metal	Concentración en mg/L
Fe	33.78
Cu	3.104
Ca	1989.07
Mg	767.328
P	100.156
Zn	1.462
Mn	2.764

**Cuadro 8.** Características químicas de pH, porcentaje de humedad relativa y porcentaje de cenizas, de la melaza utilizada.

Propiedad	Valor obtenido
Ph	5
Humedad relativa	4.3%
Cenizas	2.55 %

**Cuadro 9.** Características microbiológicas de la melaza utilizada.

Análisis	Resultado dulce melaza UFC/g	Límite norma COGUANOR
E. Coli	< 10	Negativo
Coliformes	<10	<100
Staphylococcus Aureus	<10	Negativo
Mohos	<10	<1000
Levaduras	10	<1000
Recuento total de aerobios	180	<100,000

**Cuadro 10.** Formulación del dulce elaborado para un lote inicial de 35Kg y su composición porcentual de masa en base húmeda.

Materia utilizada	Dulce sin sabor ± 0.1Kg	Porcentaje másico (%)	Dulce con mayor cantidad de sabor ± 0.1Kg	Porcentaje másico (%)	Dulce con menor cantidad de sabor ± 0.1Kg	Porcentaje másico (%)
Agua	5.610	16.020	5.610	15.890	5.610	15.947
Azúcar sacarosa	18.702	53.431	18.702	52.981	18.702	53.163
Azúcar glucosa	8.015	22.906	8.015	22.703	8.015	22.784
Melaza	2.671	7.632	2.671	7.560	2.671	7.592
Sabor caramelo	0.000	0.000	0.300	0.849	0.180	0.511

**Cuadro 11.** Propiedades físico-químicas determinadas para el producto terminado.

Propiedad	Valor obtenido
pH	4.34
Azúcares reductores	12.545%
Azúcares totales	68.259%
% de sacarosa	52.933%
Humedad relativa	0.4%
Cenizas	1.5%

\* Factor de Fehling para le reactivo A es de 0.05570

**Cuadro 12.** Análisis microbiológico obtenido para el producto terminado comparado con el análisis de un dulce comercial de la empresa Niasa.

Análisis	Resultado dulce melaza UFC/g	Dulce formulación normal UFC/g	Límite norma COGUANOR NGO 34 156
E. Coli	< 10	< 10	Negativo
Coliformes	<10	<10	<100
Staphylococcus Aureus	<10	<10	<10
Mohos	<10	<10	<1000
Levaduras	30	80	<1000
Recuento total de Aerobios	290	<10	<100,000

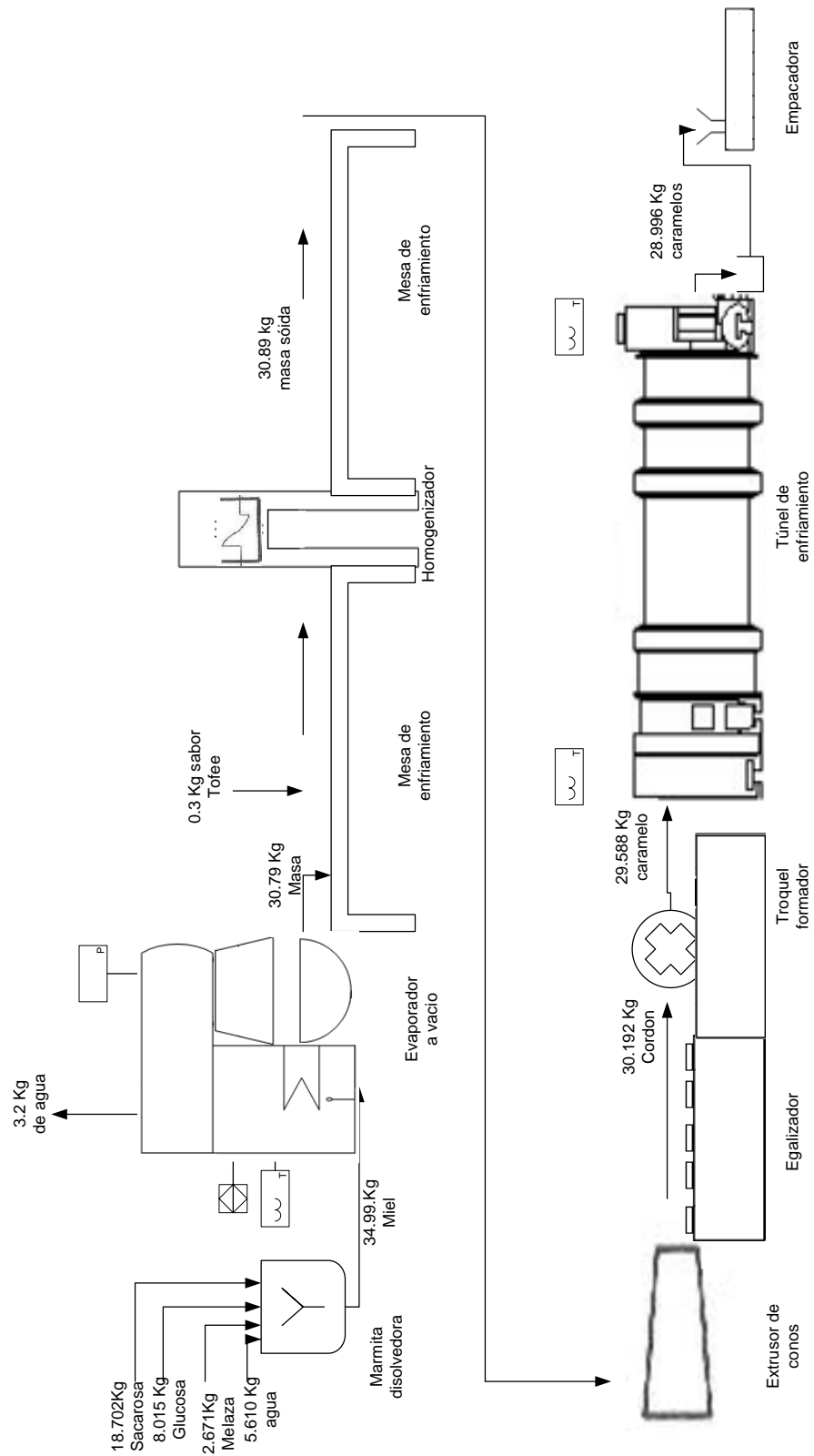
**Cuadro 13.** Análisis sensorial realizado para los tres distintos dulces elaborados.

<b>Prueba realizada</b>	<b>Hipótesis aceptada</b>	<b>Hipótesis rechazada</b>
Prueba triangular	H <sub>1</sub> : Hay diferencia significativa en el sabor de los dos dulces, con sabor caramelo artificial en su formulación.	H <sub>0</sub> : No hay diferencia significativa en el sabor de los dos dulces, con sabor caramelo artificial en su formulación.
Prueba de preferencia	H <sub>1</sub> : Hay preferencia y por lo tanto diferencia entre el dulce sin sabor artificial en su formulación y el dulce con mayor proporción de sabor artificial en su formulación.	H <sub>0</sub> : No se detectan preferencias entre el dulce sin sabor en su formulación y el dulce con mayor proporción de sabor caramelo artificial en su formulación.

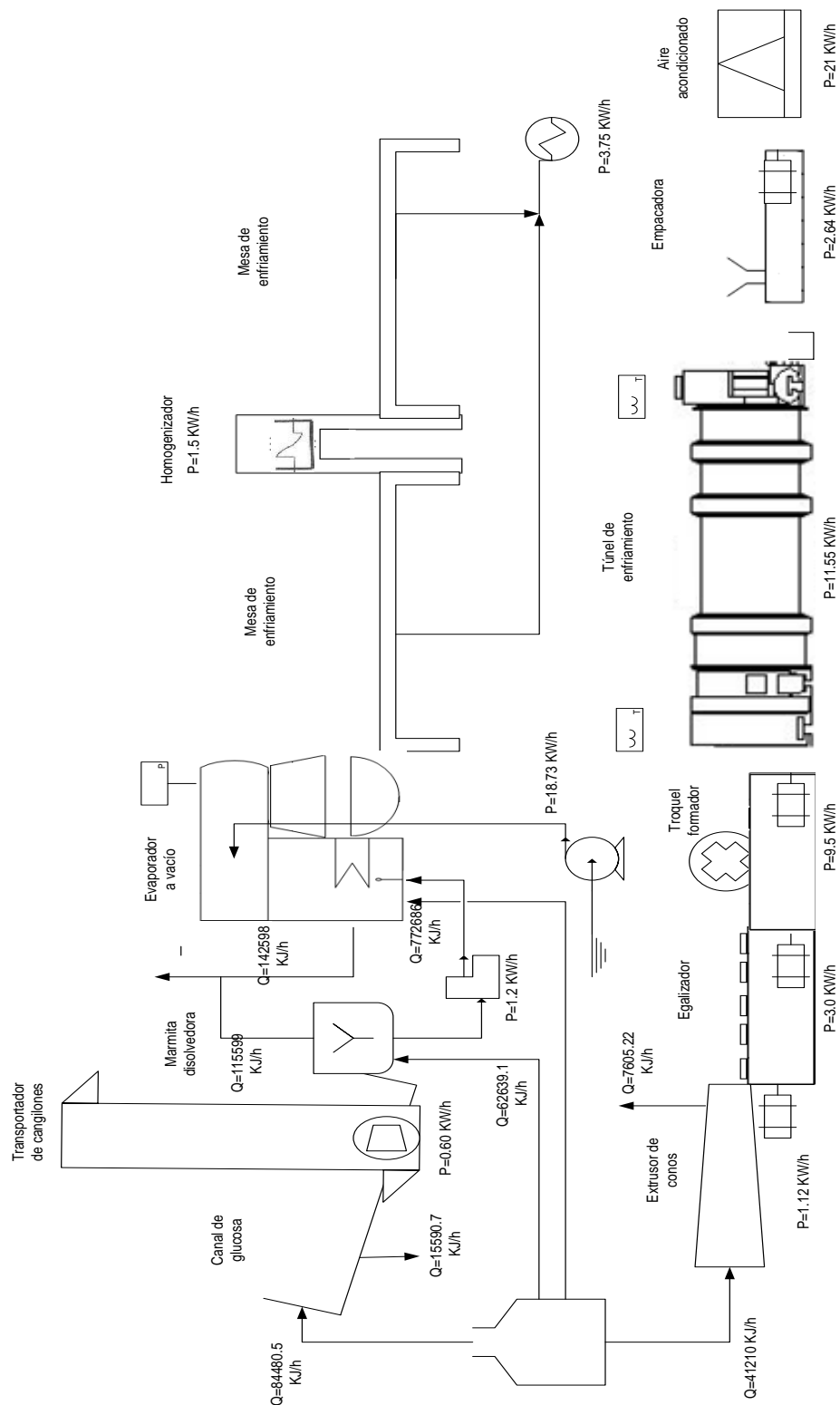
**Cuadro 14.** Vida de anaquel determinada para el producto terminado.

