

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

“Obtención de gel decorativo para la industria de repostería como
reemplazo de productos importados.”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO EN ALIMENTOS

Presentado por:

María Fernanda Chiang Egüez

Juan Bolívar Taipe Guanoluisa

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2017

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a la Virgen de Czestochowa por sus infinitas bendiciones, por nunca abandonarme y por ayudarme a seguir en la lucha constante.

A mis queridos padres Edward y Carmen, por siempre apoyarme y sacrificarse por mí para que yo pueda alcanzar mis metas. A mi tía querida Sonia que siempre se preocupa por mí y me brinda su ayuda incondicional.

A mis hermanos Edward y Gabriela que siempre se prestan para ayudar en cualquier momento, a mi Sacerdote amigo Jorge Montalvo por sus consejos y oraciones

Finalmente agradecer a mi compañero Juan por entenderme y haber culminado conmigo este proyecto y a nuestro tutor Ph.D. Patricio Cáceres por la paciencia y apoyo incondicional, y por guiarnos en la realización de este proyecto.

María Fernanda Chiang.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la sabiduría necesaria para realizar este proyecto.

A mis padres por todo el esfuerzo que hicieron para que culmine esta etapa de mi vida.

A mi familia que siempre me han apoyado y animado para cumplir esta meta.

A mi compañera Mafer, que me abrió las puertas de su casa para realizar el proyecto.

Al Ph.D. Patricio Cáceres, mi tutor del proyecto, por su guía brindada para la elaboración de este proyecto.

Juan Taipe.

DECLARACIÓN EXPRESA

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

María Fernanda Chiang Egüez

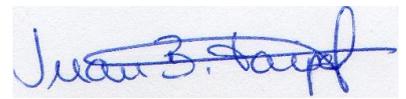
Juan Bolívar Taipe Guanoluisa

Patricio Javier Cáceres Costales., Ph. D.

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



María Fernanda
Chiang E.
Autor 1



Juan Taipe G.
Autor 2



Patricio Cáceres C., Ph.D.

RESUMEN

Se realizaron pruebas para obtener un producto que se utiliza como gel decorativo en la repostería, similar a un producto de importación, pero aprovechando materias primas locales para obtener un producto de menor costo.

Se ejecutaron 7 formulaciones en las que se fue cambiando el porcentaje de almidón y de pectina, a cada una de ellas se le sometió a un análisis estadístico específicamente un análisis de varianza (ANOVA), para determinar la similitud con una muestra patrón, se le realizaron a cada una de ellas análisis de humedad, °Brix, pH, consistencia, densidad y viscosidad.

Además a todas las pruebas que no presento diferencia significativa frente a la muestra patrón se le sometió a un análisis sensorial para determinar la similitud sensorial con la muestra patrón, para ello se empleó la prueba Dúo-Trío donde se utilizaron 40 panelistas semi-entrenados.

En este trabajo también se realizó una evaluación de los equipos, para su selección de acuerdo a una producción estimada de 960kg/día, donde se determinó que se necesita una marmita doble chaqueta, bomba sanitaria, caldero horizontal, una mezcladora de tina y una llenadora semi-automática; en este trabajo también se encuentra un análisis financiero en el cual nos refleja los costos de fabricación de \$0.96, un PVP de \$1.44 por cada 500g y con un PE de 34.7%.

Como conclusión se determina el uso de pectina y almidón en una formulación que además contiene glucosa, que es similar a un producto de importación que se utiliza como gel decorativo en la repostería.

Palabras Claves: Gel para repostería, brillo pastelero

ABSTRACT

Tests were carried out to obtain a product that is used as a decorative gel in confectionery, similar to an imported product, but taking advantage of local raw materials to obtain a lower cost product.

Seven formulations were carried out in which the percentage of starch and pectin was changed, each one of them was subjected to a statistical analysis specifically an analysis of variance (ANOVA), to determine the similarity with a standard sample, it was performed each of them moisture analysis, ° Brix, pH, consistency, density and viscosity.

In addition to all the tests that did not present significant difference compared to the standard sample, it was subjected to a sensory analysis to determine the sensory similarity with the standard sample, for which the Duo-Trio test was used where 40 semi-trained panelists were used.

In this work an evaluation of the equipment was also carried out, for its selection according to an estimated production of 960kg / day, where it was determined that a double jacket, sanitary pump, horizontal cauldron, a tub mixer and a semi-automatic filler; In this work we also find a financial analysis in which we reflect the manufacturing costs of \$ 0.96, a PVP of \$ 1.44 for each 500g and with a PE of 34.7%.

In conclusion, the use of pectin and starch is determined in a formulation that also contains glucose, which is similar to an import product that is used as a decorative gel in confectionery.

Keywords: *Pastry gel, pastry shine*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	V
SIMBOLOGÍA.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE APÉNDICE.....	X
CAPÍTULO 1	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Justificación del problema	2
1.2 Objetivos	2
1.2.1 Objetivo General.....	2
1.2.2 Objetivos específicos	2
1.3 Marco teórico	2
1.3.1 Geles	2
1.3.2 Gelación	3
1.3.3 Ingredientes.....	4
CAPÍTULO 2.....	7
2. METODOLOGÍA	7
2.1 Caracterización de la materia prima	7
2.2 Formulación	7
2.3 Análisis físico-químicos	8
2.3.1 Humedad	9
2.3.2 Refractómetro digital.....	9
2.3.3 pH-metro.....	10
2.3.4 Consistómetro.....	10
2.3.5 Densidad	10
2.3.6 Caracterización Reológica	10
2.4 Análisis Sensorial	11
2.4.1 Prueba Dúo-Trío	11

2.4.2	Cálculos para determinar el mínimo de respuestas correctas	12
2.5	Selección de equipos	12
2.5.1	Cálculos de calor	13
2.5.2	Tiempo de calentamiento.....	14
2.5.3	Cálculo del consumo de diésel del caldero	15
2.5.4	Dimensionamiento del caldero (NTU)	15
2.5.5	Cálculo de potencia de la bomba	15
CAPÍTULO 3	16
3.	RESULTADOS	16
3.1	Análisis físico-químicos	16
3.1.1	Caracterización reológica	16
3.2	Análisis de Varianza (ANOVA)	20
3.3	Test Sensorial	21
3.4	Fórmula final	22
3.5	Cálculos para la selección de equipos.....	25
3.5.1	Cálculos de calor	25
3.5.2	Tiempo de calentamiento.....	25
3.5.3	Cálculo del consumo de diésel del caldero	25
3.5.4	Dimensionamiento del caldero (NTU)	26
3.5.5	Cálculo de potencia de la bomba	26
3.6	Selección de equipos	26
3.7	Análisis financiero	28
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	30
4.1	CONCLUSIONES.....	30
4.2	RECOMENDACIONES	30
BIBLIOGRAFÍA		
APÉNDICES		

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
ISO	Organización Internacional de Normalización
NMX	Normativa Mexicana
ANOVA	Análisis de varianza
PVP	Precio de venta al público
MOD	Mano de Obra Directa
GIF	Gastos Indirectos de Fabricación
CNEL	Corporación Nacional de Electricidad
EMAPAG	Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guayaquil

SIMBOLOGÍA

H	Humedad
°Brix	Grados Brix
pH	Potencial de Hidrógeno
m	Índice de flujo
k	Índice de consistencia
mg	Miligramo
g	gramo
kg	Kilogramo
V	Volumen
ml	mililitro
l	litro
t	tiempo
s	segundo
s ²	segundo al cuadrado
min	minuto
h	hora
cm	centímetro
m	metro
m ²	metro cuadrado
m ³	metro cúbico
ft	pie
psi	libra por pulgada cuadrada
CFM	pies cúbicos por minuto
BTU	Unidad térmica Británica
T	Temperatura
°C	Grado Celsius
°F	Grado Fahrenheit
kJ	Kilojoules
Kcal	Kilocalorías
HP	Horse power
W	Watts
KW	Kilowatts

Hz	Hertz
%	porcentaje
#	Número
u	Unidad
\$	Dólares Americanos
cP	Centipoise
dn	dina
Pa	Pascal
N	Newton
rpm	Revoluciones por minuto
rev	Revoluciones
rad	Radianes
PE	Punto de equilibrio

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Gelatinización del almidón con respecto a la temperatura	5
Figura 2.1 Termobalanza	9
Figura 2.2 Refractómetro digital	9
Figura 2.3 pH-metro	10
Figura 2.4 Consistómetro	10
Figura 2.5 Texturómetro	10
Figura 2.6 Tipos de Spindle	11
Figura 2.7 Spindle S64	11
Figura 2.8 Muestras codificadas	12
Figura 2.9 Panelista realizando prueba sensorial	12
Figura 3.1 Diagrama de esfuerzo cortante	16
Figura 3.2 Curva de fluidez (SS vs SR)	17
Figura 3.3 Curva de fluidez en escala logarítmica	17
Figura 3.4 Curva de viscosidad (Ua vs SR)	19
Figura 3.5 Curva de viscosidad (Ua vs SR)	19
Figura 3.6 Diagrama de flujo del Gel para repostería	23
Figura 3.7 Diagrama de equipos	24
Figura 3.8 Layout de la planta	25

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Características de almidones de maíz usados en la industria	4
Tabla 1.2 Frutas ricas o pobres en pectina	6
Tabla 2.1 Formulación de 7 muestras	8
Tabla 2.2 Porcentajes de pectina y almidón en las diferentes muestras	8
Tabla 2.3 Requisitos físico-químicos	9
Tabla 2.4 Especificaciones de la marmita y el agitador	13
Tabla 2.5 Composición del gel para repostería	13
Tabla 2.6 Datos del sistema	14
Tabla 2.7 Parámetros del vapor al interior de la chaqueta	14
Tabla 2.8 Coeficiente de resistencia de los accesorios	15
Tabla 3.1 Datos de los análisis físico-químicos	16
Tabla 3.2 Valores de m y K de la curva de fluidez	18
Tabla 3.3 Valores de m y K de la curva de viscosidad	20
Tabla 3.4 ANOVA	21
Tabla 3.5 Fórmula final del Gel de repostería	22
Tabla 3.6 Selección de equipos	26
Tabla 3.7 Análisis Financiero	29

ÍNDICE DE APÉNDICE

- Apéndice 1 Cálculos para la caracterización reológica
- Apéndice 2 Tabla de Lawless
- Apéndice 3 Hoja del panel sensorial
- Apéndice 4 Cálculo de C_p y k – Método de Choi y Okos
- Apéndice 5 Calor total necesario para la cocción
- Apéndice 6 Tiempo de calentamiento
- Apéndice 7 Cálculo del consumo de diésel del caldero
- Apéndice 8 Cálculo de potencia de la bomba
- Apéndice 9 Diagrama de Moody
- Apéndice 10 Coeficientes de resistencias locales 1
- Apéndice 11 Coeficientes de resistencias locales 2
- Apéndice 12 Rugosidad equivalente
- Apéndice 13 Tabla de análisis físico-químicos
- Apéndice 14 Datos reológicos del patrón
- Apéndice 15 Datos reológicos de M1
- Apéndice 16 Datos reológicos de M2
- Apéndice 17 Datos reológicos de M3
- Apéndice 18 Datos reológicos de M4
- Apéndice 19 Datos reológicos de M5
- Apéndice 20 Datos reológicos de M6
- Apéndice 21 Datos reológicos de M7
- Apéndice 22 Datos de Normalidad
- Apéndice 23 Requerimientos de producción
- Apéndice 24 Costos de los accesorios
- Apéndice 25 Inversión Inicial
- Apéndice 26 Costo de Materia Prima - Ingredientes
- Apéndice 27 Costo de Materia Prima - Envase
- Apéndice 28 MOD
- Apéndice 29 GIF
- Apéndice 30 Costo de consumo de Energía Eléctrica
- Apéndice 31 Costo de consumo de Agua Potable

Apéndice 32 Costo de Servicios y Suministros

Apéndice 33 Costo de producción

Apéndice 34 Punto de Equilibrio

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente las industrias de alimentos se caracterizan por brindar productos inocuos y de buena calidad, para lograrlo utilizan materias primas locales e importadas, de esto depende el costo de fabricación.

En el Ecuador existen varios productos de repostería que utilizan como base decorativa un gel de tipo comestible, el cual ayuda a dar un brillo y una consistencia única en el decorado. Por lo general este producto se lo importa de un país vecino como es Colombia, esto hace que los costos de fabricación aumenten su valor.

En el siguiente proyecto integrador se pretende formular y desarrollar un gel decorador de tipo comestible, para el área de repostería aprovechando materias primas existentes en el país.

En el marco teórico se detalla las características y requerimientos para la elaboración de un gel. Posteriormente se describe el proceso de elaboración, las diferentes formulaciones evaluadas, materia prima, insumos, materiales y equipos, análisis de costos en base a una producción.

La caracterización de la fórmula final se logra aplicando una metodología experimental, valorando las características reológicas, análisis de humedad, °Brix, pH, consistencia y densidad.

Finalmente se realiza un análisis de costos para ver rentabilidad costo del proyecto y se espera poder bajar los costos de producción al utilizar las materias primas locales.

1.1 Justificación del problema

El siguiente proyecto integrador tiene como propósito desarrollar e industrializar un gel de repostería tipo comestible utilizando materias primas locales.

El beneficio que se obtendrá al realizar este proyecto, será eliminar las importaciones de geles decorativos, y así disminuir el monopolio que se ha creado durante varios años debido a que no se ha propuesto industrializar el gel decorativo en el país.

Además, el proyecto contribuye al aprovechamiento de materias primas locales para la elaboración del gel decorativo de manera que los costos de fabricación no sean tan altos.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Diseñar el proceso para la obtención de un gel decorativo comestible empleando materias primas de venta local.

1.2.2 Objetivos específicos

- Evaluar materias primas disponibles a nivel local para elaboración de geles.
- Seleccionar las etapas del proceso y la fórmula del producto ejecutando pruebas experimentales.
- Diseñar la línea de proceso considerando costos y equipamiento necesario, así como también la distribución de la planta.

1.3 Marco teórico

1.3.1 Geles

Los geles son sustancias coloidales, cuyo medio dispersante es un sólido (generalmente polímeros), y en el cual la fase dispersa es un líquido (agua y las soluciones hidroalcohólicas), Se caracterizan por su consistencia viscosa, falta de fluidez, deformidad elástica y porque suelen hincharse al absorber agua.

Los geles presentan una densidad similar a los líquidos, no obstante, su estructura se asemeja más a la de un sólido. El ejemplo más común de geles es la gelatina comestible.

Los geles están compuestos por grandes cantidades de líquido, su estructura de red hace que el líquido sea retenido por las partículas fibrosas que esta mecánicamente inmovilizado entre ellas. Mientras menos asimétricas son las partículas coloidales, más alta debe ser su concentración para formar el gel.