<b>Vida de anaquel</b>	1 año
------------------------	-------

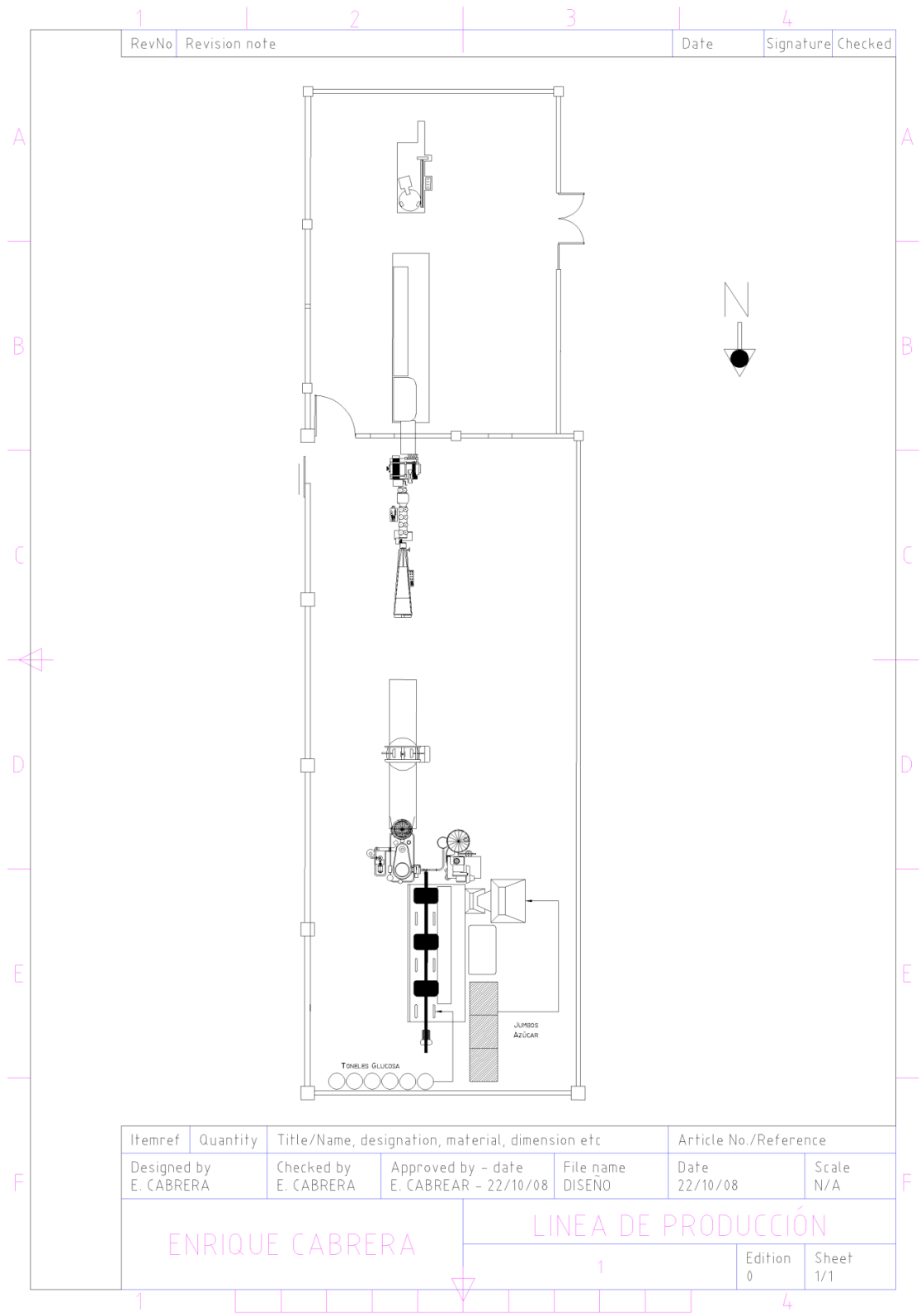
**Figura 14.** Diagrama de flujo de la línea de proceso indicando los equipos relacionados con el balance de masa del producto desarrollado.



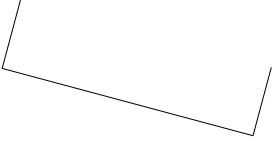
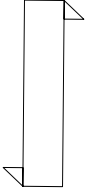
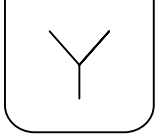
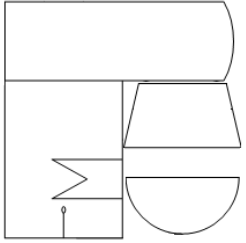
**Figura 15.** Diagrama de flujo de la línea de proceso indicando los equipos relacionados con el balance de energía del producto desarrollado.

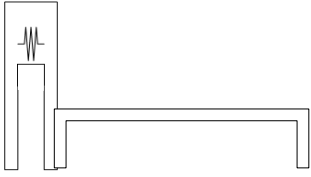
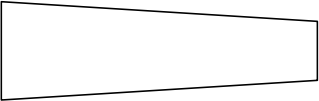
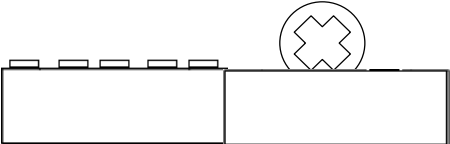


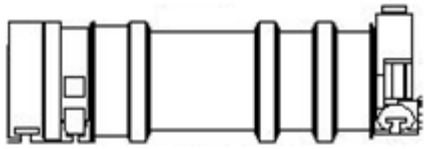
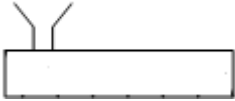
**Figura 16.** Ubicación espacial de la línea de proceso de producción del dulce desde punto de Vista aérea.



**Cuadro 15.** Especificaciones del los equipo principales y equipo auxiliares utilizados en la línea de proceso para la fabricación del dulce.

Grafico asociado al diagrama	Nombre del equipo	Especificaciones
	Canal de glucosa	<p>Material: acero inoxidable, con enchaquetado de vapor que condensa y recircula como agua caliente al tanque de agua tratada de la caldera.</p> <p>Inclinación: de 25° respecto a la horizontal.</p> <p>Demanda de vapor: 84480.5KJ/H</p> <p>Dimensiones: 10m de largo, 1.0 m de ancho y 1.5 m de alto.</p> <p>Uso: dosificación de la glucosa a la marmita.</p>
	Elevador de cangilones	<p>Capacidad: 2.7 m/h</p> <p>Altura: 3.5 m</p> <p>Velocidad: 88 rpm</p> <p>Separación entre cangilones: 3 ¼ in</p> <p>Material: carbón galvanizado</p> <p>Head pulley: 4 ¼ in</p> <p>Motor: demanda una potencia de 0.6 KW/h</p> <p>Uso: dosificación de la sacarosa a la marmita.</p>
	Marmita disolvedora	<p>Capacidad: 50 L de solución azucarada.</p> <p>Consumo de vapor: 62639.1 KJ/h</p> <p>Conexión de vapor: 1 ¼"</p> <p>Conexión para condensaciones: 1 ½" x 1 ¾"</p> <p>Accionamiento eléctrico: motor de 1,5/2, 5 HP de 750/1500 rpm.</p> <p>Dimensiones:</p> <p>Ancho: 1430 mm</p> <p>Altura: 2160 mm</p> <p>Profundidad: 2150 mm</p> <p>Ancho de pared: 1".</p> <p>Peso: 1200 Kg</p> <p>Uso: elaboración de la miel</p>
	Cámara presurizada y evaporador cocedora	<p>Capacidad: 50 L de solución azucarada.</p> <p>Consumo de vapor: 772686 KJ/h</p> <p>Conexión de vapor: 1 ¼"</p> <p>Accionamiento eléctrico: motor de</p> <p>Dimensiones:</p> <p>Diámetro: 70 mm</p> <p>Perímetro de evaporador y perol recibidor: 2.0 m</p> <p>Altura: 3600 mm</p> <p>Ancho de pared: 1".</p> <p>Peso: 1200 Kg</p> <p>Uso: concentración de la miel inicial.</p>

	<p>Homogenizador amasadora y mesa de enfriamiento</p>	<p>El homogenizador se compone de dos brazos mecánicos con una demanda energética de 1.5 KW y junto con la mesa, poseen un flujo de agua de enfriamiento para el manejo de la carga del dulce proveniente de un intercambiador de calor de concha y tubos con un consumo energético de 3.75 KW.</p> <p>Largo: 500 cm          Altura: 75 cm          Dimensiones del amasador:          Ancho: 40 cm y Altura: 170 cm          Uso: Homogenizar y dar consistencia a la mezcla de caramelo con los saborizantes.</p>
	<p>Extrusor de conos bastoneador</p>	<p>Capacidad: 75 Kg          Motores: 2 de 0.75 KW y 1500 rpm.          Consumo de vapor máximo:          Conexión a vapor: ½".          Conexión a agua de condensación: ½".          Dimensiones:          Largo: 235 cm          Ancho: 72 cm          Alto: 214 cm          Peso: 650 Kg          Uso: Reducción del diámetro de la masa de caramelo.</p>
	<p>Egalizador calibrador y troquel formador</p>	<p>Para el dulce procesado con 27 mm de longitud y 4.8 g de masa.</p> <p>Motores: 1 de máximo 2 KW y 1 de 1500 rpm de 4 KW          Resistencia: 220 Volts y 150 watts          Enfriamiento: 1 blower de 1.7 KW de 3000 rpm          Dimensiones egalizador:          Largo: 120 cm          Ancho: 40 cm          Altura: 75 cm          Diámetro de disco: 6"          Altura de disco: 1".          Dimensiones Troquel:          Ancho: 2700 mm          Largo: 1020 mm          Altura: 1590 mm          Peso de troquel: 1250 Kg          Uso: para dar forma al cordón del caramelo y formar la figura del producto final.</p>

	<p>Túnel de enfriamiento</p>	<p>Material: Acero inoxidable  Dimensiones:  Largo: 4.20 m  Altura: 1.0 m  Ancho: 1.34 m  Demanda energética: 11.55 KW/h  Uso: dar el intercambio de calor necesario, disminuyendo la temperatura del caramelo para dar consistencia física al producto.</p>
	<p>Empacadora Tec Maq</p>	<p>Velocidad de embalaje: (pcs/minuto) 10-450  Voltaje : 380V 5HZ  Energía total (kw) : 2.5  Material de base: hierro negro  Material de operación: acero inoxidable  Peso neto de la máquina (kg) : 1900  Dimensiones:  Largo: 2600 mm  Altura: 1600 mm  Ancho: 1100 mm</p>

**Cuadro 16.** Tasa Interna de Retorno (TIR) y Valor Actual Neto (VAN) obtenido del análisis económico del proyecto, para el que se determinaron el costo de producción y precio de venta para una cantidad en masa y unidades de caramelo producidos en un periodo de un año.

<b>Masa de caramelo a producir anual</b>	366436.224 Kg caramelo/ año
<b>Unidades a producir anualmente</b>	101787840 dulces / año
<b>Costo de producción</b>	Q. 0.03734/ dulce
<b>Precio de venta</b>	Q. 0.04480/ dulce
<b>TIR</b>	29.51%
<b>VAN</b>	Q. 9,605,903.87

## VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este trabajo de investigación se logró formular un caramelo duro con la utilización parcial de melaza, adaptando una línea de producción para un proceso de escala industrial, desarrollando un producto nuevo para la industria, manteniendo las propiedades organolépticas de los dulces guatemaltecos y mejorando su proceso de manufacturación en los aspectos operativos, microbiológicos y económicos.

Para dar inicio a dicha investigación se sustentó la información obtenida realizando pruebas experimentales, basándose en las formulaciones y condiciones de un caramelo duro comercialmente común en el mercado nacional.

Para poder alcanzar el objetivo principal o global del proyecto se debieron obtener ciertos resultados previos y necesarios para desarrollar el tema. Dentro del contexto el primer resultado fue, la caracterización de los azúcares y de los porcentajes de sólidos disueltos en la melaza, melaza que se obtuvo del ingenio Santa Ana y se utilizó en cada una de las pruebas realizadas. Con dichos análisis se obtienen como resultados 34.93% de sacarosa, 7.58% de fructosa y 4.41% de glucosa en la melaza utilizada. Los sólidos totales presentes en la melaza son 184.740 mg/L en una concentración dada de masa/volumen los cuales se especifican y cuantifican en el cuadro 7 de la sección de resultados.

Estos resultados nos indican que la melaza sigue conteniendo elevados porcentajes de sacarosa en su composición los cuales no son extraídos de la misma ya que el proceso no sería rentable ni eficiente para la operación. Por lo que, como el valor obtenido lo indica, la melaza a utilizar aporta grandes cantidades de sacarosa al caramelo que formará y contribuirá al cuerpo y textura característica del caramelo.

Por otra parte, como también nos lo indican los valores obtenidos, la melaza por ser sometida a casi todo el proceso de extracción de la sacarosa posee moderadas cantidades de azúcares no cristalizables, los cuales representan una gran ventaja para la manufacturación del caramelo, ya que éstas junto con demás sirope de glucosa que se agregará al caramelo tienen como objetivo principal retardar la cristalización de la carga de caramelo a trabajar, función muy importante en el proceso de manufacturación de un caramelo, ya que sin éstas el caramelo no tendría el tiempo suficiente para poderse tratar, homogenizar, moldear y empacar. Aparte de ello estas azúcares agregan valor a lo que a calidad del caramelo se refiere ya que estas aportan una mejor textura a la superficie del caramelo y mejoran las apariencias físicas del mismo, como la forma y la brillantez de la pastilla de caramelo obtenida.

El otro resultado obtenido indica que la cantidad de sólidos en mg de sólidos totales por litros de solución, que la melaza presenta en su composición una elevada cantidad de sólidos. La elevada concentración de sólidos totales en la melaza representa una fuente energética para el consumidor, pero que al

mismo tiempo si se exagera su consumo puede representar una amenaza para el cuerpo humano por el sobreesfuerzo que deberían realizar los riñones para asimilar la melaza.