En los geles las partículas no se comprimen, solo se juntan en diferentes puntos formando una malla desordenada para retener el solvente. (Belitz, 1997; Ponce & Calderón, 2012).

Los geles tienen diferentes propiedades que dependen de la capacidad de retener o absorber un líquido y son: Imbibición, sinéresis e histéresis. Las características de los geles son: elasticidad, grado de rigidez y fragilidad (Enríquez & Galindo, 2010; Ponce & Calderón, 2012).

1.3.1.1 Clasificación de los geles

Los geles se catalogan de distintos criterios gracias a sus propiedades: (Enríquez & Galindo, 2010; Ponce & Calderón, 2012).

- **Dependiendo de la naturaleza interna:** Naturales o Sintéticos.
- **Dependiendo de su comportamiento frente al agua:** Hidrófilos o hidrogeles, hidrófobos o lipogeles y plastibases.
- **Dependiendo sus propiedades mecánicas:** Inhibición, gel elástico y no elástico.

1.3.2 Gelación

La gelación cumple un papel fundamental en la preparación de diversos alimentos, como: geles de gelatina, productos lácteos, proteínas vegetales texturadas, geles proteicos de soja, pastas de panadería. También se aplica para la mejora de la absorción de agua, el espesado, y para estabilizar emulsiones y espumas. (Pasquel, 2001).

Los agentes gelificantes son sustancias que, al entrar en contacto con otra cambian su consistencia. Las sustancias que pertenecen a este grupo son

compuestos de alto peso molecular y que por lo general son las proteínas, como las gelatinas o hidratos de carbono, complejos como las pectinas, almidones, alginatos y gomas. (Pasquel, 2001).

1.3.3 Ingredientes

1.3.3.1 Fécula de maíz

La fécula de maíz o mejor conocida como Almidón de maíz es un Hidrato de Carbono que es sintetizado y almacenado como fuente de energía, los tubérculos y las semillas son las que mayor contenido de almidón almacenan; están conformados por moléculas de amilosa y/o amilopectina. La amilosa es una cadena lineal de glucosa, constituye entre un 26-31% en la mayoría de los almidones de maíz, pero hay algunos en un 55-80%, usualmente los almidones ricos en amilosa no produce viscosidad y son más resistentes a la degradación. La amilopectina es un polímero ramificado, que su porcentaje en el almidón es la diferencia con respecto al contenido de la amilosa (Badui, 2006; Bernal, 2006; Nelson & Cox, 2011).

El tamaño y forma son muy variados; pueden ser esféricas, angulares o en forma de diente. Se puede observar en la tabla 1.1 los diferentes tipos de almidones de maíz que poseen una pequeña cantidad de lípidos y proteínas. (Bernal, 2006; Fennema & Tannenbaum, 2000).

Tabla 1.1 Características de almidones de maíz usados en la industria

	<i>Almidón de maíz común</i>	<i>Almidón de maíz céreo</i>	<i>Almidón de maíz rico en amilosa</i>
Tamaño de gránulo (eje mayor, μm)	2-30	2-30	2-24
Amilosa (%)	28	<2	50-70
Temperatura de gelatinización ($^{\circ}\text{C}$) ^a	62-80	63-72	66-170 ^b
Viscosidad relativa	Media	Media-alta	Muy baja ^b
Reología de la pasta ^c	Corta	Larga (cohesiva)	Corta
Claridad de la pasta	Opaca	Muy ligeramente turbia	Opaca
Tendencia a gelificar/retrogradar	Alta	Muy baja	Muy alta
Lípidos (%GS)	0,8	0,2	–
Proteína (%GS)	0,35	0,25	0,5
Fósforo (%GS)	0	0	0
Sabor	Cereal (ligero)	«Limpio»	

Fuente: Fennema & Tannenbaum, 2000

Los gránulos de almidón necesitan una temperatura de calentamiento para que gelatinice, se observa en la figura 1.1 que a mayor temperatura, los gránulos de almidón va hinchándose hasta que se fragmentan y las moléculas de amilosa y amilopectina se dispersan, la temperatura de activación es alrededor de unos 65°C (tabla 1.1), este proceso es irreversible es decir el almidón pierde su forma semicristalina.(Badui, 2006; Bravo, 2007; Fennema & Tannenbaum, 2000).

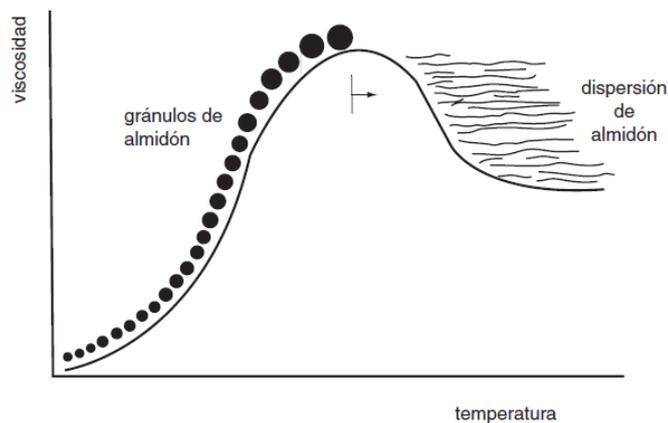


Figura 1.1 Gelatinización del almidón con respecto a la temperatura

Fuente: Badui, 2006

1.3.3.2 Azúcar

La fuente principal del azúcar que se usa en la Industria de la repostería es de la caña de azúcar o de la remolacha la cuál es procesada varias veces hasta obtener el producto final con el color blanco deseado. Hay varios tipos de azúcar, pero generalmente se conocen 3, que son la azúcar blanca, azúcar rubia o morena y el azúcar glas (Barraza, 2008). En la elaboración de geles, el azúcar junto con la pectina juega un papel muy importante, ya que le otorga el poder de gelificación. Se recomienda añadir azúcar en un 60% del peso final y usar azúcar blanca por que mantiene las propiedades de color y sabor. Es importante recalcar que la cantidad de azúcar debe ser la adecuada para que no ocurra una fermentación o una cristalización. Para tener una buena conservación del producto, se recomienda someter al azúcar en un medio ácido y a cocción, ya que ocurre un desdoblamiento de la fructosa y glucosa e impiden que se cristalice. (Coronado & Hilario, 2008).

1.3.3.3 Pectina

La pectina es un polisacárido cuya función es de ser el elemento enlazante de las paredes celulares de frutas y vegetales. (Quiminet, 2011a). Se debe agregar la pectina mezclada con azúcar, ya que si esto no ocurre se forman grumos de tipo pastoso que son difícil de disolver. Para agilizar la disolución se debe de calentar el agua antes de agregar la mezcla de pectina y azúcar (Smith, 2007).

Cuando hay un medio ácido y con la presencia de azúcares, la pectina torna a gelificar, por eso es muy utilizada como un agente espesante, existen frutas que son ricas en pectina (tabla 1.2) y pueden servir como un agente espesante (Puigvert & Garza, 2003).

Tabla 1.2 Frutas ricas o pobres en pectina

Frutas ricas en pectina	Frutas pobres en pectina
Manzana	Fresas
Limón	Durazno
Naranja	Pera
Lima	Piña
Toronja	Mora

Fuente: Coronado & Hilario, 2008

1.3.3.4 Glucosa líquida

La glucosa líquida es un monosacárido derivado de la glucosa y se lo encuentra en las frutas o miel, es un líquido muy viscoso, incoloro y cristalino, es soluble en agua y glicerina, poco soluble en alcohol. Se lo obtiene mediante una hidrólisis enzimática, en una reacción ácido – base. (Quiminet, 2011b).

1.3.3.5 Ácido cítrico

El ácido cítrico es un buen conservante y antioxidante que está presente en la mayoría de frutas en especial los cítricos. Entre sus propiedades tenemos: Ayuda a la gelificación ya que se necesita un pH de 3-3.15 para obtener la textura deseada; confiere brillo; mejora el sabor; evita la cristalización del azúcar y prolonga el tiempo de vida útil. La cantidad que se debe emplear debe ser entre 0.15-0.2% del peso total. (Paltrinieri, 1997; Quiminet, 2013; Smith, 2007).

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

Para la caracterización del producto se realizaron varias pruebas experimentales. Primero se inició con 2 pruebas a las cuales se le adicionó pectina en diferentes porcentajes. Seguido de esto considerando que las pruebas no fueron iguales en viscosidad y consistencia se realizaron 2 pruebas más, en las que se incrementó el porcentaje de pectina y se disminuyó el porcentaje de almidón. En estas pruebas se notó una fase semisólida y una vista opaca del gel, considerando que las pruebas aún no presentaban similitud con la muestra patrón en cuanto a brillo y textura, se realizó una quinta prueba. La quinta prueba se disminuyó el porcentaje de pectina, subió el porcentaje de almidón y se agregó glucosa. Finalmente se realizaron 2 pruebas manteniendo el porcentaje de almidón y variando el porcentaje de pectina para llegar a la viscosidad deseada del patrón, considerando también la glucosa que le confiere brillo al producto.

Seguidamente a cada muestra se les realizó análisis físico-químicos, y el análisis estadístico para definir la similitud entre ellos. El detalle de las formulaciones probadas se lee en el inciso 2.2.

2.1 Caracterización de la materia prima

El gel decorativo estaría conformado por las siguientes materias primas: Azúcar comercial, pectina, fécula de maíz, glucosa líquida, ácido cítrico, y sorbato de potasio. La cual sus parámetros de calidad son:

- | | |
|---|---|
| • Azúcar comercial
%H=0.039 | • Glucosa líquida
%H=16.46 pH=5 |
| • Pectina
%H=12 pH=3.3 | • Ácido cítrico
%H=0.1 pH=1.56 |
| • Fécula de maíz
%H=12.6 pH=5.4 | • Sorbato de Potasio
%H=0.3 pH=9.24 |

2.2 Formulación

Se inició con el pesado de los ingredientes, luego se mezcló en seco el azúcar y la pectina, se colocó el 95% de agua en un recipiente adicionando el

almidón, se llevó a cocción agitando constantemente antes que la temperatura alcance los 40°C, solo a las muestras 5, 6 y 7 se le agregó glucosa, en la tabla 2.1 se aprecia las 7 formulaciones diferentes; luego se adicionó la mezcla de azúcar y pectina de forma lenta agitando fuertemente para evitar la formación de grumos. Se incrementó la temperatura con agitación constante hasta ebullición (85°C) durante 20 minutos, luego se suspende el calentamiento, se diluyó el 5% de agua restante con el ácido cítrico y se adicionó al glaseado homogenizando totalmente. En la tabla 2.2 se observa el porcentaje de variación de la pectina y almidón en las 7 formulaciones realizadas.

Tabla 0.1 Formulación de 7 muestras

Muestras	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
Ingredientes							
Agua	52,73	52,48	52,98	52,98	48,48	48,78	48,18
Azúcar	42,80	42,80	42,80	42,80	22,40	22,40	22,40
Almidón	3,00	3,50	2,00	2,50	3,50	3,50	3,50
Pectina	1,25	1,00	2,00	1,50	1,00	0,70	1,30
Ácido Cítrico	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Glucosa	-----	-----	-----	-----	24,40	24,40	24,40
Total	100						

Fuente: Elaboración propia

Tabla 0.2 Porcentajes de pectina y almidón en las diferentes muestras

	Pectina (%)	Almidón (%)	Glucosa (%)
Muestra 1	1.25	3	-
Muestra 2	1	3.5	-
Muestra 3	2	2	-
Muestra 4	1.5	2.5	-
Muestra 5	1	3.5	24.4
Muestra 6	0.7	3.5	24.4
Muestra 7	1.3	3.5	24.4

Fuente: Elaboración propia

2.3 Análisis físico-químicos

Las 7 formulaciones elaboradas junto con el patrón se caracterizaron a través de análisis físico-químicos por triplicado, se evaluará cuál de las 7 muestras no posee diferencias significativas con la muestra patrón por medio del

análisis ANOVA, a continuación se detallan los equipos a utilizar y en la tabla 2.3 se aprecia los parámetros a realizar junto con la normalización respectiva.

Tabla 0.3 Requisitos físico-químicos

Requisito	Unidad	Método de ensayo
Humedad	%	NMX-F-428-1982
Sólidos solubles a 20°C	°Brix	NTE INEN-ISO 2173:2013
pH a 20°C	-	NTE INEN-ISO 1842:2013
Consistómetro a 20°C	-	NTE INEN 1 899:2012
Densidad a 20°C	g/ml	NTE INEN-ISO 7971-1:2013
Texturómetro a 20°C	cP	NTE INEN 1013:2015

Fuente: Elaboración propia

2.3.1 Humedad

La prueba de %H se realizó mediante una termobalanza Kern MB050-3 (Norma Mexicana NMX, 1978).



Figura 0.1 Termobalanza

Fuente: Elaboración propia

2.3.2 Refractómetro digital

Se determinó los °Brix mediante un refractómetro digital de bolsillo 300053 con un rango de °Brix: 0 – 95% (Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN], 2013).



Figura 0.2 Refractómetro digital

Fuente: Elaboración propia

2.3.3 pH-metro

La prueba de pH se realizó mediante un pH metro BT600 (INEN, 2013a).



Figura 0.3 pH-metro

Fuente: Elaboración propia

2.3.4 Consistómetro

La prueba de consistencia se realizó mediante un consistómetro de Bostwick (INEN, 2012).



Figura 0.4 Consistómetro

Fuente: Elaboración propia

2.3.5 Densidad

La prueba se realizó por medio de la norma INEN–ISO 7971 (INEN, 2013b).

2.3.6 Caracterización Reológica

Para la evaluación de Análisis de Perfil de Textura se utilizó un Texturómetro Bookfield Dv-II+PRO con un Spindle S64 (INEN, 2015). Los cálculos utilizados se observa en el Apéndice 1.



Figura 0.5 Texturómetro

Fuente: Elaboración propia



Figura 0.6 Tipos de Spindle

Fuente: Elaboración propia



Figura 0.7 Spindle S64

Fuente: Elaboración propia

2.4 Análisis Sensorial

2.4.1 Prueba Dúo-Trío

Por medio de una prueba de discriminación (Dúo-Trío) se escoge a 40 panelistas semi-entrenados y se determina si las muestras son diferentes; se coloca 3 muestras, una de referencia que es la fórmula final, una muestra codificada como 757 que es la muestra patrón, y otra muestra codificada como 916 que sería la fórmula final.

Para poder determinar el número mínimo de respuestas correctas que debe tener el análisis sensorial se lo realiza mediante 2 métodos: Por medio de una ecuación que se detalla en el literal 2.4.2 y por medio de la tabla de Lawless (Apéndice 2) (Anzaldúa, 2005).

En el Apéndice 3 se muestra la hoja entregada a los panelistas; en la figura 2.8 se muestra la codificación de las muestras y en la figura 2.9 se aprecia a un panelista realizando la evaluación sensorial.



Figura 0.8 Muestras codificadas

Fuente: Elaboración propia



Figura 0.9 Panelista realizando prueba sensorial

Fuente: Elaboración propia

2.4.2 Cálculos para determinar el mínimo de respuestas correctas

$$X = \frac{(z)(\sqrt{N}) + N + 1}{2} \quad (5)$$

Donde; **X**= Número mínimo de respuestas correctas

Z= Cubre a α :

α de 0.05 = 1.64

α de 0.01 = 2.33

N= Número de panelistas

2.5 Selección de equipos

Como parte de los objetivos planteados previamente, se realizó una selección de equipos, la cual se consideró una producción de 960kg/día envasados en un recipiente de vidrio de 500g; se desarrolló cálculos para determinar la cantidad de calor y diésel a necesitar y también el tiempo de calentamiento para así saber cuáles serán los requerimientos energéticos. Para determinar el tiempo de calentamiento en la elaboración del producto, se realizó los

cálculos de transferencia de calor en el interior y exterior de la marmita doble chaqueta equipo propuesto para realizar el proceso, donde se realizará los siguientes cálculos:

- Cálculo estimado del calor específico y conductividad térmica con la fórmula de Choi y Okos.
- Cálculo estimado del tiempo de calentamiento en el tanque.
- Cálculo de coeficiente global de transferencia.
- Cálculo de la resistencia térmica de conducción.
- Área de transferencia de calor interna y externa de la marmita.

Para los siguientes cálculos se usaron las especificaciones de la marmita detalladas en la tabla 2.4.

Tabla 0.4 Especificaciones de la marmita y el agitador

Dimensiones del tanque	
Diámetro externo	1.25m
Diámetro interno	1.1m
Espesor	0.15m
Altura externa	1.47
Altura interna	1.32
Características del agitador	
Tipo de agitador	Paleta
Velocidad de agitador	33 RPM
Ancho paleta	1.06m

Fuente: Elaboración propia

2.5.1 Cálculos de calor

Para saber cuánto calor se requirió, se necesita calcular el C_p y k que se lo realizó mediante el método de Choi y Okos (1987) (Heldman & Lund, 2007) y se utilizó los datos de la tabla 2.5; luego se realizan los cálculos para el calor total, dichas fórmulas las encontramos en el Apéndice 4 y 5.

Tabla 0.5 Composición del gel para repostería

Componente	Porcentaje %	Componente	Porcentaje %
Carbohidrato	80	Agua	20
Proteína	0	Fibra	0
Grasa	0	Ceniza	0

Fuente: Elaboración propia

2.5.2 Tiempo de calentamiento

Para determinar el tiempo de calentamiento para un tanque enchaquetado con agitación constante en un medio de calentamiento isotérmico se utilizó las especificaciones de la marmita detalladas en la tabla 2.4 y en la tabla 2.6 se detalla los datos del sistema; se empleó la fórmula 22 para medios isotérmico detalladas en el Apéndice 6 (Çengel & Ghajar, 2013).

Tabla 0.6 Datos del sistema

Flujo másico Q_m	4
Densidad ρ	1200
Longitud de tubería L	18
Velocidad V_2	0,39
Velocidad V_1	0
Altura 1 Z_1	0
Altura 2 Z_2	2
Presión 1 $P_1 = P_2$	101337
Tipo de tubería	TUBOS DE ACERO SIN COSTURA

Fuente: Elaboración propia

Para determinar el coeficiente global de transferencia se utilizará los datos de la tabla 2.7 donde se detallan las características del tanque enchaquetado información obtenida de la tesis del Ph.D. Palacios, los cálculos correspondientes se encuentran en el Apéndice 6.

Tabla 0.7 Parámetros del vapor al interior de la chaqueta

Parámetros	Valor	Unidades
T° vapor	128	°C
Presión trabajo	38	psi
Vol. Específico	0.68	m ³ /kg
Entalpía	2719	kJ/kg
Rd	0.0009	m ² °C/W
u/u _o	1	-
Hch	8000	W/m ² °C
Hch	1500	BTU/hr.ft ² °F

Fuente: Palacios, 2011

2.5.3 Cálculo del consumo de diésel del caldero

Se determinó el consumo de diésel considerando vapor como medio de calentamiento, suministro obtenido por medio de un caldero horizontal se utilizó las ecuaciones detalladas en el Apéndice 7.

2.5.4 Dimensionamiento del caldero (NTU)

Dado que la ecuación de efectividad se encuentra en función del número de unidades de transferencia (NTU) (Çengel & Ghajar, 2013):

$$\varepsilon = 1 - e^{(-NTU)} \quad (39)$$

Reordenando la ecuación para NTU, la ecuación considerada es:

$$NTU = -\ln(1 - \varepsilon) \quad (40)$$

Donde; ε = Efectividad – 80%

2.5.5 Cálculo de potencia de la bomba

Se determinó la potencia requerida de la bomba utilizando la ecuación de Bernoulli (White, 2010), los cálculos se detallan en el Apéndice 8, y se utilizó los datos de la tabla 2.8.

Tabla 0.8 Coeficiente de resistencia de los accesorios

Accesorio	# de accesorios	k
Codo 90 grados estándar	4	3
Válvula de compuerta abierta	1	0,17
Estrechamiento brusco	1	0,5
Total	6	3,67

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS

3.1 Análisis físico-químicos

En la tabla 3.1 se encuentran los valores medios junto con su desviación de los análisis físico-químicos realizados a las 7 formulaciones y al patrón. En el Apéndice 13 se detalla los datos de cada análisis por triplicado.

Tabla 3.1 Datos de los análisis físico-químicos

	%H	°Brix	pH	Consistencia	Densidad	m	k
Patrón	44.99±0.43	60.63±0.76	3.41±0.09	5.50±0.50	1.24±0.02	0.32±0.02	37.79±0.79
M1	47.90±0.87	48.10±0.56	2.57±0.15	5.25±0.25	1.25±0.02	0.30±0.01	62.36±0.79
M2	50.02±0.37	48.40±0.10	2.60±0.10	5.33±0.38	1.22±0.02	0.33±0.02	43.39±0.87
M3	49.63±0.84	48.27±0.42	2.56±0.15	2.50±0.50	1.18±0.02	0.14±0.02	109.53±1.1
M4	49.37±0.56	48.47±0.45	2.52±0.08	4.42±0.38	1.17±0.15	0.29±0.02	66.47±0.75
M5	49.86±0.71	48.20±0.61	2.65±0.05	4.50±0.50	1.18±0.08	0.38±0.01	31.15±0.99
M6	33.86±0.45	47.47±0.42	2.55±0.05	5.25±0.25	1.26±0.21	0.32±0.02	44.59±0.75
M7	49.03±0.58	47.60±0.36	2.60±0.02	3.27±0.25	1.20±0.02	0.31±0.01	56.29±1.09

Fuente: Elaboración propia

3.1.1 Caracterización reológica

Se realizaron las curvas de fluidez y viscosidad correspondientes al patrón y a las muestras, para determinar qué tipo de fluido corresponde, se compara la tendencia de la curva de la figura 3.2 con la figura 3.1 (Geankoplis, 1998). Los datos obtenidos para determinar la caracterización reológica se encuentran consignados en los Apéndices 14 – 21.

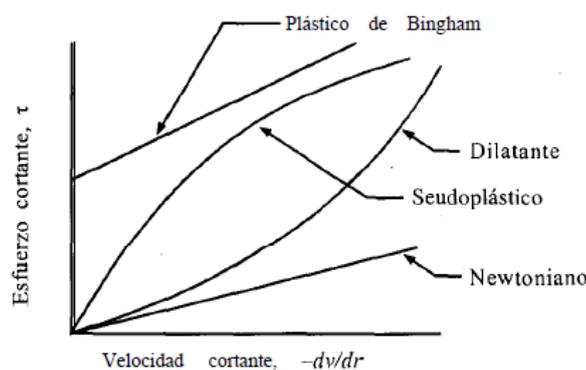


Figura 3.1 Diagrama de esfuerzo cortante

Fuente: Geankoplis, 1998

3.1.1.1 Curva de fluidez (SS vs SR)

Se observa en la figura 3.2 la curva de fluidez, que se origina desde el punto 0, y se puede decir que cumple con un comportamiento de un fluido No Newtoniano de tipo pseudoplástico (Geankoplis, 1998).

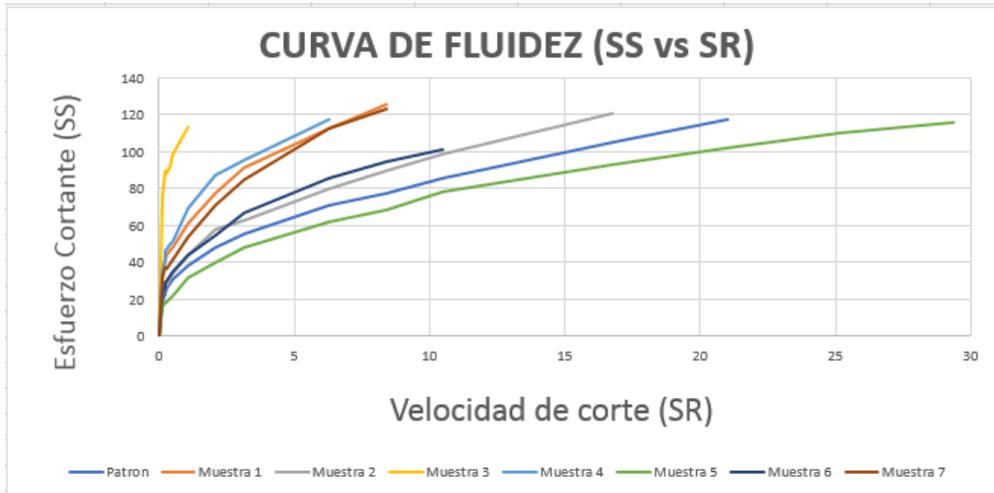


Figura 3.2 Curva de fluidez (SS vs SR)

Fuente: Elaboración propia

3.1.1.2 Curva de fluidez en escala logarítmica

Se observa en la figura 3.3 la curva de fluidez en escala logarítmica, en ella se obtuvieron los valores del índice de comportamiento (m) y el índice de consistencia de (K).

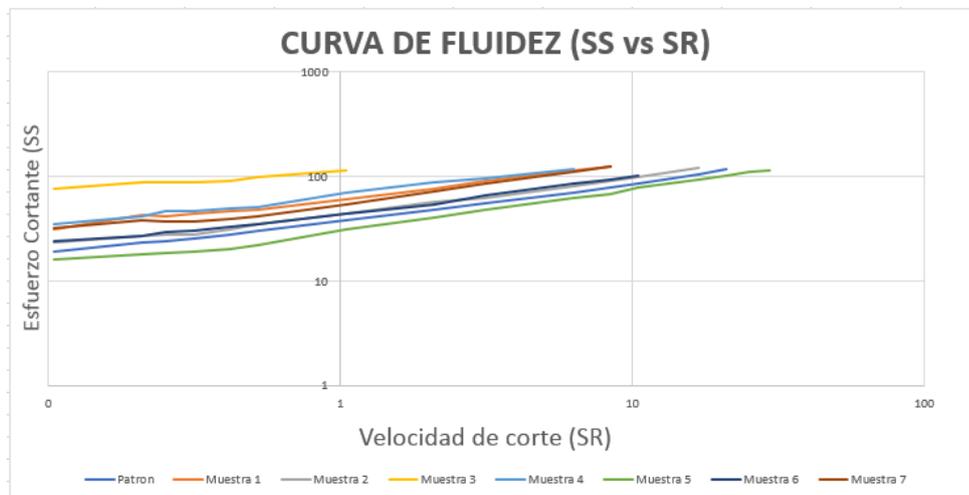


Figura 3.3 Curva de fluidez en escala logarítmica

Fuente: Elaboración propia

De la figura 3.3 se obtuvo las ecuaciones de la recta detalladas a continuación para encontrar los valores de m (pendiente de la recta) que en la ecuación es el exponente de x, y el valor de k (intersección con el eje y) que es cuando el valor de x es igual a 0.

- Patrón: $y = 38,675x^{0,3415}$
- Muestra 1: $y = 62,91x^{0,3099}$
- Muestra 2: $y = 44,164x^{0,3346}$
- Muestra 3: $y = 109,68x^{0,1643}$
- Muestra 4: $y = 67,307x^{0,3039}$
- Muestra 5: $y = 31,221x^{0,3811}$
- Muestra 6: $y = 45,434x^{0,3285}$
- Muestra 7: $y = 57,415x^{0,3273}$

De acuerdo a los datos obtenidos de las ecuaciones anteriores, los valores de $m < 1$ y $K > 1$ (tabla 3.2), nos indica que se trata de un fluido No Newtoniano de tipo pseudoplástico de acuerdo a la ecuación de Ostwald-de Waele (Geankoplis, 1998).

Tabla 3.2 Valores de m y K de la curva de fluidez

	m	K
Patrón	0.3415	38.68
M1	0.3099	62.91
M2	0.3346	44.16
M3	0.1643	109.68
M4	0.3039	67.30
M5	0.3811	31.22
M6	0.3285	45.43
M7	0.3273	57.41

Fuente: Elaboración propia

3.1.1.3 Curva de viscosidad (Ua vs SR)

Se detalla en la figura 3.4 la tendencia de la curva de viscosidad.

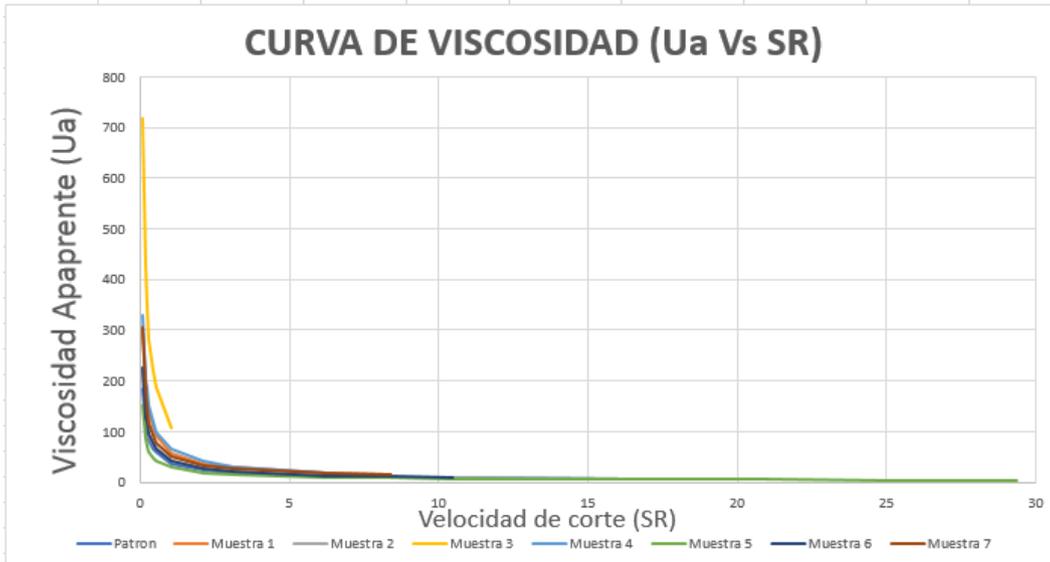


Figura 3.4 Curva de viscosidad (Ua vs SR)

Fuente: Elaboración propia

3.1.1.4 Curva de Viscosidad en escala logarítmica

Se observa en la figura 3.5 la curva de viscosidad en escala logarítmica, en ella se obtuvieron los valores del índice de comportamiento ($m=n-1$) y del índice de consistencia (K); donde m es la pendiente de la viscosidad y n es la pendiente del fluido.