Entre otros análisis que se le realizaron a la melaza utilizada están la caracterización físico-química y microbiológica de la melaza las cuales se exponen en los cuadros 8 y 9. Dichos valores obtenidos indican que tanto físico-químicamente como microbiológicamente la melaza es apta para poder elaborar un caramelo duro, esto debido a que presenta un nivel de acidez moderado pH 5 lo que ayuda a inhibir el crecimiento de patógenos en la misma, tiene un nivel de humedad relativa bajo de 4.3% la cual aporta agua para disolver la solución y puede ser removida fácilmente en la evaporación por su bajo contenido, y un porcentaje de cenizas de 2.55%, todos los parámetros aceptables según la norma COGUANOR NGO 34 156 para caramelos duros y blandos. Los resultados lanzados por las pruebas microbiológicas representados en el Cuadro 9 dan valores muy por debajo de los parámetros permisibles según la misma norma COGUANOR NGO 34 156, ya que si no es nula la presencia de patógenos en la melaza es casi despreciable.

Entre otro de los objetivos se tiene la definición de la formulación del caramelo, la cual no se hubiese podido definir científicamente sin los datos obtenidos con anterioridad, estos datos proporcionaron las fracciones de las azúcares presentes en la melaza que formaran parte del caramelo, así conociendo dichas fracciones conjunto con las de las demás materias primas que componen al caramelo, sea el caso de la glucosa (sirope de maíz) y la sacarosa (azúcar de mesa) se lograron definir cantidades en masa que se asemejaran en proporciones a lo se define como caramelo duro en su relación de sacarosa- glucosa. Las cuales dieron como resultados las formulaciones expuestas en el cuadro 10 de la sección de resultados. Para definir dichas cantidades de la formulación, se realizaron pruebas a escala laboratorio donde, debido a las malas condiciones de operación y de trabajo de cada equipo, se reiteró en seis ocasiones la práctica modificando equipos y variables de operación, hasta obtener un producto que ya no presentara características fuera de especificación según la definición de caramelo duro, teniendo la experiencia de esta prueba, se adecuaron las condiciones para poder realizar la prueba a escala planta piloto, en la cual se mejoraron las condiciones de trabajo especialmente de los equipos. Teniendo dicha prueba con cantidades establecidas se volvió a repetir en exactas condiciones para garantizar la operación de dicho producto a nivel industrial; prueba que se realizó posteriormente con una carga mayor en masa, la cual se compensó proporcionalmente con los valores obtenidos en las pruebas anteriores y se desarrolló en equipo industrial en la empresa Niasa, dedicada a la manufacturación de caramelos. La ilustración de cada una de las pruebas realizadas desarrolladas anteriormente se detallan en las Figuras 20 a la 44.

Una vez obtenida la formulación del dulce se procedió a validar la producción a nivel industrial del caramelo terminado a través de pruebas físico-químicas, microbiológicas y sensoriales del producto terminado. Los valores de los resultados obtenidos de las pruebas se expresan en los Cuadros 11 y 12 para las pruebas físico-químicas y microbiológicas respectivamente, los cuales demuestran que el producto obtenido es un caramelo que cumple con todos los requisitos exigidos por la norma COGUANOR NGO 34 156 para

caramelos duros y blandos, se obtuvo una humedad relativa de 0.4% muy por debajo del límite de 2.0%, que demuestra un contenido muy bajo de humedad en el dulce, lo cual representa una baja actividad acuosa en el caramelo lo que nos ayuda a evitar el crecimiento microbiano y mantiene las propiedades físicas del caramelo, también se obtuvo un porcentaje de cenizas total de 1.5% es menor a los 2.5% permitidos por la norma, siendo estos los únicos parámetros de comparación, que nos indican que el producto obtenido cumple con especificaciones a nivel nacional. Donde los valores obtenidos de azúcares reductores o azúcares no cristalizables están presentes en un 12.54%, y el resto en su mayoría sacarosa, tal como se esperaba según los análisis realizados previamente a la melaza y según la formulación desarrollada. En lo que respecta a los análisis microbiológicos el caramelo se comparó con otro caramelo duro de la empresa Niasa y se midió con los parámetros de la norma antes mencionada COGUANOR NGO 34 156 para caramelos duros y blandos, ambos, listados en el Cuadro 12. Los valores obtenidos para el dulce de melaza fueron menores a los de los obtenidos por el caramelo duro de la empresa Niasa, y menores a los de los límites de la norma, como se puede evidenciar en los valores reportados en el Cuadro 12.

Aparte de ser apto para el consumo humano se evaluó la aceptabilidad de agrado por el público. Para ello se realizaron pruebas sensoriales de las cuales se evaluaron tres dulces que tienen la misma fórmula base y por lo tanto tienen un sabor similar, pero dos de los dulces evaluados tienen sabor artificial en diferentes proporciones. La identificación de los dulces se llevó a cabo de la siguiente manera: DULCE 2010 con fórmula base sin sabor artificial, DULCE 4569 con fórmula base y dosis de sabor artificial y DULCE 6934 con fórmula base más dosis dos veces mayor a la del dulce anterior de sabor artificial.

Los dulces 4569 y 6934 tienen un sabor bastante parecido, pero difieren en costo debido a los porcentajes diferentes de sabor artificial. Para determinar si los panelistas perciben una diferencia en el sabor de estos dos dulces se llevó a cabo una prueba triangular y luego una prueba de preferencia para determinar si hay una preferencia significativa por el dulce 2010 sin sabor artificial y el dulce escogido por la prueba triangular con sabor artificial. El objetivo de la prueba triangular fue determinar si los panelistas detectan diferencia en el sabor de dos dulces que tienen los mismos ingredientes, pero contienen porcentajes diferentes de sabor artificial el 6934 doble que el 4569. Para llevar a cabo la prueba se le entregaron a cada panelista tres dulces codificados con letras diferentes, los dos dulces iguales que fueron entregados a cada panelista correspondían al dulce que contenía un porcentaje más bajo de sabor artificial (Dulce 4569) y el dulce diferente correspondía al dulce con un porcentaje más alto de sabor artificial (Dulce 6934). La evaluación fue llevada a cabo con diez personas de sexo femenino y masculino con una edad comprendida entre los 25 y 30 años. De las diez personas que evaluaron los dulces, siete personas lograron identificar el dulce diferente, es decir el dulce que contenía un porcentaje más alto de sabor artificial. Por lo que se plantearon las siguientes hipótesis,  $H_0$  = No hay diferencias significativa en el sabor de los dos dulces y  $H_1$  = Hay diferencia significativa en el sabor de los dos dulces.

Con los datos obtenidos y los datos proporcionados por de la Tabla 1 para prueba triangular ( $p = 1/3$ ) establece para diez panelistas un número mínimo de siete juicios correctos para establecer diferencias significativas con un nivel de significación del 5 %. Por lo tanto se anula  $H_0$  y se concluye que hay diferencia significativa en el sabor de los dulces con código 4569 y 6934.

En el próximo objetivo se desea conocer el grado de preferencia de dos variedades de dulces los cuales fueron formulados con los mismos ingredientes con la diferencia de que uno de los dulces lleva en su formulación un sabor artificial. Los resultados de la prueba triangular indicaron que hay diferencia significativa en el sabor de los dulces que llevan en su formulación un sabor artificial. Para llevar a cabo la prueba de preferencia se escogió el dulce que lleva un porcentaje más alto de sabor artificial (código 6934) y se comparó con el dulce elaborado con la fórmula base (código 2010). Los dulces fueron evaluados por 15 personas del sexo femenino y masculino con una edad comprendida entre los 25 y 30 años. Las hipótesis de trabajo son: “ $H_0 =$  No se detectan preferencias, las preferencias observadas se deben al azar, es decir el dulce 2010 = dulce 6934” y “ $H_1 =$  Se detectan preferencias, es decir el dulce 2010 es diferente de dulce 6934“. De las quince personas que probaron los dulces, nueve personas prefirieron el dulce con el sabor artificial y seis personas prefirieron el dulce que no tiene en su fórmula el sabor artificial.

Con los datos obtenidos y con los datos proporcionados por la Tabla 2 para prueba de preferencia se determina una  $\chi^2$  de 4.03 menor a 4.61% con 2 grados de libertad lo que justifica el establecer preferencia con un nivel de significación del 10 %. Por lo tanto se anula  $H_0$  y se concluye que hay preferencia y, por lo tanto, diferencia significativa por el dulce sin sabor 2010 que por el dulce con mayor porcentaje de sabor artificial 6934.

Luego de los datos obtenidos con anterioridad se procedió a determinar la vida de anaquel del caramelo duro con melaza sin sabor artificial, el cual fue el dulce con mayor aprobación, según las pruebas sensoriales. Para este producto se obtuvo un tiempo de vida de un año como lo indica el Cuadro 14 de la sección de resultados, el cual se determinó por modelos matemáticos de predicción, que son ecuaciones matemáticas que utilizan la información de una base de datos para predecir el crecimiento bacteriano en condiciones definidas, dichos datos se tabulan en las tablas 3 y 4 de la sección de apéndice que aplican para el caso de caramelo duro de melaza. Los modelos de predicción pueden ser utilizados para calcular la vida de anaquel de un alimento, para este caso los análisis realizados fueron los de vida acelerada donde el período de pruebas organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas se acorta deliberadamente por el aumento de la tasa de deterioro, esto generalmente sucede por el aumento de la temperatura de almacenamiento. Para el producto de caramelo duro con melaza basado en las tablas anteriormente mencionadas luego de un tiempo de vida acelera, el color, sabor y textura variaron moderadamente, pero luego del tiempo que en condiciones normales de almacenaje equivale a un año el caramelo aparte de variar físicamente como se acaba de mencionar presentó una variación de los porcentajes de azúcares, aumentando azúcares no cristalizables y

disminuyendo la cantidad de sacarosa por lo que se escogió como fecha límite de vida de anaquel de un año en tiempo que concuerda con el tiempo propuesto por la Tabla 4 del apéndice.

Teniendo la formulación del caramelo duro con melaza y la validación del mismo a escala industrial se procedió a determinar el balance de masa el cual se ilustra en las Figura 14, donde el balance de masa según formulación se parte de un lote de 35 Kg teóricos compuesto por sacarosa, glucosa melaza, agua y luego por la agregación de saborizante artificial. Donde según estudios técnicos basados en datos históricos de la industria Niasa, el porcentaje de mermas entre las máquinas puede llegar a ser de hasta un 2% en masa por lo que se tomó el extremo de esta merma entre los equipos y se obtuvo una masa final de producto terminado (caramelo de melaza) de 28.996Kg. Para el balance de energía ilustrado en la Figura 15 necesario para poder seguir en el camino del objetivo de la adaptación de la línea de producción y dimensionamiento, se dividió en dos clasificaciones de energía, la mecánica proveniente de la eléctrica y la calórica proveniente del vapor de la caldera, para esta última solamente tres equipos en la línea la requieren, los cuales son la marmita disolvedora, la bastonera y la cámara presurizada con evaporador. Como bien lo demuestra la Figura 15 estas están divididas en el diagrama de flujo donde se representan las energías calóricas en flujos energéticos con unidades dimensionales de KJ/h y la energía eléctrica convertida en mecánica en flujos energéticos de KW/h.

De las partes más importantes del diseño de la línea de producción, luego de conocer el diagrama de flujo del proceso con sus balances de masa y energía, está el objetivo de seleccionar y dimensionar el equipo de producción, para ello se utilizaron aparte de los diagramas con los balances de masa y energía los diagramas de entradas y salidas, de funciones y el diagrama de operaciones, los cuales se ejemplifican en las Figuras 17, 18 y 19. Dicha selección y dimensionamiento del equipo presenta como puntos principales de cada equipo las dimensiones, los tipos de conexiones, peso, capacidad, demanda energética eléctrica o calórica, y el material del equipo. Diseñar la ubicación espacial de los componentes de la línea de producción del dulce desarrollado, el cual se obtuvo de los diagramas del proceso y del dimensionamiento de equipo explicados con anterioridad, se ilustra en la Figura 16; layout desarrollado con vista aérea en programa de AutoCad versión 2006. Esta figura posiciona explícitamente la ubicación de los equipos y el orden del proceso de producción del caramelo en un área determinada diseñada especialmente para ello, dicho plano identifica cada área de la línea y dimensiona el área de trabajo con el que se cuenta para poder desarrollar el producto.