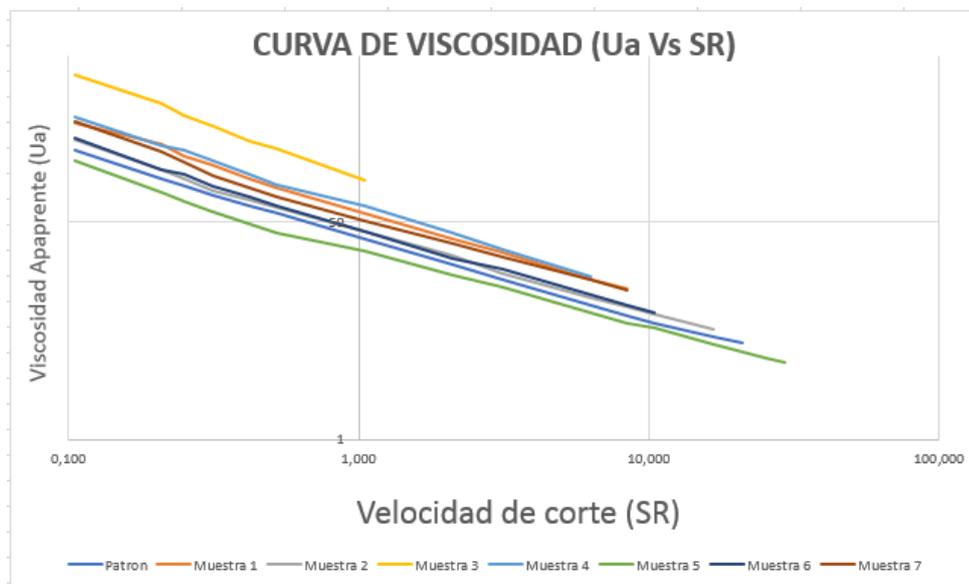


Figura 3.5 Curva de viscosidad (Ua vs SR)

Fuente: Elaboración propia

De la figura 3.5 se obtuvo las ecuaciones de la recta detalladas a continuación para encontrar los valores de $m=n-1$ (pendiente de la recta) que en la ecuación es el exponente de x , y el valor de k (intersección con el eje y) que es cuando el valor de x es igual a 0.

- Patrón: $y = 38,674x^{-0,659}$
- Muestra 1: $y = 62,928x^{-0,69}$
- Muestra 2: $y = 44,287x^{-0,666}$
- Muestra 3: $y = 109,8x^{-0,836}$
- Muestra 4: $y = 67,298x^{-0,696}$
- Muestra 5: $y = 31,199x^{-0,619}$
- Muestra 6: $y = 45,45x^{-0,671}$
- Muestra 7: $y = 57,443x^{-0,673}$

De acuerdo a los datos obtenidos de las ecuaciones anteriores, los valores de $m=n-1$ y K se lo detalla en la tabla 3.3.

Tabla 3.3 Valores de m y K de la curva de viscosidad

	$m=n-1$	K
Patrón	-0,66	38,67
M1	-0,69	62,92
M2	-0,67	44,29
M3	-0,84	109,80
M4	-0,70	67,30
M5	-0,62	31,99
M6	-0,67	45,45
M7	-0,67	57,44

Fuente: Elaboración propia

3.2 Análisis de Varianza (ANOVA)

Se realizó un análisis de varianza con un 95% de confianza a los parámetros realizados para evidenciar cuáles de las 7 formulaciones es similar a la del patrón; los datos analizados se tomaron de la sección anterior de los análisis físico-químicos que se realizaron por triplicado; antes de realizar el análisis de varianza se verificó que todas muestras de cada parámetro cumplan con que sean normales, esto quiere decir que su valor p debe ser mayor a 0.05 y se evidencia en el Apéndice 22, concluyendo que todas las muestras cumplen

con el requisito de Normalidad; luego se comparó cada parámetro de cada muestra con el patrón para saber cuáles de las 7 formulaciones es similar estadísticamente con un 95% de confianza (Tabla 3.4).

Tabla 3.4 ANOVA

	%H	°Brix	pH	Consistencia	Densidad	m	k
Patrón	44.99±0.43 ^c	60.63±0.76 ^a	3.41±0.09 ^a	5.50±0.50 ^a	1.24±0.02 ^a	0.32±0.02 ^{bc}	37.79±0.79 ^f
M1	47.90±0.87 ^b	48.10±0.56 ^{bcd}	2.57±0.15 ^b	5.25±0.25 ^a	1.25±0.02 ^a	0.30±0.01 ^{cd}	62.36±0.79 ^c
M2	50.02±0.37 ^a	48.40±0.10 ^{bc}	2.60±0.10 ^b	5.33±0.38 ^a	1.22±0.02 ^a	0.33±0.02 ^b	43.39±0.87 ^e
M3	49.63±0.84 ^a	48.27±0.42 ^{bcd}	2.56±0.15 ^b	2.50±0.50 ^d	1.18±0.02 ^a	0.14±0.02 ^e	109.53±1.13 ^a
M4	49.37±0.56 ^a	48.47±0.45 ^b	2.52±0.08 ^b	4.42±0.38 ^b	1.17±0.15 ^a	0.29±0.02 ^d	66.47±0.75 ^b
M5	49.86±0.71 ^a	48.20±0.61 ^{bcd}	2.65±0.05 ^b	4.50±0.50 ^b	1.18±0.08 ^a	0.38±0.01 ^a	31.15±0.99 ^a
M6	33.86±0.45 ^d	47.47±0.42 ^d	2.55±0.05 ^b	5.25±0.25 ^a	1.26±0.21 ^a	0.32±0.02 ^{bc}	44.59±0.75 ^e
M7	49.03±0.58 ^a	47.60±0.36 ^{cd}	2.60±0.02 ^b	3.27±0.25 ^c	1.20±0.02 ^a	0.31±0.01 ^{bcd}	56.29±1.09 ^d

*Diferentes superíndices dentro de la misma columna indican diferencias significativas (P <0.05)

Fuente: Elaboración propia

Podemos observar que en %H, °Brix, pH y en el índice de consistencia (K) todas las muestras tienen diferencias significativas con respecto al patrón; en la consistencia, densidad y en el índice de flujo (m), las únicas muestras que no presentan diferencias es la muestra 2, y 6; por lo que se decidió usar la muestra 6 para realizar el panel sensorial por lo que es la única que contiene glucosa en su formulación.

3.3 Test Sensorial

Se elaboró un panel sensorial a 40 panelistas semi-entrenados, y se calculó por medio de ambos métodos el número mínimo de respuestas correctas que se debió obtener en el panel sensorial:

- **Ecuación para cierto número de panelistas**

$$X = 29 \quad N = 40$$

Z = Cubre a α :

$$\alpha \text{ de } 0.05 = 1.64$$

$$\alpha \text{ de } 0.01 = 2.33$$

$$X = \frac{(z)(\sqrt{N}) + N + 1}{2} \quad (5)$$

$$Z= 1.64 \quad X = \frac{(z)(\sqrt{N})+N+1}{2} = \frac{(1.64)(\sqrt{40})+40+1}{2} = 26$$

$$Z= 2.33 \quad X = \frac{(z)(\sqrt{N})+N+1}{2} = \frac{(2.33)(\sqrt{40})+40+1}{2} = 28$$

- **Tabla de Lawless**

Según la tabla de Lawless (Apéndice 2), el número mínimo de respuestas correctas que debe de tener es:

α de 0.05= 26

α de 0.01= 28

Se puede observar que por medio de los 2 métodos el número mínimo de respuestas correctas que debe de tener el panel sensorial es: con un 95% de confianza de 26 y con un 99% de confianza de 28; por la tanto se puede apreciar que el análisis sensorial está dentro del rango.

3.4 Fórmula final

En base a los resultados expuestos anteriormente en el análisis de varianza (ANOVA) y en el análisis sensorial, se decidió que la muestra 6 (tabla 3.5) es la más idónea, ya que en el análisis de varianza, la muestra 2 y 6 fueron las que no tenían diferencias significativas en 3 de los parámetros analizados, y se tomó la muestra 6 puesto que este contiene glucosa, la cual aporta un mayor brillo al gel.

Tabla 3.5 Fórmula final del Gel de repostería

Ingredientes	%
Agua	48,78
Azúcar	22,40
Glucosa	24,40
Almidón	3,50
Pectina	0,70
Ácido Cítrico	0,22
Total	100

Fuente: Elaboración propia

Se detalla a continuación el esquema del diagrama de flujo en la figura 3.6 en la cual se observa las operaciones y parámetros necesarios para la elaboración del gel.

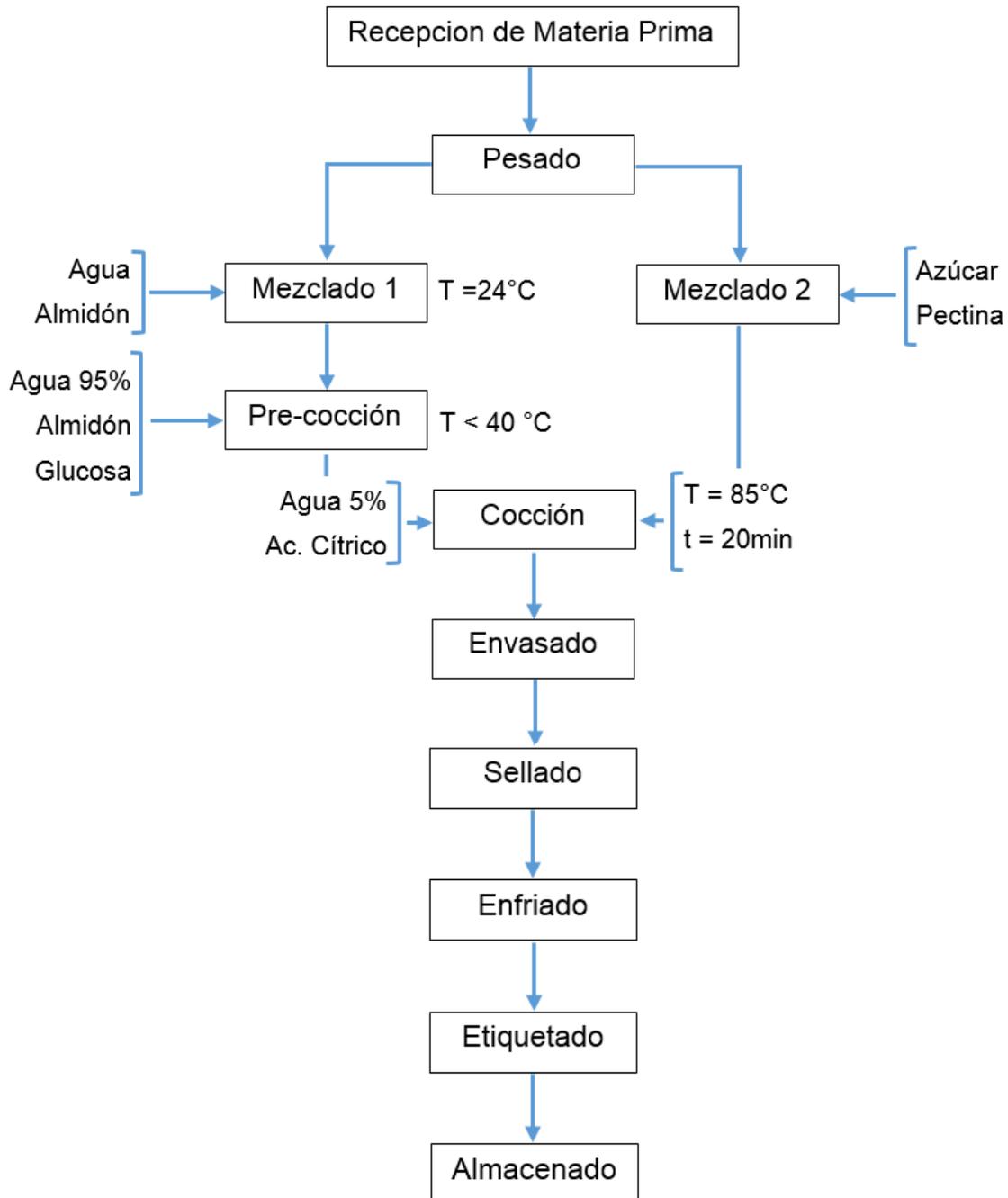


Figura 3.6 Diagrama de flujo del Gel para repostería

Fuente: Elaboración propia

En el esquema de la figura 3.7 se detalla la distribución de los equipos (mezcladora de tina, marmita de doble chaqueta con agitador, caldero horizontal, bomba sanitaria, llenadora semi-automática) y accesorios (4 codos

de 90° estándar y un total de 18m de tubería) en la cual se observa las operaciones y parámetros necesarios.

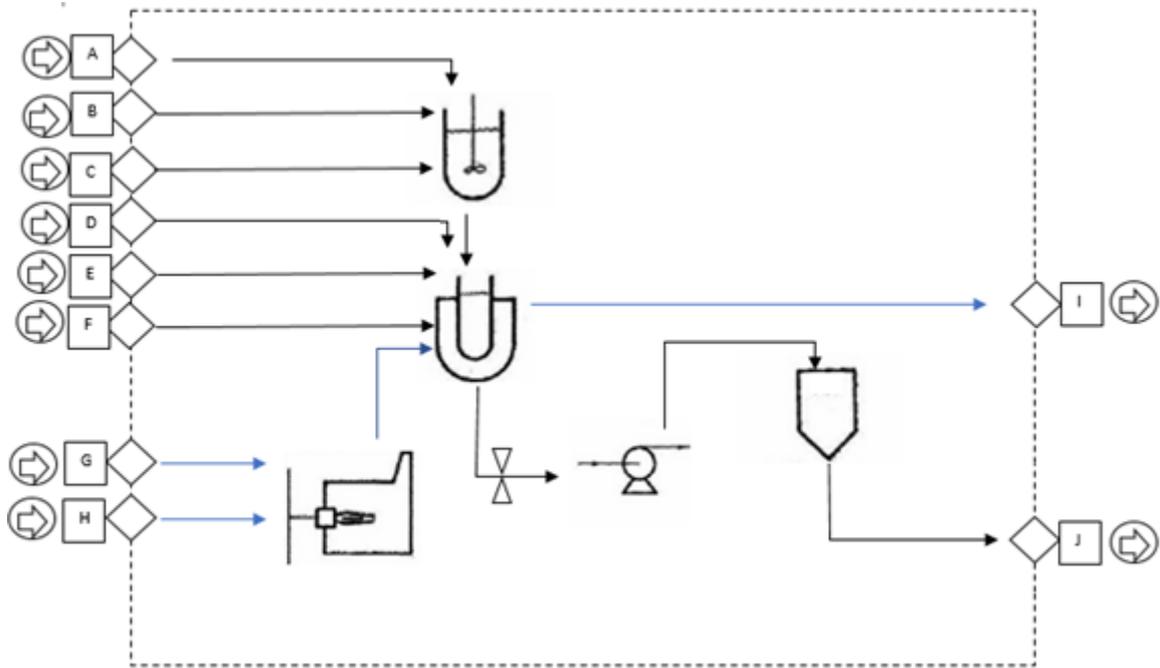


Figura 3.7 Diagrama de equipos

Fuente: Elaboración propia

- Donde; **A:** Azúcar
B: Pectina
C: Ácido cítrico
D: Glucosa
E: Almidón
F: Agua potable
G: Agua de caldero
H: Diésel
I: Vapor condensado
J: Gel de repostería

En la figura 3.8 se presenta el layout de la planta piloto donde se detalla la distribución de las diferentes áreas.

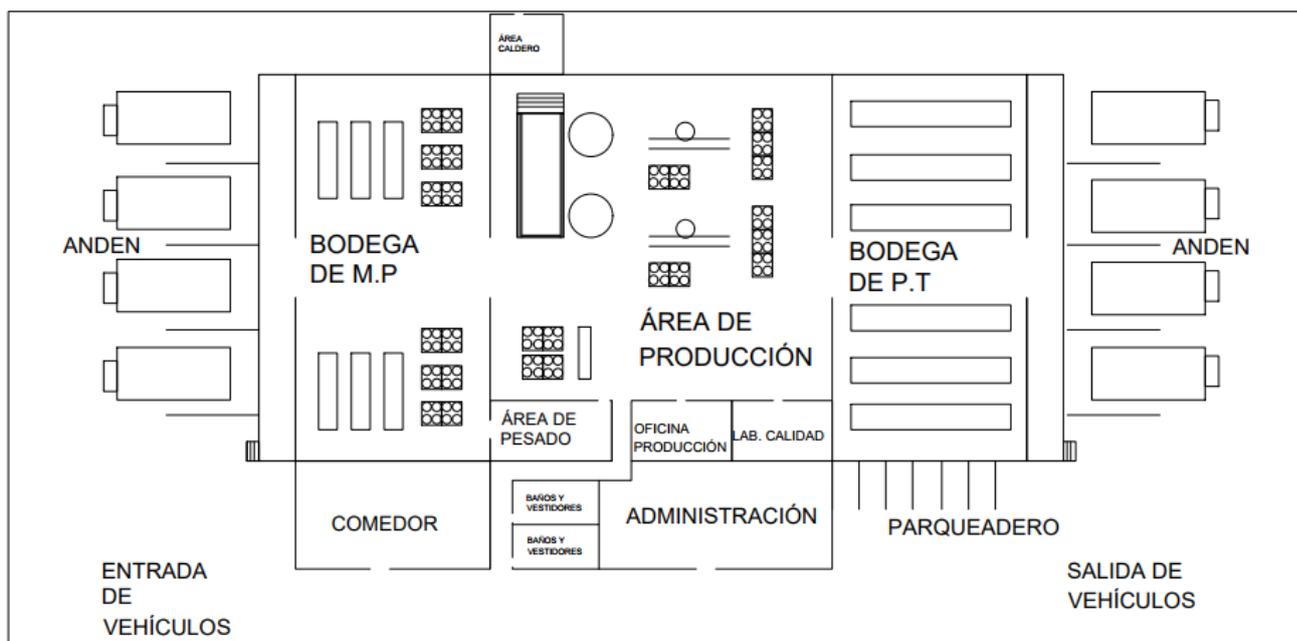


Figura 3.8 Layout de la planta

Fuente: Elaboración propia

3.5 Cálculos para la selección de equipos

3.5.1 Cálculos de calor

Para saber cuánto calor vamos a requerir se necesita conocer el valor de C_p y k , y con estos valores se calcula el calor total. Mediante el método de Choi y Okos se obtiene los valores de $C_p=1,8542\text{kJ/kg}^\circ\text{C}$ y $k=0,7148\text{W/m}^\circ\text{C}$, los cálculos correspondientes se lo encuentra en el Apéndice 4; posteriormente se calcula el calor total requerido que es de $101461,824\text{ kJ}$ (ver Apéndice 5).

3.5.2 Tiempo de calentamiento

El tiempo necesario para calentar el tanque enchaquetado con agitación constante es 77min y se lo realiza mediante la fórmula 22, los cálculos se lo demuestra en el Apéndice 6.

3.5.3 Cálculo del consumo de diésel del caldero

El consumo total de diésel que va a requerir el caldero es de $392,89\text{kg/mes}$, el costo total al mes es de $\$124$, los cálculos correspondientes se muestra en el Apéndice 7.

3.5.4 Dimensionamiento del caldero (NTU)

La efectividad del caldero es el 80%, por lo cual aplicando la fórmula 40 se llega que el número de unidades de transferencia es de 1.6.

$$NTU = -\ln(1 - \varepsilon) \quad (40)$$

$$NTU = -\ln(1 - 0,8) = 1,6$$

3.5.5 Cálculo de potencia de la bomba

Se utiliza la ecuación de Bernoulli para determinar la potencia de la bomba que es de 0,59HP, los cálculos correspondientes se encuentran en el Apéndice 8.

3.6 Selección de equipos

Para la elaboración del gel para repostería con una producción de 960kg/día, se propuso la adquisición de los siguientes equipos para la fabricación del producto, detallados en la tabla 3.6.

Tabla 3.6 Selección de equipos

Equipo	Descripción
Balanza eléctrica de piso 	<ul style="list-style-type: none">• Modelo: DY618.• Capacidad: 300kg.• Material: Acero inoxidable.• Base a prueba de agua.• Dimensiones: (L*A*H) (cm): 60cm x 40 x 18.• Potencia: 0.005W.
Marmita de cocción 	<ul style="list-style-type: none">• Cuerpo: acero inoxidable.• Altura: 1,47m.• Diámetro externo: 1,25m.• Diámetro interno: 1,1m.• Velocidad agitadora: 33RPM.• Capacidad del tanque: 1,5m³.• Potencia agitador: 5KW.
Bomba sanitaria 	<ul style="list-style-type: none">• Recubrimiento inox motor y trípode ajustable.• Potencia: 3KW.• Velocidad de rotación: 1450 – 2900 rpm (50 Hz), 1750 – 3450 rpm (60 Hz).• Caudal máximo: 200 m³/h (3300 l/min).• Viscosidad máxima: 500cP.

<p>Llenadora Semi-automática</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo LVM-1000. • Voltaje: 110 V / 50-60 Hz / 1 fase. • Potencia: 0,05KW. • Consumo de aire de 5.7 CFM. • Rango de Llenado (ml): 200 – 1000. • Capacidad de Llenado (b/min):10 – 18. • Dimensiones (L*A*H) (cm): 109 x 46 x 56. • Peso: 45kg.
<p>Caldero Horizontal</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Caldera de 3 pasos de fuego. • Bomba de alta presión. • Combustible: Diésel II. • Quemador: monoblock • Automatizada. • Potencia: 11,2KW.
<p>Mezcladora Horizontal</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • De Acero Inoxidable. • Capacidad: 1000kg. • Tolva de tornillo sin fin. • Potencia: 0,75 KW. • Tamaño LxAxH (m): 1.5 x 1.0 x 1.0.

Fuente: Elaboración propia

- **Balanza eléctrica de piso**

La balanza es un instrumento principal para el proceso de producción, se ha escogido una balanza eléctrica de piso, con una capacidad de 300kg, su estructura está constituida de acero inoxidable y es fácil de transportar.

- **Marmita doble chaqueta**

La marmita cuenta con un agitador de mezcla tipo paleta con una velocidad de 33rpm, la cual es requerida para mezclar los ingredientes uniformemente y que estos no formen grumos.

- **Llenadora Semi-Automática**

Se utilizará una llenadora tipo pistón semiautomática, esta consta de un tanque de alimentación, un pistón neumático y un pedal de activación el

cual nos ayudará a cubrir nuestra producción de 960kg/día en frascos de 500g en un tiempo aproximado de 1 hora.

- **Bomba Sanitaria**

Según la producción requerida y el comportamiento reológico (fluido no newtoniano) se escogió una bomba sanitaria de acero inoxidable con una potencia de 3KW la cual permitirá bombear el producto desde la marmita hacia la llenadora sin ningún problema.

- **Caldero Horizontal**

Se escogió un caldero horizontal de 15HP, a diésel con un quemador mono block, este equipo ayudará para la generación de vapor necesario con el cual se efectuará el proceso de cocción del producto.

- **Mezcladora de tina**

Para homogenizar los ingredientes sólidos como la pectina y el azúcar, se escogió una mezcladora de tina, esta consta de un sinfín con el cual los insumos serán mezclados y una compuerta lateral de salida que facilitará la descarga de la misma.

3.7 Análisis financiero

Para conocer cuánto costará producir 960kg/día de gel para repostería equivalente a un Batch diario en presentación de 500g, se necesita los requerimientos de producción que se detalla en el Apéndice 23, la cual indica que la cantidad de unidades a producir por día es de 1920 unidades/día; posteriormente se conoce los costos de la inversión inicial que contiene los costos de los accesorios (Apéndice 24) y los costos de los equipos (Apéndice 25).

En los Apéndices 26 y 27 se detallan los costos de la materia prima tanto para los ingredientes de la formulación como para el envase; también se requiere los gastos indirectos de fabricación (GIF) y el costo de la mano de obra directa (MOD) que se consideró el valor del sueldo básico establecido por el Ministerio de Relaciones para el año 2017, más beneficios de Ley detallados en el Apéndice 28 y 29.

En el Apéndice 30 se detalla los costos de consumo de energía eléctrica establecido por la Corporación Nacional de Electricidad (CNEL), se consideró los requerimientos de energía de los equipos por hora, mes y año; los costos de consumo de Agua Potable lo establece la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guayaquil (Emapag) detallado en el Apéndice 31; el costo de consumo de diésel se calculó considerando el consumo de energía por el calentamiento del producto, detallado el Apéndice 32.

Los costos de producción se detallan en el Apéndice 33 el cual nos indica que el costo total de producción es de \$0,96 y el PVP es de \$1,44 con un margen de ganancia del 50%. El punto de equilibrio es de 34.7%, se detalla en el Apéndice 34.

En la tabla 3.7 se detalla el análisis financiero del producto, se lo realizó tomando en cuenta una inversión inicial \$ 29.298,81. Las ventas estipuladas son de \$694.403,16 anuales por 483840 envases vendidos anualmente, la Utilidad Neta generada es de \$81.443,72 esto nos da a conocer que aproximadamente en 5 meses se cubrirá la inversión inicial.

Tabla 3.7 Análisis Financiero

CONCEPTOS	
VENTAS	\$ 694.403,16
Ventas	\$ 694.403,16
Devoluciones en Ventas	\$ -
Total Ingresos	\$ 694.403,16
COSTO DE VENTAS	\$ 462.935,44
Margen bruto	\$ 231.467,72
GASTOS OPERATIVOS	\$ 27.020,00
GASTOS ADMINISTRATIVOS	\$ 123.004,00
Total Gastos	\$ 150.024,00
Utilidad Neta	\$ 81.443,72
Inversión	\$ 29.298,81
Amortización	5 meses

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Con los datos obtenidos en los análisis físico-químicos realizados en el patrón y en las 7 formulaciones se logró realizar el estudio ANOVA y se logra concluir que la muestra 6 compuesta por: 0.7% de pectina, 3.5% de almidón y 24.4% de glucosa, es la que no presenta diferencias significativas con el patrón.
- En el estudio sensorial realizado a 40 panelistas semi-entrenados por medio de una prueba Dúo-Trío, evidenció que no hubieron diferencias significativas en consistencia, densidad e índice de flujo de los parámetros analizados entre el patrón y la muestra 6, esto probablemente se debe a que contiene glucosa por lo que afecta positivamente sobre la preferencia de la muestra 6.
- Para la selección de equipos se debe tener en cuenta los requerimientos mínimos técnicos. Se necesita una marmita a vapor con agitación constante de 1500 litros con un $U=75.16W/m^2°C$; y una bomba sanitaria de 1HP considerando las pérdidas por eficiencia.
- En el análisis financiero realizado se logra recuperar la inversión inicial que es de \$29.298,71 dentro de un plazo de 5 meses, los costos de fabricación son de \$0,96, con un margen de ganancia del 50% obteniendo un PVP de \$1,44 y un PE de 34.7%.

4.2 RECOMENDACIONES

- La línea de producción para la industrialización del gel no solo sirve para sí mismo, sino también para productos similares como mermeladas o jaleas.
- La agitación en la marmita es de suma importancia para que el producto final no incumpla con parámetros de calidad, si no se hace un correcto proceso este quedará con burbujas o partículas suspendidas.