El último análisis realizado, el cual complementa la evaluación del proyecto de formulación de un caramelo duro con la utilización parcial de melaza y la adaptación de una línea de producción a nivel industrial para su manufacturación, es el análisis económico, el cual da como resultado una Tasa Interna de Retorno TIR de 29.51% y una Valor Actual Neto VAN de Q. 9, 605,903.87. Los ingresos se determinaron con la capacidad de producción anual de la línea de caramelo duro de melaza, donde se consideró la venta total de 101787840 unidades producidas, equivalente a 366436.224 Kg de caramelo al año. Para ello se determinó el costo por pieza de caramelo producida, siendo éste de Q. 0.03734/dulce, obtenido de la agregación de cada

uno de los costos fijos y variables anuales de producción, una vez conocido el costo de producción y estipulando una utilidad del veinte por ciento, se obtuvo un precio de venta de Q0.04480/dulce, el cual al multiplicarlo por la unidades vendidas da como resultado un ingreso monetario en el flujo de caja. Dichos resultados se exponen en el Cuadro 16 de la sección de resultados y son obtenidos por medio de los análisis de costos, inversión, depreciación, e ingresos que el proyecto genera en los primeros diez años de operación, los cuales están explícitamente calculados y determinados en los cuadros del 31 al 48 de la sección de apéndice. Para obtener dichos resultados se debió analizar el costo de mano de obra para poder operar la línea de producción, la cual se determino para dos turnos, uno de jornada diurna y otro de jornada mixta, para poder abarcar las 14h de trabajo previamente establecidas para satisfacer una demanda estipulada según el estudio de mercado, esto representa un costo para la empresa al que se le agrego las prestaciones y se modificó el pago de turno mixto según el cálculo de horas extras que trabajaran semanalmente y la afectación que estas tienen sobre el pago del séptimo día para el salario de dichos trabajadores, asemejando dicho costo a la realidad. Otro aspecto a evaluar fueron los costos de materias primas y materiales de empaque los que se calcularon para las 14h de trabajo diarias que representan un costo fijo anual al proyecto. Y con el apoyo del departamento de contabilidad de la empresa Niasa se determinaron factores de costos variables que representan los demás costos que la operación de dicha línea de producción representando demás personal administrativo y operativo de la empresa, aparte los costos fijos de fabricación del dulce y los costos fijos de la administración de dicha producción, entre los que se incluyen costos de papelería, útiles, limpieza, mantenimiento, repuestos, bodega, laboratorio, cafetería, uniformes, fumigación entre otros por mencionar, junto con el costo que el personal de los demás departamento de la empresa representan para la empresa.

También se evaluó la inversión a realizar, la cual es en su totalidad se debe a la compra del equipo, ya que se supone que se cuenta con el lugar físico y demás aspecto que no representaran ningún monto; al equipo que se le determino el costo directo de compra, más los costos de instalación, instrumentación, tubería, sistemas eléctricos y auxiliares, el cual se represento en un monto total directo al flujo de caja, dichos equipos son depreciables lo que nos disminuye la utilidad antes de impuestos y por ello disminuye el pago de impuestos, este monto retorna al flujo de caja después de impuestos, ya que es un gasto que no se realiza en realidad si no que se incluye de manera legal, por lo que no solo nos beneficia en el pago de impuestos si no que al final nos representa una cantidad no gastada como utilidad del flujo de caja. Entre otros de los costos que presentan los equipos, está la demanda energética que cada uno representa para la operación, los cuales se determinaron individualmente por equipo, dependiendo de si su consumo era energía eléctrica mecánica, o calórica.

Según todos los costo y principalmente la inversión que el proyecto representa, se tomó la decisión que el proyecto se costeara con dinero propio de la empresa y no fuera necesario el realizar un préstamo bancario, por lo que en el flujo de caja la TIR disminuye ya que el flujo de caja debe soportar el costo que representa la operación usual de la línea en los primeros diez años junto con el gasto de la inversión.

## IX. CONCLUSIONES

1. La melaza presenta una caracterización de azúcares en su composición de 34.93% de sacarosa, 7.58% de fructosa y 4.41% de glucosa en la melaza utilizada. Los sólidos totales presentes en la melaza fueron 184.740 mg/L en una concentración dada de masa/volumen.
2. La melaza es apta para la elaboración y consumo humano del caramelo duro, tanto en el aspecto físico, químico y microbiológico. Esto se debe a que no presenta actividad de patógenos en los análisis sometidos, posee un nivel de acidez moderado con un pH 5, tiene un nivel de humedad relativa bajo de 4.3% y, un porcentaje de cenizas de 2.55%.
3. La formulación determinada para los caramelos duros con la utilización parcial de melaza fue de  $5.610 \pm 0.1\text{Kg}$  de agua que corresponde a un porcentaje de 16% en masa,  $18.702 \pm 0.1\text{Kg}$  de azúcar sacarosa con un porcentaje de 53%,  $8.015 \pm 0.1\text{Kg}$  de azúcar glucosa presente en un porcentaje de 22.8%,  $2.671 \pm 0.1\text{Kg}$  de melaza correspondiente a un 7.6% y  $0.180 \pm 0.1\text{Kg}$  equivalente a un 0.51% de sabor artificial toffe para el caramelo con menor proporción de saborizante y  $0.300 \pm 0.1\text{Kg}$  que da un porcentaje de 0.85% de sabor artificial toffe para el caramelo con mayor cantidad de saborizante.
4. Los valores obtenidos de azúcares reductores o azúcares no cristalizables en el caramelo de melaza fueron obtenidos en un 12.54%, lo cual indica que el caramelo es accesible a trabajar y grato al paladar del consumidor. Las demás azúcares presentes en su mayoría sacarosa, son los componentes que dan cuerpo y finalizan la textura del caramelo.
5. La humedad relativa obtenida en el dulce de melaza es de 0.4%, lo cual representa una baja actividad acuosa en el caramelo, la acidez del caramelo es de un pH de 4.34, características que junto con los gradientes bruscos de temperatura del proceso, el caramelo de melaza no presentaba patógenos, agregado a esto el porcentaje de cenizas total determinado fue de 1.5% siendo estos los únicos parámetros de comparación con la norma COGUANOR NGO 34 156 para productos de confitería caramelos duros y blandos, que nos indica que el producto obtenido cumple con especificaciones a nivel nacional.
6. Para la prueba triangular se concluyó que hay diferencia significativa en el sabor de los caramelos con sabor artificial en su formulación en distintas proporciones, y, para la prueba de preferencia se determinó que hay preferencia y, por lo tanto, diferencia significativa por el dulce sin sabor que por el dulce con mayor porcentaje de sabor artificial.
7. Se determinó una vida de anaquel de un año para el caramelo duro con melaza sin sabor artificial debido a que fue el dulce con mayor aceptación, según las pruebas sensoriales. Resultado que se determinó por

métodos indirectos basados en modelos de predicción, que son ecuaciones matemáticas que utilizan la información de una base de datos para predecir el crecimiento bacteriano en condiciones definidas.

8. El balance de masa parte de un lote de 35 Kg según formulación de miel obtenida de la combinación de los ingredientes compuesto por sacarosa, glucosa melaza, agua y saborizante artificial. Donde según datos históricos y datos teóricos de las industrias manufactureras de caramelos, el porcentaje de mermas entre las máquinas puede llegar a ser de hasta un 2% en masa por lo que se obtuvo una masa final de producto terminado (caramelo de melaza) de 28.996Kg.
9. Los equipos determinados para la línea de producción de caramelo dulce con melaza en su formulación fueron: túnel de dosificación de glucosa, elevador de cangilones, marmita disolvedora, cámara presurizada y evaporador a vacío, amasadora y mesa de enfriamiento, extrusor de conos bastoneador, egalizador calibrador y troquel formador, túnel de enfriamiento y empacadora Tec Maq para almacenar adecuadamente al caramelo.
10. El proyecto de formulación de caramelo duro con la utilización parcial de melaza, y la adaptación de la línea de proceso a nivel industrial, en su análisis económico, para la producción de 101787840 unidades de dulce producidas en un año, equivalentes a 366436.22 Kg de masa de caramelo anual, dio como resultado una Tasa Interna de Retorno TIR de 29.51% y una Valor Actual Neto VAN de Q. 9,605,903.87, para un costo de producción inicial por unidad de dulce de Q. 0.03734 a un precio de venta inicial de Q.0.04480/ unidad. Los cuales son obtenidos por medio de los análisis de costos, inversión, depreciación, e ingresos que el proyecto genera en los primeros diez años de operación.

## X. RECOMENDACIONES

1. Al momento de realizar las pruebas a escalas menores se recomienda iniciar con lotes bajos en masa ya que solamente por experiencia de prueba y error y medición de variables características del producto obtenido, se argumenta con criterio personal si un lote de caramelo se puede considerar como un caramelo duro o no, por lo que para no desperdiciar grandes cantidades de masa se debe trabajar con lotes pequeños y con el tiempo suficiente para concentrarse y lograr las características requeridas para la miel a trabajar.
2. Otra recomendación a considerar al elaborar el proyecto son las variables a controlar en cada uno de los equipos de operación, como temperatura en la marmita para no quemar el azúcar introducida, la presión de vacío para no concentrar de más el lote de caramelo, la temperatura de la mesa y del túnel de enfriamiento para no cristalizar de manera errónea el lote y tiempos en cada equipo, esto debe ser de especial cuidado ya que por más automatizado que pueda estar el equipo la técnica de la elaboración del caramelo depende mucho de la calidad de la mano de obra y las condiciones de operación de cada equipo.
3. Se recomienda considerar un porcentaje de un índice de riesgo de más de 5%, para los imprevistos técnicos y económicos del proyecto en sí, por otra parte se recomienda la realización de pruebas a nivel laboratorio o planta piloto, de los procesos que comprenden el proyecto ya que ayuda a determinar y evidenciar variables de vital importancia para los cálculos del diagrama de flujo de la línea de producción y del diseño del equipo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Badui, S. 1981. *Química de los Alimentos*. Ed. Alhambra. México.
2. Belitz, Hans-Dieter. 1988. *Química de alimentos*. Acribia. Zaragoza.
3. Belitz, H.-D. y Grosch, W. 1997. *Química De Los Alimentos*. 2ª edición, Ed. Acribia S.A..Zaragoza.
4. Bernal S.; Biosca A. y Torregrosa R. 2001. *Utilización del jarabe de glucosa "Alta Maltosa" en la fabricación de caramelos duros*. Departamento De Análisis Instrumental De La Facultad De Ciencias Del C. E. U. de Alicante.
5. Braverman's by Z. Berk. 1976. *The Biochemistry of Foods*. Elsevier Scientific Publishing Company. Oxford.
6. Hogarth D.M. 2005. *International society of sugar cane technologists. XXV ISSCT congress Guatemala 2005; ATAGUA, Guatemala city, Guatemala*.
7. Millo L. 1976. *Legislación Alimentaria Española*. Ed. Revista de Derecho Privado, Madrid.
8. Moore J.A. y Dalrymple D.L. 1976. *Experimental Methods in Organic Chemistry*. 5a. Edition W.B. Saunders Co. USA.
9. Rockland Louis B.; Beuchat Larry R. Editores. 1987. *Water activity: theory and applications to food*. Marcel Dekker, New York, Basel.
10. 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.
11. Stechina, D; Lesa, C.; Coutaz, V.; Maffioly, R.; Alvarez, J. y Mulet A. 2000. *Elaboración de caramelos duros de limón. Optimización de un método de deshidratación y formulación de ingredientes*. Series de Ciencia e Ingeniería de Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia.

12. Subovsky M.; Sosa López A.; Rolla R.; Castillo A. y Alemán M. 2000. *Cambios en la formación del Hidróximetilfurfural en mieles sometidas a calentamiento XXI Congreso Argentino*. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura. Universidad Nacional del Nordeste Corrientes, Argentina.
13. Ventura. F.; Guerrero y Serra J. 1990. *Influencia de la Temperatura de Almacenamiento en la Estabilidad del Zumo de naranja envasado en Tetra-Brik* . Alim .Equipos y Tecnología XII: 95-98.