BIBLIOGRAFÍA

- Anzaldúa, A. (2005). *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica*. (ACRIBIA, Ed.). México.
- Badui, S. (2006). *Química de los alimentos*. Ed. Pearson educación. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Barraza, Y. (2008). Azúcar. Obtenido el 27 de Octubre del 2017, de <http://www.dulceisis.com/2008/06/mucha-gente-piensa-que-el-azcar-se-usa.html>
- Belitz, H.-D. (1997). *Química de los alimentos*. (Acribia, Ed.) (2da ed.). Zaragoza.
- Bernal, L. (2006). Una nueva visión de la degradación del almidón. *Red de Revistas Científicas de América Latina, El Caribe, España Y Portugal*, 7(1405–6690), 15.
- Bravo, I. M. S. (2007). Estudio Comparativo de las Propiedades Finales de Extractos de Carragenina κ -I / κ -II Utilizando Distintas Algas Productoras de Carragenina κ -II, 56.
- Çengel, Y., & Ghajar, A. (2013). Transferencia de Calor y Masa. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53, 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Coronado, M., & Hilario, R. (2008). Elaboración De Mermeladas. Procesamiento De Alimentos Para Pequeñas Y Microempresas Agroindustriales. Lima, Cied, 2001. *Centro de Investigación, Educación Y Desarrollo CIED*, (1), 1010. Disponible en http://ww2.educarchile.cl/UserFiles/P0029/File/Objetos_Didacticos/EIA_08/Recursos_Conceptuales/elaboracion_semindu_mermeladas.pdf
- Enríquez, T., & Galindo, E. (2010). *Floculación y Geles*. México. Disponible en <https://www.yumpu.com/es/document/view/20409237/floculacion-y-geles-apuntes-cientificos/2>
- Fausto, L. (2015). *Obtención de bebida fermentada tipo yogurt a base de extracto de arroz pulido (Oryza sativa)*. Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Fennema, O., & Tannenbaum, S. (2000). Introducción a la Química de los alimentos, 64–98.
- Geankoplis, C. J. (1998). *Proceso de Transporte y Operaciones Unitarias* (Tercera). México: CECSA.
- Heldman, D. R., & Lund, D. B. (2007). *Handbook of Food Engineering* (Segunda). New York: Advisory Board.
- INEN. (2012). NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1 899: 2012 Primera edición.

- INEN. (2013a). Norma Técnica Ecuatoriana: Productos vegetales y de frutas, determinación de pH., 1991.
- INEN. (2013b). VOLUMÉTRICA, DENOMINADA MASA POR HECTOLITRO, 2009.
- INEN. (2015). Ecuatoriana Nte Inen 2854.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN]. (2013). NTE INEN-ISO 2173: Productos vegetales y frutas - determinación de sólidos solubles - método refractométrico (IDT), 2003, 2–5.
- Lawless, H. T., & Heymann, H. (2010). *Sensory evaluation of food: principles and practices* (Segunda). New York: Springer.
- Nelson, & Cox. (2011). *Principles of Biochemistry. Chinese Journal of Integrative Medicine* (Vol. 17). <https://doi.org/10.1007/s11655-011-0820-1>
- Norma Mexicana NMX. (1978). NMX-F-428-1982. Determinación de humedad. *Colpos.Mx*, 3–6. Disponible en <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-FF-038-2002.PDF>
- Palacios, A. (2011). *Evaluación y adecuación de un tanque con agitador y chaqueta de vapor de 0,9m³ para la pasteurización de 880kg de pulpa de fruta*. Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Paltrinieri, G. (1997). Mermeladas, jaleas, jarabes, dulces y confituras. Obtenido el 9 de Octubre del 2017, de <http://www.fao.org/docrep/x5029s/X5029S07.htm>
- Pasquel, A. (2001). Gomas: Una aproximación a la industria de alimentos. *Revista Amazónica de Investigación Alimentaria*, 8, 1–8. Disponible en <http://200.48.67.60/links/facultades/alimentarias/v1/1.pdf>
- Ponce, E., & Calderón, M. (2012). Agentes gelificantes y sinergia. *UAM*, 1–10.
- Puigvert, J., & Garza, S. (2003). Los geles de pectina y su aplicación en la industria alimentaria. *Revista de Tecnología E Higiene de Los Alimentos*, 93–98. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=309886>
- Quiminet. (2011a). Diferentes aplicaciones de la pectina en la industria alimenticia. Obtenido el 21 de Octubre del 2017, de <https://www.quiminet.com/articulos/conozca-las-diferentes-aplicaciones-de-la-pectina-en-la-industria-alimenticia-2653163.htm>
- Quiminet. (2011b). La glucosa líquida o jarabe de glucosa en la industria alimenticia. Obtenido el 19 de Octubre del 2017, de <https://www.quiminet.com/articulos/la-glucosa-liquida-o-jarabe-de-glucosa-en-la-industria-alimenticia-2601052.htm>

- Quiminet. (2013). Los usos y aplicaciones principales del ácido cítrico. Obtenido el 12 de Octubre del 2017, de <https://www.quiminet.com/articulos/los-usos-y-aplicaciones-principales-del-acido-citrico-3440588.htm>
- Smith, D. (2007). Jaleas de Frutas. Serie Procesamiento de Alimentos para Empresarios. *NebGuide*, 1–5. Disponible en <http://extensionpublications.unl.edu/assets/pdf/g1604s.pdf>
- White, F. M. (2010). *Fluid Mechanics*. (J. Holman & J. Lloyd, Eds.), *Refrigeration And Air Conditioning* (Cuarta, Vol. 6). Rhode Island. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2004.09.010>

APÉNDICES

Apéndice 1 Cálculos para la caracterización reológica

En el equipo se mide esfuerzo de torsión o torque (%) y viscosidad aparente (Ua), a diferentes rpm; de ahí se determina los valores de esfuerzo cortante (SS) y velocidad de corte (SR). Posteriormente se grafican las curvas de Fluidéz (SS vs SR) y de Viscosidad (Ua vs SR) en el cual se determinará el tipo de fluido, índice de comportamiento(n) e índice de consistencia (k) (Fausto, 2015).

- **Cálculo del SR**

$$\omega = \frac{2\pi}{60} N \quad (1)$$

Donde; **N**= Velocidad del Spindle en revoluciones por minuto (rpm)

ω = Velocidad Angular del Spindle (Rad/s)

$$SR = \frac{2 \omega Rc^2 Rb^2}{x^2(Rc^2 - Rb^2)} \quad (1/seg) \quad (2)$$

Donde; **Rc**= Radio del envase (cm)

Rb= Radio del Spindle (cm)

x= Radio en el cual el esfuerzo cortante será calculado, normalmente es el mismo valor que Rb (cm)

- **Cálculo del SS**

$$SRC = \frac{SR}{RPM} \quad (3)$$

Donde; **SRC**= Constante de la velocidad de corte

SR= Velocidad de corte

RPM= Velocidad del Spindle (rpm)

$$SS = TK \times SMC \times SRC \times TORQUE \quad (\text{dina/cm}^2) \quad (4)$$

Donde; **TK**= Constante del esfuerzo de torsión del viscosímetro

SMC= Constante del Spindle

TORQUE= Esfuerzo de torsión (%)

Por último, con los datos obtenidos de Ua, SS y SR se realizan las curvas de (SS vs SR) y (Ua vs SR) con las cuales se determinará el índice de flujo y de consistencia.

Apéndice 2 Tabla de Lawless

Paired difference and duo-trio tests			Triangle test		
Number of trials (<i>n</i>)	Probability levels		Number of trials (<i>n</i>)	Probability levels	
	0.05	0.01		0.05	0.01
5	5	-	3	3	-
6	6	-	4	4	-
7	7	7	5	4	5
8	7	8	6	5	6
9	8	9	7	5	6
10	9	10	8	6	7
11	9	10	9	6	7
12	10	11	10	7	8
13	10	12	11	7	8
14	11	12	12	8	9
15	12	13	13	8	9
16	12	14	14	9	10
17	13	14	15	9	10
18	13	15	16	9	11
19	14	15	17	10	11
20	15	16	18	10	12
21	15	17	19	11	12
22	16	17	20	11	13
23	16	18	21	12	13
24	17	19	22	12	14
25	18	19	23	12	14
26	18	20	24	13	15
27	19	20	25	13	15
28	19	21	26	14	15
29	20	22	27	14	16
30	20	22	28	15	16
31	21	23	29	15	17
32	22	24	30	15	17
33	22	24	31	16	18
34	23	25	32	16	18
35	23	25	33	17	18
36	24	26	34	17	19
37	24	26	35	17	19
38	25	27	36	18	20
39	26	28	37	18	20
40	26	28	38	19	21
41	27	29	39	19	21
42	27	29	40	19	21
43	28	30	41	20	22
44	28	31	42	20	22
45	29	31	43	20	23
46	30	32	44	21	23
47	30	32	45	21	24
48	31	33	46	22	24
49	31	34	47	22	24
50	32	34	48	22	25
60	37	40	49	23	25
70	43	46	50	23	26

Fuente: Lawless & Heymann, 2010

Apéndice 3 Hoja del panel sensorial

Nombre del panelista: _____

Sexo: __F__M

Edad: ____

Instrucciones:

Frente a usted hay una muestra de referencia, marcada con R, y 2 muestras marcadas con claves. Una de las muestras es idéntica a R y la otra es diferente. Pruebe primero la muestra R y luego las otras de izquierda a derecha, enjuagar el paladar con agua cuando se cambia de muestra. Indique cuál de las muestras es parecida a la de referencia.

R	757	916
—	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Comentario: _____

Fuente: Elaboración propia

Apéndice 4 Cálculo de Cp y k – Método de Choi y Okos

Durante el calentamiento (T=85°C)

$$C_{p_{\text{carb}}} = 1,5488 + 1.9625 \times 10^{-3}T - 5,9399 \times 10^{-6}T^2 \quad (6)$$

$$C_{p_{\text{carb}}} = 1,5488 + 1.9625 \times 10^{-3}(85 \text{ °C}) - 5,9399 \times 10^{-6}(85 \text{ °C})^2 = 1,673 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

$$C_{p_{\text{prot}}} = 2,0082 + 1.2089 \times 10^{-3}T - 1,3129 \times 10^{-6}T^2 \quad (7)$$

$$C_{p_{\text{prot}}} = 2,0082 + 1.2089 \times 10^{-3}(85 \text{ °C}) - 1,3129 \times 10^{-6}(85 \text{ °C})^2 = 2,101 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

$$C_{p_{\text{grasa}}} = 1,9842 + 1.4733 \times 10^{-3}T - 4,8008 \times 10^{-6}T^2 \quad (8)$$

$$C_{p_{\text{grasa}}} = 1,9842 + 1.4733 \times 10^{-3}(85 \text{ °C}) - 4,8008 \times 10^{-6}(85 \text{ °C})^2 = 2,075 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

$$C_{p_{\text{agua}}} = 4,17629 - 9,0864 \times 10^{-5}T - 5,4731 \times 10^{-6}T^2 \quad (9)$$

$$C_{p_{\text{agua}}} = 4,17629 - 9,0864 \times 10^{-5}(85 \text{ °C}) - 5,4731 \times 10^{-6}(85 \text{ °C})^2 = 2,579 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

$$C_{p_{\text{fibra}}} = 1,8459 - 1,8306 \times 10^{-3}T - 4,6509 \times 10^{-6}T^2 \quad (10)$$

$$C_{p_{\text{fibra}}} = 1,8459 - 1,8306 \times 10^{-3}(85 \text{ °C}) - 4,6509 \times 10^{-6}(85 \text{ °C})^2 = 1,968 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

$$C_{p_{\text{ceniz}}} = 1,0926 + 1.8896 \times 10^{-3}T - 3,6817 \times 10^{-6}T^2 \quad (11)$$

$$C_{p_{\text{ceniza}}} = 1,0926 + 1.8896 \times 10^{-3}(85 \text{ °C}) - 3,6817 \times 10^{-6}(85 \text{ °C})^2 = 1,227 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

$$C_{p_t} = \sum C_{pi}X_i \quad (12)$$

$$C_{p_t} = (0,8)(1,673) + (0)(2,101) + (0)(2,075) + (0,2)(2,579) + (0)(1,968) + (0)(1,227) \\ = 1,8542 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

$$k_{\text{carb}} = 2,0141 \times 10^{-1} + 1,3874 \times 10^{-3}T - 4,3312 \times 10^{-6}T^2 \quad (13)$$

$$k_{\text{carb}} = 2,0141 \times 10^{-1} + 1,3874 \times 10^{-3}(85^\circ\text{C}) - 4,3312 \times 10^{-6}(85^\circ\text{C})^2 = 0,288 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

$$k_{\text{prot}} = 1,7881 \times 10^{-1} + 1,1958 \times 10^{-3}T - 2,7178 \times 10^{-6}T^2 \quad (14)$$

$$k_{\text{prot}} = 1,7881 \times 10^{-1} + 1,1958 \times 10^{-3}(85^\circ\text{C}) - 2,7178 \times 10^{-6}(85^\circ\text{C})^2 = 0,261 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

$$k_{\text{grasa}} = 1,8071 \times 10^{-1} - 2,7604 \times 10^{-3}T - 1,7749 \times 10^{-7}T^2 \quad (15)$$

$$k_{\text{grasa}} = 1,8071 \times 10^{-1} - 2,7604 \times 10^{-3}(85^\circ\text{C}) - 1,7749 \times 10^{-7}(85^\circ\text{C})^2 = 0,055 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

$$k_{\text{agua}} = 5,7109 \times 10^{-1} + 1,7625 \times 10^{-3}T - 6,7036 \times 10^{-6}T^2 \quad (16)$$

$$k_{\text{agua}} = 5,7109 \times 10^{-1} + 1,7625 \times 10^{-3}(85^\circ\text{C}) - 6,7036 \times 10^{-6}(85^\circ\text{C})^2 = 2,422 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

$$k_{\text{fibra}} = 1,8331 \times 10^{-1} + 1,2497 \times 10^{-3}T - 3,1683 \times 10^{-6}T^2 \quad (17)$$

$$k_{\text{fibra}} = 1,8331 \times 10^{-1} + 1,2497 \times 10^{-3}(85^\circ\text{C}) - 3,1683 \times 10^{-6}(85^\circ\text{C})^2 = 0,267 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

$$k_{\text{ceniz}} = 3,2962 \times 10^{-1} + 1,4011 \times 10^{-3}T - 2,9069 \times 10^{-6}T^2 \quad (18)$$

$$k_{\text{ceniza}} = 3,2962 \times 10^{-1} + 1,4011 \times 10^{-3}(85^\circ\text{C}) - 2,9069 \times 10^{-6}(85^\circ\text{C})^2 = 0,428 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

$$k = \sum k_i X_i \quad (19)$$

$$k = (0,8)(0,288) + (0)(0,261) + (0)(-0,055) + (0,2)(2,422) + (0)(0,267) + (0)(0,428) \\ = \mathbf{0,7148 \text{ W/m}^\circ\text{C}}$$

Donde; **Cp**= Calor específico (kJ/kg °C)

T= Temperatura de calentamiento (°C)

k= Conductividad térmica (W/m°C)

Apéndice 5 Calor total necesario para la cocción

$$Q = mC_p(T_2 - T_1) \quad (20)$$

$$Q = 960 \text{ kg} \left((1,8542) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}^\circ\text{C} \right) (85 - 28)^\circ\text{C} = 101461,824 \text{ kJ}$$

Calor total

$$Q = \sum Q_i \quad (21)$$

$$Q = \sum Q_i = Q_1 = \mathbf{101461,824 \text{ KJ}}$$

Donde; **Q**= Calor (kJ)

m= Masa o producción (kg)