#### **Páginas de Internet.**

1. <http://www.exploratorium.edu/cooking/candy/sugar-stages.html>
2. <http://www.guiamiguelin.com/tecnicas/almibares.html>
3. <http://www.csgastronomia.edu.mx/profesores/calimentos/prefabricados/conservacionaz.htm>
4. <http://www.textoscientificos.com/quimica/cristales>
5. <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-217-1975.PDF>

## APÉNDICE

### A. Datos originales

*Cuadro 17. Masas para un volumen de 25 mL de las cápsulas utilizadas para la determinación de sólidos totales de la melaza a utilizar.*

Pesos medidos	Masa obtenida ( $\pm 0.0001$ g)
Peso de cápsula	48.1031
Peso de cápsula + sólido 1	52.8278
Peso de cápsula + sólido 2	52.7599
Peso de cápsula + sólido 3	52.7216
Diferencia de peso	4.6185

*Cuadro 18. Cantidad en mg/L de los metales presentes en la melaza a utilizar.*

Metal	Medición mg/L
Fe	16.89
Cu	1.552
Ca	994.535
Mg	383.664
P	50.078
Zn	0.731
Mn	1.382
K	2654.251

*Cuadro 19. Datos obtenidos de las formulaciones del dulce elaborado a nivel planta piloto.*

Materia utilizada	Masa utilizada $\pm 0.1$ g
Agua	105
Azúcar	350
Glucosa	150
Melaza	50

*Cuadro 20. Datos obtenidos para la prueba sensorial, triangular entre los dulces producidos con sabor artificial en su formulación.*

Prueba realizada	Tamaño de muestra	Detectaron diferencia	No detectaron diferencia
Prueba triangular	10	7	3

**Cuadro 21.** Datos obtenidos para la prueba sensorial de preferencia entre los dulces producidos con sabor y sin sabor artificial producidos.

Prueba realizada	Tamaño de muestra	Preferencia con sabor	Preferencia sin sabor
Prueba preferencia	15	9	6

**Cuadro 22.** Datos de masa inicial para el lote de producción del dulce, utilizado para el cálculo del balance de masa de la línea.

Masa inicial de lote de dulce producido	35 Kg
---	-------

**Cuadro 23.** Amperajes y voltajes para los equipos principales y auxiliares de producción utilizados, los cuales se utilizaron para determinar la potencia requerida de los mismos para desarrollar el balance de energía de la línea.

Equipo	Amperaje (±0.02 A)	Voltaje (V)
Tanque de glucosa	3.40909091	220
Elevador de cangilones	2.72727273	220
Disolvedora	5.45454545	220
Cocedora continua	85.1363636	220
Amasadora	6.81818182	220
Bastoneador	5.09090909	220
Egalizador	13.6363636	220
Troquel	43.1818182	220
Túnel de enfriamiento	52.5	220
Empacadora Tec Maq	12	220
Chiller	17.0454545	220
Aire acondicionado (cuarto frío)	95.4545455	220

**Cuadro 24.** Consumo de vapor de los equipos de producción utilizados para la fabricación del dulce de melaza, requeridos para la realización del balance de energía de la línea.

Equipo	Demanda en libras por hora según manual
Tanque de glucosa	82
Disolvedora	608
Cocedora continua	750
Bastoneador	40

**Cuadro 25.** Datos de vapor utilizado para el equipo de operación y de condensado de vapor obtenido.

	Presión (psi)	Temperatura (C°)
Vapor saturado	125 psi	
Líquido condensado		99

**Cuadro 26.** Volúmenes de Fehling obtenidos de la titulación de azúcares reductores y totales de la muestra de dulce de melaza.

Dato	Medición $\pm$ 0.05 mL
Volumen 1 azúcares reductor	18.5
Volumen 2 azúcares totales	34

## B. Cálculos de muestra

Los azúcares y sólidos totales fueron obtenidos por lecturas tomadas de espectrofotómetro y de HPLC y CPI.

Las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de la melaza y del dulce final fueron obtenidas de pruebas de laboratorio por interpretación de datos que lanzan resultados directos.

### 1. Cálculo de la concentración del metal obtenido en mg por litro de melaza

Ecuación 3.

$$V_1 \times C_1 = V_2 \times C_2$$

Donde

$V$  son los volúmenes para las distintas concentraciones (mL)

$C$  son las concentraciones de las distintas diluciones (mg/L)

Ejemplo para la determinación de la concentración de hierro en la melaza.

$$C_1 = \frac{50\text{mL} \times 16.89\text{mg} / L}{25\text{mL}}$$

$$C_1 = 33.78\text{mg} / L$$

Se realizó este mismo cálculo para determinar la concentración de los demás metales presentes en la melaza utilizada.

### 2. Cálculo de la cantidad de agua utilizada para la formulación del dulce.

Ecuación 4.

$$m_{H_2O} = 0.3 \times m_{azucar}$$

Donde

$m_{azucar}$  masa de azúcar utilizada en la formulación determinada experimentalmente (Kg)

$m_{H_2O}$  masa de agua utilizada en la formulación del producto (Kg)

Ejemplo para la determinación de masa de agua utilizada en la formulación final del dulce.

$$m_{H_2O} = 0.3 \times 18.702 \text{ Kg}$$

$$m_{H_2O} = 5.610 \text{ Kg}$$

La determinación de las cantidades de las demás materias primas se obtuvieron experimentalmente.

### 3. Cálculo de la potencia necesaria para moler material en molino de cuchillas

Ecuación 5.

$$P = V \cdot I$$

Donde

$P$  Potencia para moler material (W)

$I$  Corriente (A)

$V$  Voltaje (V)

Ejemplo para la potencia del motor del egalizador de dulce.

$$P = 220V \cdot 13.63 \pm 0.05A$$

$$P = 3000 \pm 0.05W$$

Se realizó este mismo cálculo para determinar la potencia de los demás equipos.

### 4. Cálculo de porcentaje de los azúcares reductores presentes en el dulce producido

Ecuación 6.

$$azucars = \frac{f * nV_{diluciones} * 100}{m * v}$$

Donde

$f$  Factor de reactivo de Fehling (adimensional)

$nV_{diluciones}$  Volúmenes de diluciones efectuadas (mL)

$m$  Masa de muestra del dulce terminado analizado (g)

$v$  Volumen de solución utilizado en titulación (mL)

Ejemplo para la determinación de porcentaje de azúcares reductores en el producto final.

$$azucars = \frac{0.05570 * 250mL * 100}{6g * 18.5}$$

$$azucars = 12.54\%$$

Se realizó este mismo cálculo para determinar los porcentajes de los azúcares totales en el producto terminado.

### 5. Cálculo de porcentaje de sacarosa presente en el producto final.

Ecuación 7.

$$\text{Sacarosa} = 0.95 \times (\text{Azúcares totales} - \text{Azúcares reductores})$$

Ejemplo realizado para el dulce terminado.

$$\text{Sacarosa} = 0.95 \times (68.259 - 12.545)$$

$$\text{Sacarosa} = 52.933\%$$

### 6. Cálculo de la $\chi^2$ (ji cuadrado) para la determinación de la hipótesis de la prueba sensorial de preferencia.

Ecuación 8.

$$\chi^2 = \frac{2(|o - e| - 1/2)^2}{e}$$

Donde

$\chi^2$  Probabilidad ji cuadrado trabaja como parámetro de comparación

$o$  Frecuencia observada

$e$  Frecuencia teórica esperada

Ejemplo para la determinación de preferencia de la prueba sensorial entre el dulce sin sabor caramelo artificial y el dulce con mayor proporción de sabor caramelo en su formulación.

$$\chi^2 = \frac{2(|9 - 15| - 1/2)^2}{15} = 4.03$$

Para la otra prueba sensorial de tipo triangular solo se requirió el dato de la tabla del apéndice para saber qué hipótesis aceptar y cual rechazar.

✓ **Balance de masa y energía.**

### 7. Cálculo de la cantidad de energía eléctrica entrante, energía mecánica convertida y cantidad de energía perdida para el motor del egalizador.

Ecuación 9.

$$E_{\text{eléctrica}} = E_{\text{mecánica}} + E_{\text{perdidas}}$$

Donde:

$E_{electrica}$ : Energía entrante al sistema (W)

$E_{mecanica}$ : Energía saliente al sistema (W)

$E_{perdidas}$ : Energía perdida en el sistema (W)

Ejemplo de balance para el motor del egalizador.

$$3000W = 2999.99W + E_{perdidas}$$

$$E_{perdidas} = 0.01 = no.representativas$$

### 8. Cálculo de la cantidad de calor cedido por la caldera a la marmita disolvedora y absorbida por la carga de dulce y el

Ecuación 10.

$$\dot{Q}_{Cedido} = \dot{Q}_{absorbido}$$

$$\dot{Q}_{Cedido} = \dot{Q}_{absorbido ..miel} + \dot{Q}_{agua ..condesados}$$

Donde:

$Q$ : Energía Calórica en (KJ/h)

Ejemplo de balance para la marmita disolvedora.

$$\dot{Q}_{Cedido} = \dot{Q}_{absorbido ..miel} + \dot{Q}_{agua ..condesados}$$

$$626391 KJ / h = \dot{Q}_{absorbido ..miel} + 115599 KJ / h$$

$$\dot{Q}_{absorbido ..miel} = 510792 KJ / h$$

Así se realizó para los demás equipo con demanda energética de vapor.

## C. Tablas para pruebas sensoriales

**Tabla 1.** Datos estadísticos para prueba triangular.

Significación para Test Triangular ( $p = 1/5$ )

Número de juicios (set x jueces)	Mínimo de juicios correctos para establecer diferencias significativas			Número de juicios (set x jueces)	Mínimo de juicios correctos para establecer diferencias significativas		
	$p = .05$	$p = .01$	$p = .001$		$p = .05$	$p = .01$	$p = .001$
5	4	5	5	57	27	29	31
6	5	6	6	58	27	29	32
7	5	6	7	59	27	30	32
8	6	7	8	60	28	30	33
9	6	7	8	61	28	30	33
10	7	8	9	62	28	31	33
11	7	8	9	63	29	31	34
12	8	9	10	64	29	32	34
13	8	9	10	65	30	32	35
14	9	10	11	66	30	32	35
15	9	10	12	67	30	33	36
16	10	11	12	68	31	33	36
17	10	11	13	69	31	34	36
18	10	12	13	70	32	34	37
19	11	12	14	71	32	34	37
20	11	13	14	72	32	35	38
21	12	13	15	73	33	35	38
22	12	14	15	74	33	36	39
23	13	14	16	75	34	36	39
24	13	14	16	76	34	36	39
25	13	15	17	77	34	37	40
26	14	15	17	78	35	37	40
27	14	16	18	79	35	38	41
28	15	16	18	80	35	38	41
29	15	17	19	81	36	38	41
30	16	17	19	82	36	39	42
31	16	18	19	83	37	39	42
32	16	18	20	84	37	40	43
33	17	19	20	85	37	40	43
34	17	19	21	86	38	40	44
35	18	19	21	87	38	41	44
36	18	20	22	88	39	41	44
37	18	20	22	89	39	42	45
38	19	21	23	90	39	42	45
39	19	21	23	91	40	42	46
40	20	22	24	92	40	43	46
41	20	22	24	93	40	43	46
42	21	22	25	94	41	44	47
43	21	23	25	95	41	44	47
44	21	23	25	96	42	44	48
45	22	24	26	97	42	45	48
46	22	24	26	98	42	45	49
47	23	25	27	99	43	46	49
48	23	25	27	100	43	46	49
49	23	25	28	200	80	84	89
50	24	26	28	300	117	122	127
51	24	26	29	400	152	158	165
52	25	27	29	500	188	194	202
53	25	27	29	1.000	363	372	383
54	25	27	30	2.000	709	722	737
55	26	28	30				
56	26	28	31				

La Tabla B ha sido reproducida de la Tabla de E.B. Roessler, J. Warren y J.F. Guymon, publicada en Food Research, 13, 503-505 (1948).

**Tabla 2.** Datos estadísticos para prueba de preferencia

Valores de chi-cuadrado para significación a varios niveles

Grados de libertad	Niveles de significación				
	10o/o	5o/o	2.5o/o	1o/o	0.5o/o
1.....	2.71	3.84	5.02	6.63	7.83
2.....	4.61	5.99	7.38	9.21	10.6
3.....	6.25	7.81	9.35	11.3	12.8
4.....	7.78	9.49	11.1	13.3	14.9
5.....	9.24	11.1	12.8	15.1	16.7
6.....	10.6	12.6	14.4	16.8	18.5
7.....	12.0	14.1	16.0	18.5	20.3
8.....	13.4	15.5	17.5	20.1	22.0
9.....	14.7	16.9	19.0	21.7	23.6
10.....	16.0	18.3	20.5	23.2	25.2
11.....	17.3	19.7	21.9	24.7	26.8
12.....	18.5	21.0	23.3	26.2	28.3
13.....	19.8	22.4	24.7	27.7	29.8
14.....	21.1	23.7	26.1	29.1	31.3
15.....	22.3	25.0	27.5	30.6	32.8
16.....	23.5	26.3	28.8	32.0	34.3
17.....	24.8	27.6	30.2	33.4	35.7
18.....	26.0	28.9	31.5	34.8	37.2
19.....	27.2	30.1	32.9	36.2	38.6
20.....	28.4	31.4	34.2	37.6	40.0
21.....	29.6	32.7	35.5	38.9	41.4
22.....	30.8	33.9	36.8	40.3	42.8
23.....	32.0	35.2	38.1	41.6	44.2
24.....	33.2	36.4	39.4	43.0	45.6
25.....	34.4	37.7	40.6	44.3	46.5
26.....	35.6	38.9	41.9	45.6	48.3
27.....	36.7	40.1	43.2	47.0	49.6
28.....	37.9	41.3	44.5	48.3	51.0
29.....	39.1	42.6	45.7	49.6	52.3
30.....	40.3	43.8	47.0	50.9	53.7

**Tabla 3.** Propiedades determinantes de la vida de anaquel para distintos tipos de caramelos

CHANGES IN MOISTURE, TEXTURE AND FLAVOR OF CANDY STORED  
TWO YEARS AT  $-23^{\circ}\text{C}$ ,  $21^{\circ}\text{C}$  AND  $37^{\circ}\text{C}$ , (ASSUMING FIRST ORDER)

	k at $21^{\circ}\text{C}$ (months $^{-1}$ )	$E_a$ (Kcal/mole)	$Q_{10}$
Caramel Nougat (stnd)			
Texture	.1993	4.85	1.34
Moisture	.1355	0.3	1.02
Flavor	.2164	4.85	1.34
Caramel Nougat (coated)			
Texture	.1018	3.03	1.20
Moisture	.0916	1.99	1.13
Flavor	.1481	3.67	1.25
Coconut Cream (coated)			
Texture	.1351	3.62	1.25
Moisture	.1403	2.42	1.16
Flavor	.2965	4.02	1.28
Starch Jelly and Fruit			
Texture	.0955	21.34	3.66
Moisture	.1438	2.36	1.15
Flavor	.0771	21.50	3.69
Starch Jelly Plain			
Texture	.1212	2.37	1.15
Moisture	.1182	2.56	1.17
Flavor	.0938	3.72	1.25

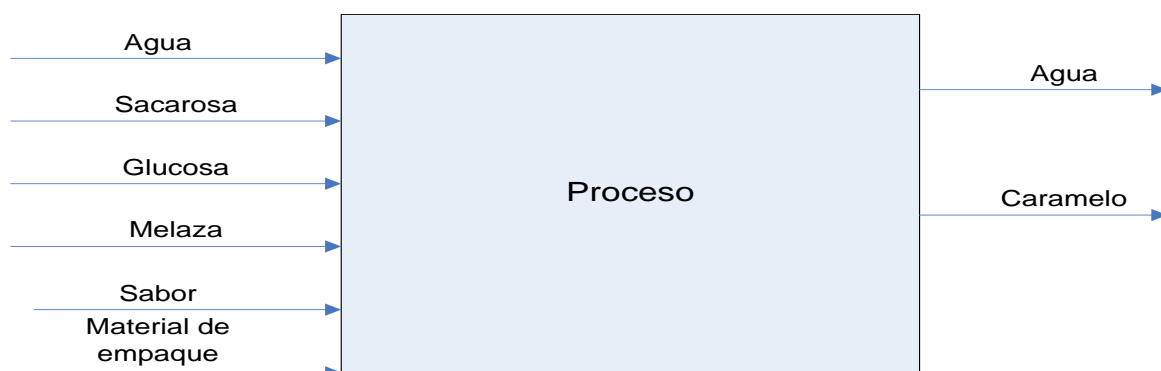
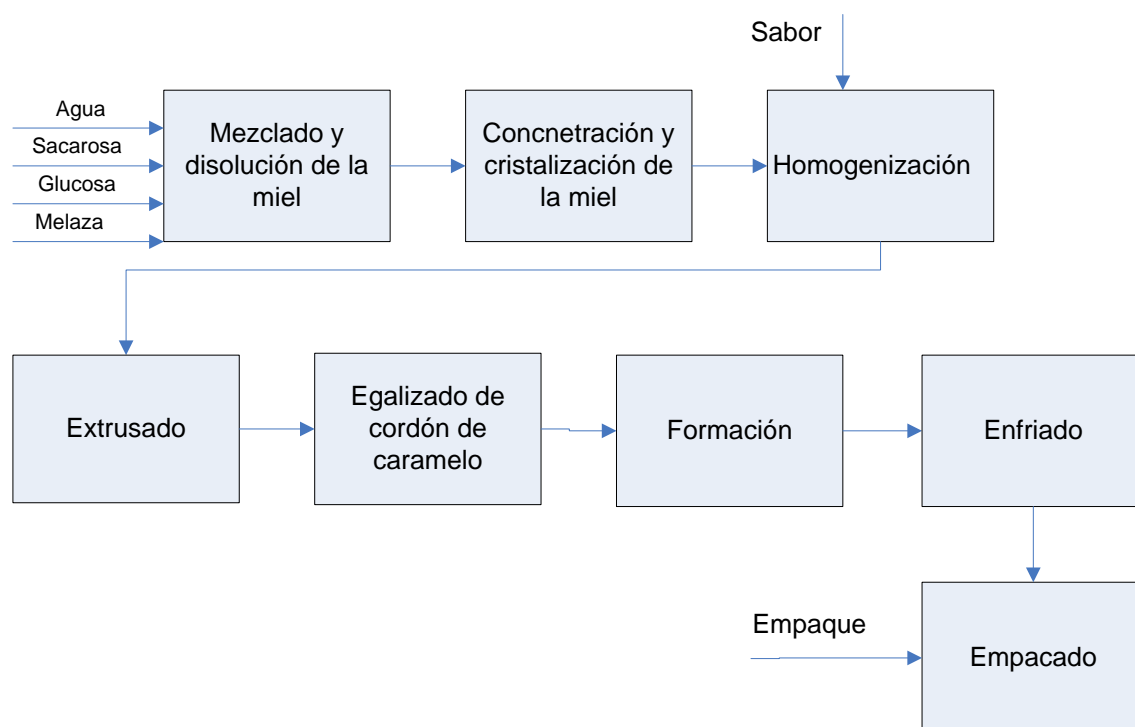
(Belitz, Hans-Dieter, 1988)

**Tabla 4.** Tiempos de vidas de anaquel históricos según compañías manufactureras de alimentos.

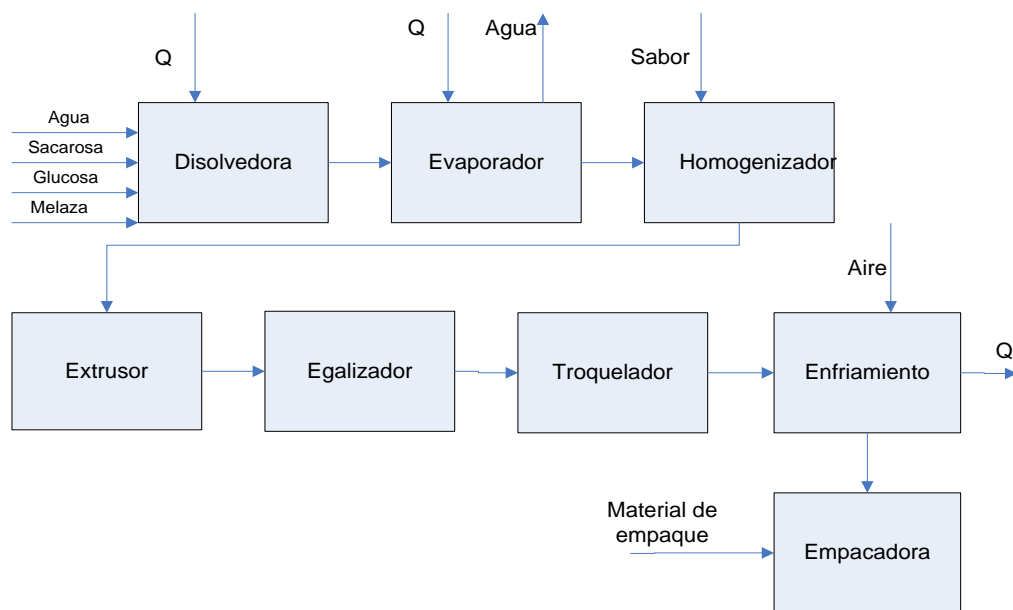
Item	Distribution Times			Shelf-life	Average % of food held longer than shelf-life
	Average	Minimum	Maximum		
Dry mixes	3 months	1 months	6 months	12-18 months	*
Tea	3 months	1 month	6 months	6-9 months	*
Salad dressing	3 months	1 month	6 months	12-18 months	*
Ice cream	1 month	1 day	2 months	3-6 months	*
Instant tea	3 months	1 month	6 months	3 years	*
Canned meats	3 months	1 month	6 months	3 years	*
Pet foods	3 months	1 month	6 months	3 years	*
Margarines	3 months	2 weeks	6-9 months	1 year	1
Buttered syrups	3 months	2 weeks	1 year	2 years	1
Shortenings	2 months	2 weeks	1 year	2½ years	2
Aerosol toppings	2 months	2 weeks	4 months	1 year	2
Fresh bakery products	48 hours	8 hours	240 hours	10 days	<5
Frozen foods	60 days	20 days	2 years	2 years	<5
Fresh pork	3 days	1 day	-	-	<5
Candy	60 days	20 days	1 year	1 year	<5
Potato chips, etc.	10 days	3 days	3 months	3 months	<5
Ham	3 days	-	1 year	1 year	5
Dry baked goods	1 month	1 month	1 month	6 months	*
Dry vegetables	6 months	1 month	3 years	1-2 years	-
Canned purees	10 months	1 month	36 months	3-5 years	2-3
Cereals	6 months	1 month	24 months	3-5 years	2-3
Canned fruits and vegetables	9 months	-	3 years	3 years	0
Ready-to-eat dry cereals	1 month	-	-	6-9 months	<5
Cereal, to be cooked	1 month	-	-	9 months	<5
Dry cereals	2 months	6 weeks	-	1 year	2
Cake mixes	3½ months	-	-	1-2 years	<2
Refrigerated processed meats	50 days	7 days	90 days	(vacuum packed) 35-120 days (non-vacuum packed) 15-25 days	<1
Canned hams	3 months	1 month	1 year	1½ years	<1
Frozen meats	2 months	20 days	6 months	3-9 months	<1
Refrigerated canned pickles	50 days	7 days	90 days	4 months	<1

(Belitz, Hans-Dieter, 1988)

## D. Diagrama de flujo

*Figura 17. Diagrama de entrada y salida**Figura 18. Diagrama de funciones*

**Figura 19. Diagrama de operaciones**



E. Datos calculados

**Cuadro 27. Tarifa de corriente eléctrica a precio de mayorista y costo de combustible generador.**

<b>Tarifa Empresa Eléctrica</b>	1.3 Q/ kW-h
<b>Costo combustible generador</b>	20 Q/ gal

**Cuadro 28. Datos obtenidos previos a la determinación de las unidades de caramelo producidos en un año laboral.**

<b>Valor obtenido según eficiencia teórica de equipos</b>	<b>Unidad dimensional</b>
9.18	fardos/hr
14	hr trabajadas por día
128.52	fardos/día
22	días al mes
2827.44	fardos al mes
12	Meses
33929.28	fardos al año
10.8	kg/fardo
366436.224	kg de producto /año
0.0036	peso por dulce
101787840	unidades (dulces)/año

*Cuadro 29. Costo de material de empaque por kg de producto y costo de materia prima por kg de producto.*

<b>Costo de material de empaque Kg producto</b>	Q 1.75
<b>Costo de materia prima Kg producto</b>	Q 3.89

*Cuadro 30. Porcentajes de tasas utilizadas para la determinación del Impuesto sobre la renta, el valor actual neto y la de inflación.*

<b>Tasa de inflación</b>	8%
<b>Tasa de impuesto sobre la renta (ISR)</b>	31% sobre las utilidades generadas
<b>Tasa para obtención del VAN</b>	15%

F. Análisis económico

*Cuadro 31. Listado de cantidad total y costo por lote de las materias primas a utilizar.*

<b>Materia prima</b>	<b>Cantidad utilizada en kg por lote</b>	<b>Merma</b>	<b>Total</b>	<b>Costo unitario en Q por kg de lote producido</b>	<b>Costo por lote</b>
Azúcar	18.00	0.36	18.36	Q3.78	Q69.40
Glucosa	8.00	0.64	8.64	Q4.61	Q39.83
Melaza	2.67	0.05	2.72	Q0.86	Q2.34
Total	28.67	1.05	29.72	Q9.25	Q111.57

*Cuadro 32. Costo total anual de las materias primas a utilizadas*

<b>Costo Total anual de materia prima</b>	Q1,426,037.93
---	---------------

*Cuadro 33. Listado de cantidad total y costo por lote de los materiales de empaque utilizados.*

<b>Material de empaque</b>	<b>Material /fardo (Kg)</b>	<b>Merma</b>	<b>Total</b>	<b>Costos Q/kg de material</b>	<b>Q/ fardo</b>
Papel	0.25	0.01	0.26	Q44.22	Q11.61
Corrugado	0.54	0.00	0.54	Q5.98	Q3.23
Bolsa	0.10	0.01	0.11	Q37.54	Q3.94
Tape	0.00	0.00	0.00	Q52.85	Q0.17
<b>Total</b>	<b>0.89</b>			<b>Q140.59</b>	<b>Q18.95</b>

*Cuadro 34. Costo total anual del material de empaque utilizado.*

<b>Costo Total anual de material de empaque</b>	<b>Q642,794.54</b>
---	--------------------

*Cuadro 35. Listado de factores agregados a costo de equipo*

<b>Factores agregados</b>	<b>Porcentaje de costo</b>
Costo de equipo	1.00
Instalación	0.41
Instrumentación	0.13
Tubería	0.34
Sistemas eléctricos	0.13
Auxiliares	0.3

Cuadro 36. Listado de equipo, cantidad de equipo y costos totales de equipo.