T₁= Temperatura del fluido a la entrada (°C)

T₂= Temperatura del fluido a la salida (°C)

Apéndice 6 Tiempo de calentamiento

$$\ln\left(\frac{T_1-t_1}{T_1-t_2}\right) = \frac{U \cdot A_s}{M \cdot C_p} \theta \quad (22)$$

$$\theta = \left(\frac{\ln\left(\frac{T_1-t_1}{T_1-t_2}\right)}{\frac{U \cdot A}{M \cdot C_p}} \right) = \left(\frac{\ln\left(\frac{128^\circ\text{C} - 28^\circ\text{C}}{128^\circ\text{C} - 85^\circ\text{C}}\right)}{\frac{325,168 \frac{\text{W}}{^\circ\text{C}}}{960 \text{ kg} \cdot 1854,2 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}}} \right)$$

$$\theta = 4620,05 \text{ s} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 77 \text{ min}$$

Donde; T_1 = Temperatura del medio calefactor ($^\circ\text{C}$)

t_1 = Temperatura inicial del líquido frío ($^\circ\text{C}$)

t_2 = temperatura del líquido frío a un tiempo dado ($^\circ\text{C}$)

U = Coeficiente global de transferencia calor ($\text{W}/\text{m}^2\text{C}$)

A_s = Área de transferencia de calor (m^2)

θ = tiempo en segundos (min)

M = Masa del líquido contenido (kg)

C_p = Calor específico del líquido contenido ($\text{kJ}/\text{kg}^\circ\text{C}$)

Mediante el uso de los coeficientes de transferencia de calor por convección para fluidos se obtiene la siguiente expresión:

$$\frac{1}{UA_s} = \frac{1}{h_i \cdot A_{si}} + \frac{1}{h_{ch} \cdot A_{so}} + R_{cond} \quad (23)$$

$$\frac{1}{UA_s} = \frac{1}{107,134 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 4,56 \text{ m}^2} + \frac{1}{8000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 5,77 \text{ m}^2} + 8,49 \times 10^{-4} \frac{^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

$$\frac{1}{UA_s} = 2,918 \times 10^{-3} \frac{^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

$$UA_s = 342,745 \frac{\text{W}}{^\circ\text{C}}$$

Donde; h_i = Coeficiente de transferencia de calor por convección en el interior del tanque ($\text{W}/\text{m}^2\text{C}$)

A_{si} = Área interna de transferencia de calor (m^2)

h_{ch} = Coeficiente de transferencia de calor al exterior del tanque ($\text{W}/\text{m}^2\text{C}$)

A_{so} = Área externa de transferencia de calor (m^2)

R_{cond} = Resistencia térmicas ($^\circ\text{C}/\text{W}$)

- **Cálculo de h_i**

Para obtener el valor del Coeficiente de transferencia de calor convectivo se necesitan de los valores de Reynolds, Prandtl y Nusselt como se detalla a continuación:

$$Re_i : \frac{\rho * N * (d_i^2)}{\mu_{efec}} \quad (24)$$

$$Re_i = \frac{1200,0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,33 \frac{\text{rev}}{\text{s}} * (1,06 \text{ m})^2}{5,327 \frac{\text{Pa}}{\text{s}}} = 85,52$$

$$Pr_i : \frac{C_p * \mu_{efec}}{k} \quad (25)$$

$$Pr_i = \frac{1,8542 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \text{ } ^\circ\text{C} * \frac{1000 \text{ J}}{1 \text{ kJ}} * 5,327 \frac{\text{Pa}}{\text{s}}}{0,7148 \frac{\text{W}}{\text{m}} \text{ } ^\circ\text{C}} = 13818,3036$$

$$Nu_i : \frac{h_i * D_i}{k} = a * Re^b * Pr^c * \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^m \quad (26)$$

$$Nu_i = 0,36 * (85,52)^{0,67} * (13818,3036)^{0,33} * (1)^{0,14} = 164,87$$

$$h_i : \frac{Nu_i * k}{D_i} \quad (27)$$

$$h_i := \frac{164,87 * 0,7148 \frac{\text{W}}{\text{m}} \text{ } ^\circ\text{C}}{1,1 \text{ m}} = 107,134 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

Donde; **Re**= Reynolds

ρ = Densidad (kg/m³)

N= Velocidad del agitador (rev/s)

d_i = Ancho de paleta (m)

μ_{efec} = Viscosidad efectiva (Pa/s)

Pr= Prandtl

Nu= Nusselt

D_i = Diámetro interno del tanque (m)

a, b, c= Constantes dependiente del tipo de agitador

- **Viscosidad efectiva**

$$\mu_{\text{efec}} : K \left(\frac{3m+1}{4m} \right)^m \left(\frac{8V_2}{D} \right)^{m-1} \quad (28)$$

$$\mu_{\text{efec}} : 45,43 \left(\frac{3(0,33) + 1}{4(0,33)} \right)^{(0,33)} \left(\frac{8(0,39)}{0,104} \right)^{(0,33-1)} = 5,327 \frac{\text{Pa}}{\text{s}}$$

$$A = \frac{Q_m/\rho}{V_2} \quad (29)$$

$$A = \frac{\left(\frac{4Kg}{s} \right) / \left(\frac{1200Kg}{m^3} \right)}{0,39m/s} = 0,00855m^2$$

$$D = \sqrt{4A/\pi} \quad (30)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0,00855}{\pi}} = 0,104m$$

Donde; V_2 = Velocidad del sistema (m/s)

D = Diámetro (m)

A = Área de flujo (m²)

Q_m = Flujo másico (kg/s)

- **Cálculo del área de transferencia de calor**

$$As_i = \pi D_i H_i \quad (31)$$

$$As_i = \pi(1,1)(1,32) = 4,56 \text{ m}^2$$

$$As_o = \pi D_o H_o \quad (32)$$

$$As_o = \pi(1,25)(1,47) = 5,77 \text{ m}^2$$

Donde; D_i = Diámetro interno del tanque (m)

D_o = Diámetro externo del tanque (m)

H_i = Altura interna del tanque (m)

H_o = Altura externa del tanque (m)

- **Cálculo de la resistencia térmica**

$$R_{\text{cond}} = \frac{\ln(D_o/D_i)}{2 * \pi * k * L} \quad (33)$$

$$R_{\text{cond}} = \frac{\ln(1,25 \text{ m}/1,10 \text{ m})}{2 * \pi * 16,3 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}} * 1,47 \text{ m}} = 8,49 \times 10^{-4} \frac{^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

Donde; **k**= Conductividad térmica del material (W/m°C)

L= Altura de la marmita (m)

Apéndice 7 Cálculo del consumo de diésel del caldero

$$Q_{\text{producto}} = \left(\frac{Q}{\Theta}\right) \quad (34)$$

$$Q_{\text{producto}} = \left(\frac{101461,824 \text{ Kj}}{77 \text{ min}}\right) \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}}\right) \left(\frac{8 \text{ h}}{\text{día}}\right) \left(\frac{21 \text{ días}}{1 \text{ mes}}\right) = 13282275,14 \text{ kJ/mes}$$

$$Q_{\text{producto}} = \left(\frac{13282275,14 \text{ Kj}}{1 \text{ mes}}\right) \left(\frac{0,239006 \text{ Kcal}}{\text{Kj}}\right) = 3174543,45 \text{ Kcal/mes}$$

$$Q_{\text{producto}} = Q_{\text{caldero}} (\epsilon) \quad (35)$$

$$Q_{\text{producto}} = m_{\text{diesel}} (\text{PCI}) (\epsilon) \quad (36)$$

$$\frac{Q_{\text{producto}}}{(\text{PCI})(\epsilon)} = m_{\text{diesel}} \quad (37)$$

$$m_{\text{diesel}} = \frac{(\text{Consumo calorico})}{(\text{Poder calorifico inferior})(\text{efectividad})} \quad (38)$$

$$m_{\text{diesel}} = \frac{3174543,45 \frac{\text{Kcal}}{\text{mes}}}{(0,8) 10100 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg}}} = 392,89 \text{ kg/mes}$$

$$m_{\text{diesel}} = \left(\frac{392,89 \text{ kg}}{\text{mes}}\right) \left(\frac{1 \text{ l}}{0,850 \text{ kg}}\right) \left(\frac{\$0,27}{1 \text{ l}}\right) = \$124$$

Donde; **Q**= Calor total (kJ)

Θ= Tiempo de calentamiento (min)

ε= Efectividad – 80%

PCI= Poder calorífico inferior (Kcal/kg)

Apéndice 8 Cálculo de potencia de la bomba

$$\Delta Z + \frac{\Delta v^2}{2\alpha g} + \frac{\Delta P}{\rho g} + h_p = -W/g \quad (41)$$

$$\frac{W}{g} = \left(2 + \frac{(0,39\text{m/s})^2}{2 \left(\frac{9,81\text{m}}{\text{s}^2} \right) (0,651)} + 9,40 \right)$$

$$W = 11,41 \times g = 111,84 \text{ J/kg}$$

Donde; ΔZ = Diferencia de altura Z_2-Z_1 (m)

ΔV = Diferencia de Velocidad V_2-V_1 (m/s)

α = Coeficiente de corrección de energía cinética

g = gravedad (m/s^2)

h_p = Carga por fricción (m)

W = Trabajo (m^2/s^2)

$$P = WQ_m \quad (42)$$

$$P = \frac{\left(\frac{111,84\text{J}}{\text{kg}} \right) \left(\frac{4\text{kg}}{\text{s}} \right)}{746} = 0,59\text{HP}$$

Donde; P = Potencia (HP)

Q_m = Flujo másico (kg/s)

- **Coeficiente de corrección de energía cinética (α)**

$$\alpha' = \frac{(2m+1)(5m+3)}{3(3m+1)^2} \quad (43)$$

$$\alpha' = \frac{(2(0,3285) + 1)(5(0,3285) + 3)}{3(3(0,3285) + 1)^2} = 0,651$$

- **Carga por fricción (h_p)**

Las pérdidas por fricción pueden ser determinadas mediante la siguiente ecuación:

$$h_p = \frac{v^2}{2g} \left(\frac{4fL}{D} + K_{\text{corregido}} \right) \quad (44)$$

$$h_p = \frac{(0,39\text{m/s})^2}{2 \left(\frac{9,81\text{m}}{\text{s}^2} \right)} \left(\frac{4(1,737)(18\text{m})}{0,104\text{m}} + 10,25 \right) = 9,40\text{m}$$

Donde; f = Fanning

L = Longitud de la tubería total (m)

D = Diámetro (m)

$K_{\text{corregido}}$ = Coeficiente de fricción de accesorios corregido

El factor de fricción Fanning se determina a través del diagrama de Moody, con el número de Reynolds y la Rugosidad relativa (Ver apéndice 9). Para hallar el $K_{\text{corregido}}$ se utiliza las tablas de los Apéndices 10 y 11.

- **Cálculo del coeficiente de fricción de accesorios**

$$K_{\text{corregido}} = \frac{fd}{f_{dt}} k \frac{Re}{1000} \quad (45)$$

$$K_{\text{corregido}} = \frac{6,95}{0,0229} 3,67 \frac{9,21}{1000} = 10,25$$

Donde; f_d = Fanning de Darcy

f_{dt} = Factor de fricción

k = Coeficiente de resistencia de los accesorios

- **Cálculo del factor de fricción**

$$f_{dt} = \left(\frac{1}{2 \log \left(\frac{3,7}{\varepsilon} \right)} \right)^2 \quad (46)$$

$$f_{dt} = 0,0229$$

$$\varepsilon = \frac{e}{D} = \frac{0,0002}{0,104} = 0,001923$$

$$f = 16/Re \quad (47)$$

$$f = \frac{16}{9,21} = 1,737$$

$$fd = 4 * f \quad (48)$$

$$fd = 1,737 \times 4 = 6,95$$

Donde; ε = e/D

e = Rugosidad equivalente (m)

D = Diámetro (m)

La rugosidad relativa de la tubería (ε) esta expresa en función de la rugosidad equivalente (e) en el interior de la misma, según la tabla de rugosidad equivalente mostrada en el Apéndice 12 para tubos de acero sin costura y tubos soldados no corroídos toma el valor de 0,2mm.

- **Cálculo de Reynolds (Re)**

$$K' = K \left(\frac{3m+1}{4m} \right)^m \quad (49)$$

$$K' = 45,43 \left(\frac{3(0,33) + 1}{4(0,33)} \right)^{0,33} = 52,02$$

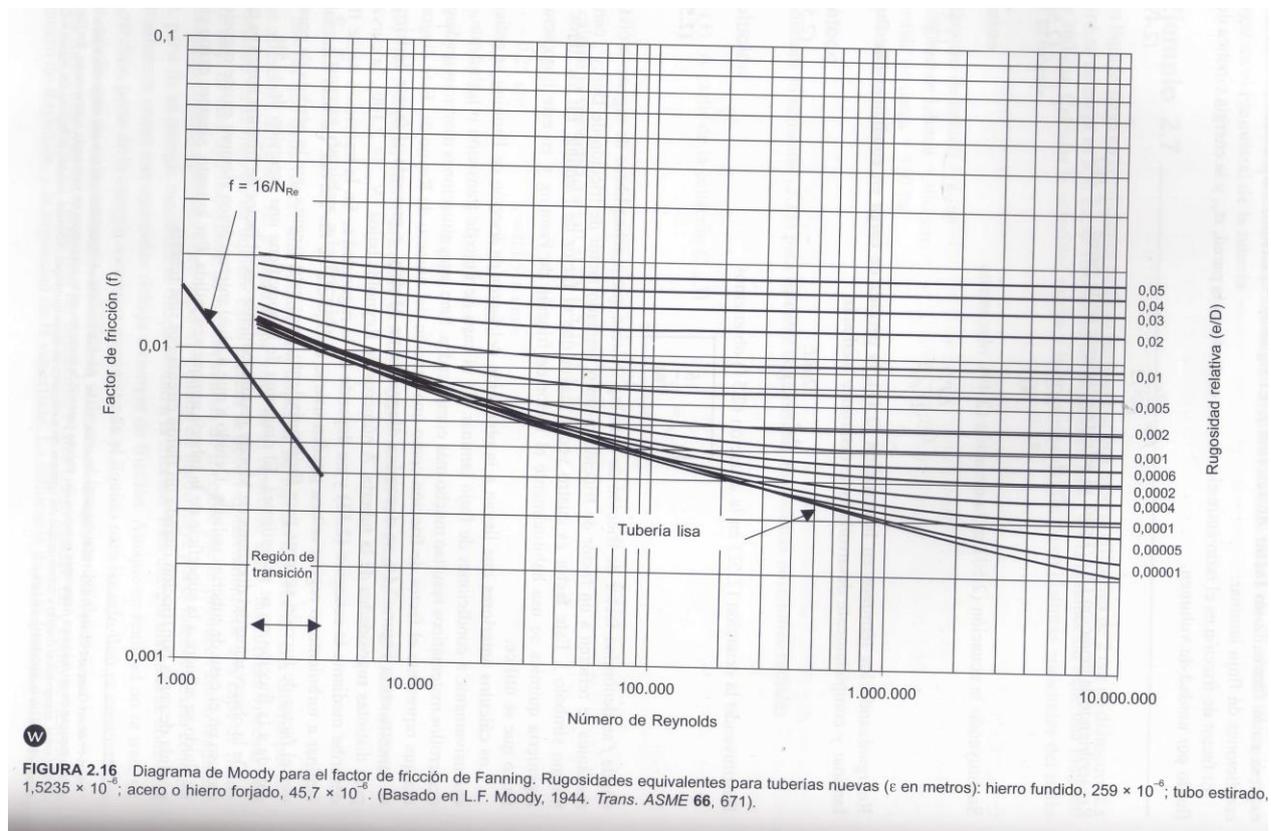
$$Re = \frac{\rho v^{2-m} D^m}{K' 8^{m-1}} \quad (50)$$

$$Re = \frac{\left(\frac{1200Kg}{m^3} \right) \left(\frac{0,39m}{s} \right)^{2-0,33} (0,104m)^{0,33}}{(52,02) 8^{0,33-1}} = 9,21$$