No.	Equipo	Costo unitario 92	Costo unitario 08	Costo de los equipos	Costos de instalación	Costos de instrumentación	Tubería	Sistemas eléctricos	Auxiliares	Costo total
1	Marmita disolvidora	Q41,600.00	Q87,066.10	Q87,066.10	Q35,697.10	Q11,318.59	Q29,602.48	Q11,318.59	Q26,119.83	Q201,122.70
1	Coccedora	Q160,000.00	Q334,869.63	Q334,869.63	Q137,296.55	Q43,533.05	Q113,855.68	Q43,533.05	Q100,460.89	Q773,548.85
1	Mesa enfriamiento	Q3,200.00	Q6,697.39	Q6,697.39	Q2,745.93	Q870.66	Q2,277.11	Q870.66	Q2,009.22	Q15,470.98
1	Amasadora	Q3,600.00	Q7,534.57	Q7,534.57	Q3,089.17	Q979.49	Q2,561.75	Q979.49	Q2,260.37	Q17,404.85
1	Bastoneador	Q108,000.00	Q226,037.00	Q226,037.00	Q92,675.17	Q29,384.81	Q76,852.58	Q29,384.81	Q67,811.10	Q522,145.48
1	Troquel	Q98,000.00	Q98,000.00	Q98,000.00	Q40,180.00	Q12,740.00	Q33,320.00	Q12,740.00	Q29,400.00	Q226,380.00
1	Egalizador	Q20,000.00	Q41,858.70	Q41,858.70	Q17,162.07	Q5,441.63	Q14,231.96	Q5,441.63	Q12,557.61	Q96,693.61
1	Túnel	Q17,000.00	Q35,579.90	Q35,579.90	Q14,587.76	Q4,625.39	Q12,097.17	Q4,625.39	Q10,673.97	Q82,189.57
1	Empacadora	Q290,000.00	Q606,951.21	Q606,951.21	Q248,850.00	Q78,903.66	Q206,363.41	Q78,903.66	Q182,085.36	Q1,402,057.30
1	A/C	Q42,000.00	Q87,903.28	Q87,903.28	Q36,040.34	Q11,427.43	Q29,887.11	Q11,427.43	Q26,370.98	Q203,056.57
1	Selladora	Q600.00	Q1,255.76	Q1,255.76	Q514.86	Q163.25	Q426.96	Q163.25	Q376.73	Q2,900.81
1	Bombas de pistón	Q9,400.00	Q19,673.59	Q19,673.59	Q8,066.17	Q2,557.57	Q6,689.02	Q2,557.57	Q5,902.08	Q45,446.00

*Cuadro 37. Depreciación acelerada por Método Smarc para la inversión del equipo.*

<b>Año</b>	<b>Valor de depreciación anual</b>	<b>Depreciación</b>	<b>Valor en libros</b>
0	0.00%	Q0.00	Q4,109,120.08
1	10.00%	Q410,912.01	Q3,698,208.07
2	18.00%	Q739,641.61	Q2,958,566.45
3	14.40%	Q591,713.29	Q2,366,853.16
4	11.52%	Q473,370.63	Q1,893,482.53
5	9.22%	Q378,860.87	Q1,514,621.66
6	7.37%	Q302,842.15	Q1,211,779.51
7	6.55%	Q269,147.36	Q942,632.15
8	6.55%	Q269,147.36	Q673,484.78
9	6.55%	Q269,147.36	Q404,337.42
10	6.55%	Q269,147.36	Q135,190.05

*Cuadro 38. Consumo y costo de energía eléctrica para cada equipo en el tiempo de trabajo al año*

<b>Equipo</b>	<b>Horas trabajo anuales</b>	<b>Pontencia (hP)</b>	<b>KW requeridos</b>	<b>KW-H</b>	<b>Costo Eléctrico</b>
Marmita disolvedora	3360.0	6.0	4.5	15033.3	19543.3056
Cocedora	3360.0	12.0	8.9	30066.6	39086.6112
Mesa de enfriamiento	3360.0	0.0	0.0	0.0	0
Amasadora	3360.0	1.0	0.7	2505.6	3257.2176
Bastoneador	3360.0	2.6	1.9	6514.4	8468.76576
Troquel	3360.0	2.6	1.9	6514.4	8468.76576
Egalizador	3360.0	3.4	2.5	8418.7	10944.25114
Túnel	3360.0	0.0	0.0	0.0	0
Empacadora	3360.0	5.9	4.4	14782.8	19217.58384
Iluminación	3360.0	1.0	0.7	2505.6	3257.2176
a/c	3360.0	12.5	9.3	31319.4	40715.22
Selladora	3360.0	0.5	0.4	1353.0	1758.897504
<b>TOTAL</b>	<b>40320.0</b>	<b>47.5</b>	<b>35.4</b>	<b>119013.7</b>	<b>154717.836</b>

*Cuadro 39. Consumo de vapor requerido por equipo y costo de del mismo en un tiempo establecido trabajado al año.*

<b>Equipo</b>	<b>Horas trabajo por año (hrs.)</b>	<b>Vapor requerido (gal/h)</b>	<b>Costo (Q)</b>
Marmite disolvedora	3360.0	0.6	37632.0
Cocedora	3360.0	1.7	114240.0
<b>Total</b>			<b>151872</b>

*Cuadro 40. Sueldos por puesto del personal para el turno diurno*

<b>Puesto</b>	<b>Sueldo mensual (Q)</b>	<b>Sueldo total por persona anual</b>
Amasadores	Q2,617.98	Q31,415.76
Operador de troquel	Q2,617.98	Q31,415.76
Operador de empaque	Q2,617.98	Q31,415.76
Recibidores	Q1,905.00	Q22,860.00

*Cuadro 41. Costo total incluyendo prestaciones para cada puesto del turno diurno.*

<b>Puesto</b>	<b>No. de personas</b>	<b>IGSS</b>	<b>IRTRA</b>	<b>INTECAP</b>	<b>Bono 14</b>	<b>Aguinaldo</b>	<b>Otros</b>	<b>Pasivo laboral</b>	<b>Bono mensual</b>	<b>Costo total</b>
amasadores	2	Q3,352.06	Q314.16	Q314.16	Q2,617.98	Q2,617.98	Q2,617.98	Q2,617.98	Q250.00	Q97,736.11
operador de troquel	1	Q3,352.06	Q314.16	Q314.16	Q2,617.98	Q2,617.98	Q2,617.98	Q2,617.98	Q250.00	Q48,868.06
operadorempaque	1	Q3,352.06	Q314.16	Q314.16	Q2,617.98	Q2,617.98	Q2,617.98	Q2,617.98	Q250.00	Q48,868.06
recibidores	2	Q2,439.16	Q228.60	Q228.60	Q1,905.00	Q1,905.00	Q1,905.00	Q1,905.00	Q250.00	Q72,752.72

*Cuadro 42. Costo anual de mano de obra para el turno diurno*

<b>Costo anual de mano de obra en turno diurno</b>	<b>Q 268,224.95</b>
--	---------------------

*Cuadro 43. Sueldos por puesto del personal incluyendo costos de horas extras y séptimo día para el turno mixto*

<b>Puesto</b>	<b>Sueldo mensual (Q)</b>	<b>Costo Hora extra (Q)</b>	<b>No. Horas extras mensuales (Q)</b>	<b>Costo al mes (Q)</b>	<b>Séptimo (Q)</b>	<b>Sueldo total por persona mensual (Q)</b>	<b>Sueldo total por persona anual (Q)</b>
Amasadores	Q2,617.98	Q16.36	16	Q261.80	Q88.48	Q2,710.09	Q32,521.13
Operador de troquel	Q2,617.98	Q16.36	16	Q261.80	Q88.48	Q2,968.26	Q35,619.07
Operador de empaque	Q2,617.98	Q16.36	16	Q261.80	Q88.48	Q2,968.26	Q35,619.07
Recibidores	Q1,905.00	Q11.91	16	Q190.50	Q64.56	Q2,160.06	Q25,920.76

**Cuadro 44.** Costo total incluyendo prestaciones para cada puesto del turno mixto.

Puesto	No. de Personas	IGSS	IRTRA	INTECAP	Bono 14	Aginaldo	Otros	Pasivo Laboral	Bono mensual	Costo Total
Amasadores	2	Q3,470.00	Q325.21	Q325.21	Q2,710.09	Q2,710.09	Q2,710.09	Q2,710.09	Q250.00	Q100,963.87
Operador de troquel	1	Q3,800.56	Q356.19	Q356.19	Q2,968.26	Q2,968.26	Q2,968.26	Q2,968.26	Q250.00	Q55,005.03
Operador de empaque	1	Q3,800.56	Q356.19	Q356.19	Q2,968.26	Q2,968.26	Q2,968.26	Q2,968.26	Q250.00	Q55,005.03
Recibidores	2	Q2,765.75	Q259.21	Q259.21	Q2,160.06	Q2,160.06	Q2,160.06	Q2,160.06	Q250.00	Q81,690.35

**Cuadro 45.** Costo anual de mano de obra para el turno mixto

<b>Costo anual de mano de obra en turno mixto</b>	<b>Q 292,664.30</b>
---	---------------------

**Cuadro 46.** Costo anual de mano de obra de ambos turnos

<b>Costo anual de mano de obra para ambos turnos</b>	<b>Q 560,889.25</b>
--	---------------------

**Cuadro 47.** Listado de los factores obtenidos en Niasa de los costos variables y costos fijos por la agregación de la operación de la línea de producción del caramelo de melaza.

	Q/kg product	Q/anales
<b>Costos variables</b>	Q0.48	<b>Q175,889.39</b>
<b>Costos fijos fabricacion</b>	Q0.25	<b>Q91,609.06</b>
<b>Costos fijos administración</b>	Q0.39	<b>Q142,910.13</b>

**Cuadro 48.** Unidades a vender, indicando precio e ingreso anual proyectado a los primeros diez años de implementación del proyecto.

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Unidades vendidas	101787840	102805718	103833776	104872113	105920834	106980043	108049843	109130342	110221645	111323862
Precio	Q0.04	Q0.05	Q0.05	Q0.06	Q0.06	Q0.07	Q0.07	Q0.08	Q0.08	Q0.09
Ventas	Q4,560,696	Q4,974,807	Q5,426,519	Q5,919,247	Q6,456,715	Q7,042,985	Q7,682,488	Q8,380,058	Q9,140,967	Q9,970,967

**Cuadro 49. Punto de equilibrio para los primeros diez años de implementación de la línea de producción del caramelo de melaza.**

Item/Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Unidades a vender	66656624	66,461,426	66,269,285	66,080,138	65,893,923	65,710,584	65,530,063	65,352,303	65,177,251	65,004,853

**Cuadro 50. Flujo de Caja Neto para los primeros diez años de implementación de la línea de producción del caramelo de melaza.**

Item/Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos		Q4,560,696	Q4,974,807	Q5,426,519	Q5,919,247	Q6,456,715	Q7,042,985	Q7,682,488	Q8,380,058	Q9,140,967	Q9,970,967
costos fijos		(Q2,303,351.65)	(Q2,487,619.78)	(Q2,686,629.37)	(Q2,901,559.72)	(Q3,133,684.49)	(Q3,384,379.25)	(Q3,655,129.39)	(Q3,947,539.96)	(Q4,263,343.16)	(Q4,604,410.61)
costo variable		(Q1,043,368.47)	(Q1,126,837.95)	(Q1,216,984.98)	(Q1,314,343.78)	(Q1,419,491.28)	(Q1,533,050.39)	(Q1,655,694.63)	(Q1,788,150.20)	(Q1,931,202.22)	(Q2,085,698.40)
Depreciación		(Q410,912.01)	(Q739,641.61)	(Q391,713.29)	(Q473,370.63)	(Q378,860.87)	(Q302,842.15)	(Q269,147.36)	(Q269,147.36)	(Q269,147.36)	(Q269,147.36)
Unidad antes de impuesto		Q803,064.04	Q620,708.04	Q931,192.25	Q1,229,973.77	Q1,524,678.96	Q1,822,713.39	Q2,102,516.86	Q2,375,220.88	Q2,677,274.97	Q3,011,711.21
Impuesto		(Q248,949.85)	(Q192,419.49)	(Q288,669.60)	(Q381,291.87)	(Q472,650.48)	(Q563,041.15)	(Q651,780.23)	(Q736,318.47)	(Q829,955.24)	(Q933,630.47)
Unidad Neta		Q554,114.19	Q428,288.54	Q642,522.65	Q848,681.90	Q1,052,028.48	Q1,257,672.24	Q1,450,736.64	Q1,638,902.41	Q1,847,319.73	Q2,078,080.73
Depreciación		Q410,912.01	Q739,641.61	Q391,713.29	Q473,370.63	Q378,860.87	Q302,842.15	Q269,147.36	Q269,147.36	Q269,147.36	Q269,147.36
Inversión	(Q4,109,120.08)										
Flujo de caja		Q965,026.19	Q1,167,930.16	Q1,234,235.94	Q1,322,052.53	Q1,450,889.35	Q1,560,514.39	Q1,719,884.00	Q1,908,049.77	Q2,116,467.09	Q2,347,228.10

*Cuadro 51. Resumen de costos de los rubros involucrados en el costo total de la producción del producto.*

<b>Costo</b>	<b>Q. / Kg de caramelo producido</b>
Materia prima	3.89
material de empaque	1.754178472
Equipo	1.121373872
Mano de obra	1.53
Costos variables	0.48
Costos fijos de fabrica	0.25
Costos fijos administración	0.39
Costo energético	0.962181925
<b>Total</b>	<b>10.38</b>

*Cuadro 52. Eficiencia real, bases y conversiones estipuladas, según las características de la línea de operación y del producto obtenido.*

<b>Eficiencia</b>	9.18 fardos/ h
<b>Horas Trabajadas por día</b>	14
<b>Fardos producidos por día</b>	128.52
<b>Días trabajados al mes</b>	22
<b>Fardos producidos por mes</b>	2827.44
<b>Meses trabajados por año</b>	12
<b>Fardos producidos anualmente</b>	33929.28
<b>Masa por fardo</b>	10.8 Kg.
<b>Masa de producto anual</b>	366436.224Kg.
<b>Masa de unidad de caramelo</b>	0.0036 Kg.
<b>Unidades producidas por año</b>	101787840
<b>Caramelos producidos por kg de masa</b>	278

## G. Ilustraciones

### 1. Prueba a escala laboratorio.

*Figura 20. Prueba de determinación de de humedad relativa del dulce de caramelo.*



*Figura 21. Preparación de los reactivos de la prueba de Fehling para la determinación de azúcares reductores en el caramelo.*



*Figura 22. Realización de la titulación para la prueba Fehling en la determinación de azúcares reductores.*



*Figura 23. Dosificación de ingredientes en baño de maría para formulación prueba en laboratorio.*



*Figura 24. Calentamiento y agitación de miel para formulación.*



*Figura 25. Agitación de miel en baño de María.*



*Figura 26. Carga de dulce de prueba a nivel laboratorio.*



## 2. Prueba a escala planta piloto.

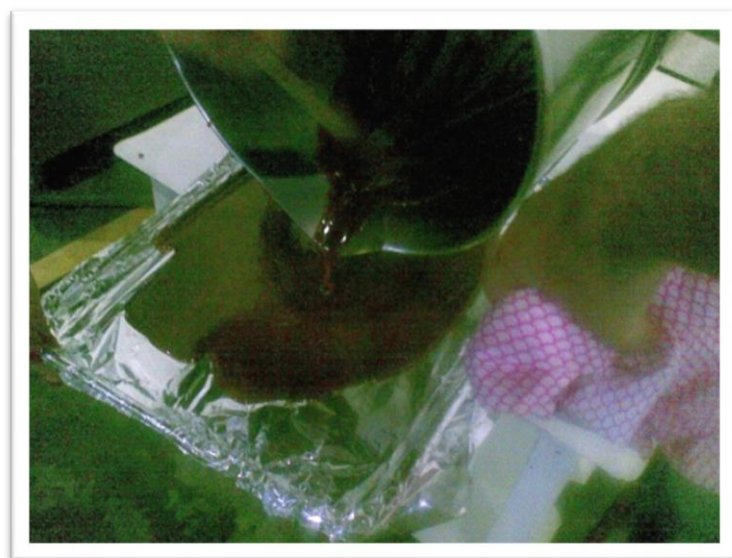
*Figura 27. Marmita enchaquetada para precalentamiento de miel en planta piloto.*



*Figura 28. Agitación de la miel para calentar uniformemente y homogenizar miel.*



*Figura 29. Miel precalentada dosificada a bandeja para luego concentrar por medio de evaporación.*



*Figura 30. Simulación de evaporador con vacío planta de Operaciones Unitarias UVG.*



*Figura 31. Concentración de la miel con evaporación y vacío.*



*Figura 32. Caramelo finalizado en planta piloto.*



### 3. Prueba a escala industrial.

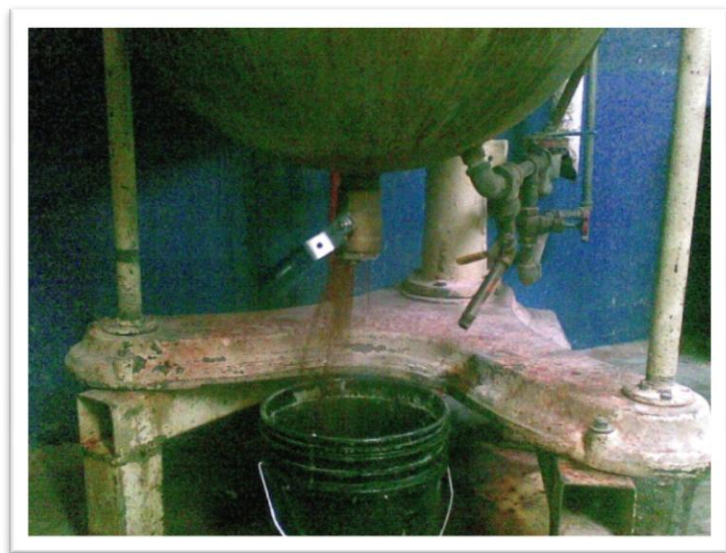
*Figura 33. Agitación en marmita enchaquetada de los componentes según formulación prueba industrial.*



*Figura 34. Agitación en marmita enchaquetada de las materias primas según formulación prueba industrial.*



*Figura 35. Traslado de miel precalentada a cámara presurizada y evaporador a vacío.*



*Figura 36. Dosificación de miel precalentada a cámara presurizada y evaporador.*



*Figura 37. Preparación de perol de recibimiento del caramelo.*



*Figura 38. Traslado de caramelo a mesa de enfriamiento.*



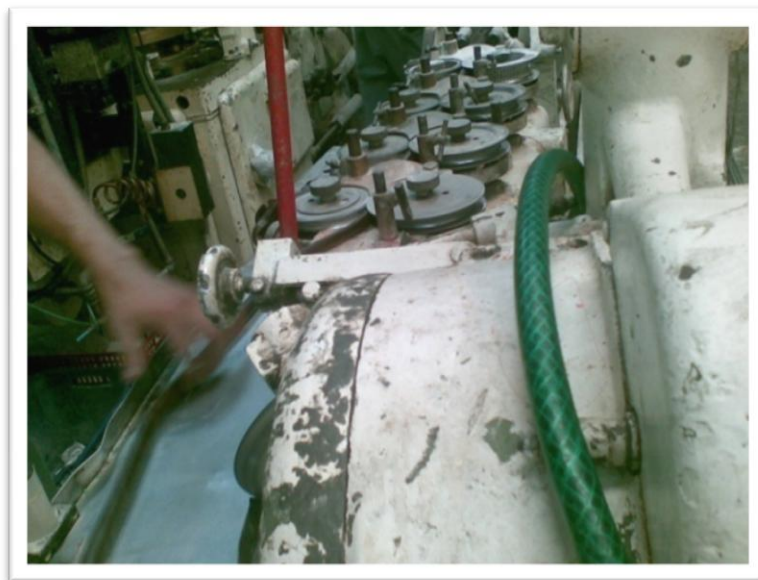
*Figura 39. Amasado y homogenización en mesa de enfriamiento del caramelo con el sabor artificial.*



*Figura 40. Bastoneado de caramelo, para formar cordón de caramelo.*



*Figura 41. Cordón de caramelo a través de egalizador y troquel formador.*



*Figura 42. Troquel formador.*



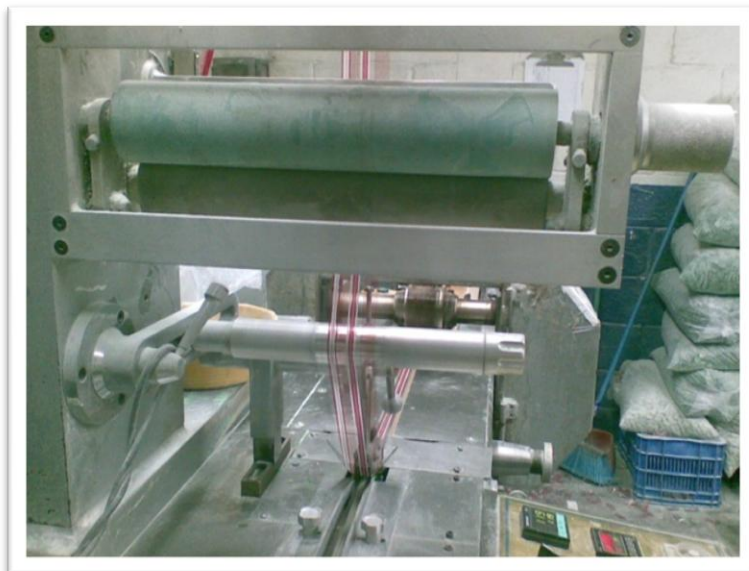
*Figura 43. Paso del caramelo por túnel de enfriamiento.*



*Figura 44. Plato dosificador de caramelo enfriado a máquina de empaque.*



*Figura 45. Máquina empacadora de caramelo con alimentación de material de empaque.*



#### 4. Pruebas de análisis y control

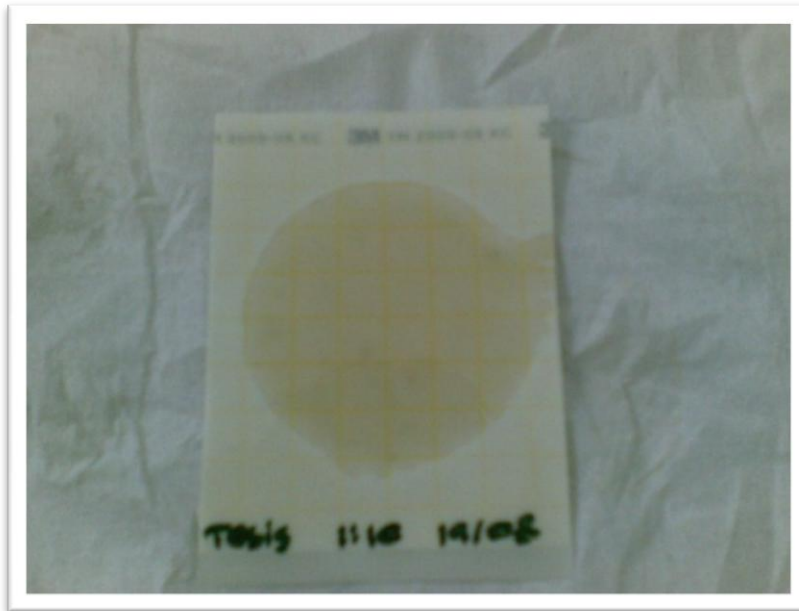
*Figura 46. Petrifilm de análisis de E. coli - coliformes.*



*Figura 47. Petrifilm de análisis de staphylococcus aureus.*



*Figura 48. Petrifilm de análisis de recuento total de aerobios.*



*Figura 49. Petrifilm de análisis de mohos y levaduras.*