Donde; **K=** Índice de consistencia

m= Índice de flujo

Apéndice 9 Diagrama de Moody



Fuente: Clases de Operaciones Unitarias I

Apéndice 10 Coeficientes de resistencias locales 1

Resistencia local	K_{turb}
1. Codo 90°	
Estándar	0,75
De gran radio	0,60
A escuadra	1,3
2. Codo 45°	
Estándar	0,35
De gran radio	0,20
3. Codo de retorno de mínimo radio	1,5
4. Te estándar	
Flujo a lo largo	0,4
Flujo hacia o desde una rama o dividido	1,0
5. Válvula de compuerta abierta	
abierta	0,17
¾ abierta	0,9
½ abierta	4,5
¼ abierta	24,0

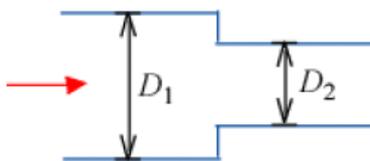
Fuente: Clases de Operaciones Unitarias I

Apéndice 11 Coeficientes de resistencias locales 2

COEFICIENTES DE RESISTENCIAS LOCALES PARA FLUJO TURBULENTO ($Re > Re_{cr2}$)

Resistencia local

Resistencia local	K_{turb}
3. Estrechamiento brusco desde un depósito de gran tamaño	0,5



$$0,4 \left[1,25 - \left(\frac{A_2}{A_1} \right) \right] \quad \text{si } \frac{A_2}{A_1} < 0,715$$

$$0,75 \left[1,25 - \left(\frac{A_2}{A_1} \right) \right] \quad \text{si } \frac{A_2}{A_1} > 0,715$$

Fuente: Clases de Operaciones Unitarias I

Apéndice 12 Rugosidad equivalente

RUGOSIDAD EQUIVALENTE e EN TUBOS	
Tipo de tubería	e (mm)
Tubos acero sin costura y tubos soldados no corroidos	0,2
Tubos de acero galvanizado	0,125
Tubos de acero viejo y herrumbroso	0,67 - 2,0
Tubos de hierro fundido nuevo	0,26
Tubos de hierro fundido usados	1,4 - 2,0
Tubos de aluminio lisos	0,015 - 0,06
Tubos de laton, cobre, plomo sin costura, tubos de vidrio	0,0015 - 0,01
Tubos de hormigón enlucido	0,3 - 0,8
Tubos de hormigón sin enlucido	3 - 9
Oleoductos en condiciones medias de explotación y conductos de vapor saturado	0,2
Conductos de vapor de funcionamiento periódico	0,5
Conductos de aire comprimido	0,8
Conductos de condensado en funcionamiento periódico	1

Fuente: Clases de Operaciones Unitarias I

Apéndice 13 Tabla de análisis físico-químicos

#Repeticiones	Patrón	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
Humedad								
1	44,58	48,85	50,20	49,79	49,85	50,67	34,36	49,50
2	44,97	47,14	50,26	50,38	48,75	49,57	33,71	49,20
3	45,43	47,70	49,60	48,72	49,50	49,35	33,50	48,38
°Brix								
1	61,50	48,70	48,30	48,40	48,90	48,60	47,80	48,00
2	60,30	47,60	48,50	48,60	48,50	47,50	47,00	47,50
3	60,10	48,00	48,40	47,80	48,00	48,50	47,60	47,30
pH								
1	3,32	2,60	2,70	2,70	2,60	2,70	2,60	2,62

2	3,40	2,40	2,50	2,40	2,45	2,65	2,50	2,58
3	3,50	2,70	2,60	2,58	2,50	2,60	2,55	2,60
Consistencia								
1	5,00	5,50	5,75	2,00	4,00	4,00	5,00	3,00
2	6,00	5,00	5,00	2,50	4,75	4,50	5,50	3,30
3	5,50	5,25	5,25	3,00	4,50	5,00	5,25	3,50
Densidad								
1	1,24	1,25	1,22	1,18	1,20	1,25	1,18	1,22
2	1,22	1,27	1,20	1,20	1,00	1,20	1,10	1,18
3	1,25	1,23	1,24	1,17	1,30	1,10	1,50	1,20
Índice de flujo (m)								
1	0,34	0,31	0,33	0,16	0,30	0,38	0,33	0,33
2	0,32	0,29	0,35	0,15	0,29	0,39	0,32	0,31
3	0,31	0,30	0,31	0,12	0,27	0,37	0,30	0,30
Índice de consistencia (K)								
1	38,67	62,91	44,16	109,68	67,31	31,22	45,43	57,42
2	37,14	61,45	43,56	110,57	65,87	30,13	44,37	55,24
3	37,55	62,72	42,45	108,33	66,24	32,10	43,98	56,22

Fuente: Elaboración propia

Apéndice 14 Datos reológicos del patrón

W Rad	Rc cm	Rb cm	X cm	N rpm	π	SR 1/s	SRC	tk	SMC	Torque	SS dn/cm ²	SS N/m ²	Ua kg/ms
0	3,35	0,15	0,15	0	3,14	0	0	0,094	640	0,00	0	0	0
0,05	3,35	0,15	0,15	0,5	3,14	0,11	0,21	0,094	640	15,28	192,36	19,24	183,40
0,11	3,35	0,15	0,15	1	3,14	0,21	0,21	0,094	640	18,34	230,88	23,09	110,00
0,13	3,35	0,15	0,15	1,2	3,14	0,25	0,21	0,094	640	19,00	239,19	23,92	94,98
0,16	3,35	0,15	0,15	1,5	3,14	0,32	0,21	0,094	640	20,50	258,07	25,81	81,98
0,21	3,35	0,15	0,15	2	3,14	0,42	0,21	0,094	640	22,36	281,49	28,15	66,83
0,26	3,35	0,15	0,15	2,5	3,14	0,53	0,21	0,094	640	24,34	306,42	30,64	58,58
0,52	3,35	0,15	0,15	5	3,14	1,05	0,21	0,094	640	30,62	385,47	38,55	36,74
1,08	3,35	0,15	0,15	10	3,14	2,10	0,21	0,094	640	38,40	483,42	48,34	23,04
1,57	3,35	0,15	0,15	15	3,14	3,15	0,21	0,094	640	43,94	553,16	55,32	17,58
3,14	3,35	0,15	0,15	30	3,14	6,30	0,21	0,094	640	56,38	709,77	70,98	11,27
4,19	3,35	0,15	0,15	40	3,14	8,39	0,21	0,094	640	61,68	776,49	77,65	9,25
5,24	3,35	0,15	0,15	50	3,14	10,49	0,21	0,094	640	67,70	852,27	85,23	8,12
8,38	3,35	0,15	0,15	80	3,14	16,79	0,21	0,094	640	83,50	1051,2	105,12	6,26
10,47	3,35	0,15	0,15	100	3,14	20,99	0,21	0,094	640	93,60	1178,3	117,83	5,62

Fuente: Elaboración propia

Apéndice 15 Datos reológicos de M1

W Rad	Rc cm	Rb cm	X cm	N rpm	π	SR 1/s	SRC	tk	SMC	Torque	SS dn/cm ²	SS N/m ²	Ua kg/ms
0	4,5	0,15	0,15	0	3,14	0	0	0,094	640	0	0	0	0
0,05	4,5	0,15	0,15	0,5	3,14	0,10	0,21	0,094	640	24,90	313,18	31,32	298,40
0,10	4,5	0,15	0,15	1	3,14	0,21	0,21	0,094	640	34,34	431,92	43,19	206,00
0,13	4,5	0,15	0,15	1,2	3,14	0,25	0,21	0,094	640	32,72	411,54	41,15	163,60
0,16	4,5	0,15	0,15	1,5	3,14	0,31	0,21	0,094	640	34,84	438,21	43,82	139,60
0,21	4,5	0,15	0,15	2	3,14	0,42	0,21	0,094	640	36,68	461,35	46,13	109,80
0,26	4,5	0,15	0,15	2,5	3,14	0,52	0,21	0,094	640	38,38	482,73	48,27	92,19
0,52	4,5	0,15	0,15	5	3,14	1,05	0,21	0,094	640	48,50	610,02	61,00	58,16
1,05	4,5	0,15	0,15	10	3,14	2,10	0,21	0,094	640	61,30	771,01	77,10	36,80
1,57	4,5	0,15	0,15	15	3,14	3,15	0,21	0,094	640	72,92	917,17	91,72	29,18
3,14	4,5	0,15	0,15	30	3,14	6,29	0,21	0,094	640	89,66	1127,7	112,77	17,94
4,19	4,5	0,15	0,15	40	3,14	8,39	0,21	0,094	640	99,78	1255,0	125,50	14,98

Fuente: Elaboración propia

Apéndice 16 Datos reológicos de M2

W Rad	Rc cm	Rb cm	X cm	N rpm	π	SR 1/s	SRC	tk	SMC	Torque	SS dn/cm ²	SS N/m ²	Ua kg/ms
0	4,5	0,15	0,15	0	3,14	0	0	0,094	640	0	0	0	0
0,05	4,5	0,15	0,15	0,5	3,14	0,10	0,21	0,094	640	18,76	235,96	23,60	225,00
0,10	4,5	0,15	0,15	1	3,14	0,21	0,21	0,094	640	21,48	270,17	27,02	129,20
0,13	4,5	0,15	0,15	1,2	3,14	0,25	0,21	0,094	640	21,94	275,95	27,60	109,60
0,16	4,5	0,15	0,15	1,5	3,14	0,31	0,21	0,094	640	21,80	274,19	27,42	87,98
0,21	4,5	0,15	0,15	2	3,14	0,42	0,21	0,094	640	24,76	311,42	31,14	74,20
0,26	4,5	0,15	0,15	2,5	3,14	0,52	0,21	0,094	640	27,48	345,64	34,56	66,13
0,52	4,5	0,15	0,15	5	3,14	1,05	0,21	0,094	640	35,02	440,47	44,05	42,33
1,05	4,5	0,15	0,15	10	3,14	2,10	0,21	0,094	640	45,85	576,69	57,67	27,73
1,57	4,5	0,15	0,15	15	3,14	3,15	0,21	0,094	640	49,96	628,38	62,84	20,04
3,14	4,5	0,15	0,15	30	3,14	6,29	0,21	0,094	640	63,50	798,68	79,87	12,70
4,19	4,5	0,15	0,15	40	3,14	8,39	0,21	0,094	640	71,60	900,56	90,06	10,77
5,24	4,5	0,15	0,15	50	3,14	10,48	0,21	0,094	640	78,42	986,34	98,63	9,41
8,38	4,5	0,15	0,15	80	3,14	16,77	0,21	0,094	640	95,90	1206,2	120,62	7,20

Fuente: Elaboración propia

Apéndice 17 Datos reológicos de M3

W Rad	Rc cm	Rb cm	X cm	N rpm	π	SR 1/s	SRC	tk	SMC	Torque	SS dn/cm ²	SS N/m ²	Ua kg/ms
0	4,5	0,15	0,15	0	3,14	0	0	0,094	640	0	0	0	0
0,05	4,5	0,15	0,15	0,5	3,14	0,10	0,21	0,094	640	59,86	752,90	75,29	719,20
0,10	4,5	0,15	0,15	1	3,14	0,21	0,21	0,094	640	71,14	894,78	89,48	427,40
0,13	4,5	0,15	0,15	1,2	3,14	0,25	0,21	0,094	640	69,20	870,38	87,04	345,20
0,16	4,5	0,15	0,15	1,5	3,14	0,31	0,21	0,094	640	70,42	885,72	88,57	281,20
0,21	4,5	0,15	0,15	2	3,14	0,42	0,21	0,094	640	72,82	915,91	91,59	219,00
0,26	4,5	0,15	0,15	2,5	3,14	0,52	0,21	0,094	640	78,14	982,82	98,28	188,20
0,52	4,5	0,15	0,15	5	3,14	1,05	0,21	0,094	640	89,86	1130,2	113,02	107,80

Fuente: Elaboración propia

Apéndice 18 Datos reológicos de M4

W Rad	Rc cm	Rb cm	X cm	N rpm	π	SR 1/s	SRC	tk	SMC	Torque	SS dn/cm ²	SS N/m ²	Ua kg/ms
0	4,5	0,15	0,15	0	3,14	0	0	0,094	640	0	0	0	0
0,05	4,5	0,15	0,15	0,5	3,14	0,10	0,21	0,094	640	27,60	347,14	34,71	330,40
0,10	4,5	0,15	0,15	1	3,14	0,21	0,21	0,094	640	33,16	417,08	41,71	198,40
0,13	4,5	0,15	0,15	1,2	3,14	0,25	0,21	0,094	640	36,80	462,86	46,29	183,80
0,16	4,5	0,15	0,15	1,5	3,14	0,31	0,21	0,094	640	37,50	471,66	47,17	150,20
0,21	4,5	0,15	0,15	2	3,14	0,42	0,21	0,094	640	39,40	495,56	49,56	118,20
0,26	4,5	0,15	0,15	2,5	3,14	0,52	0,21	0,094	640	40,98	515,43	51,54	98,22
0,52	4,5	0,15	0,15	5	3,14	1,05	0,21	0,094	640	55,34	696,05	69,60	66,44
1,05	4,5	0,15	0,15	10	3,14	2,10	0,21	0,094	640	69,30	871,63	87,16	41,57
1,57	4,5	0,15	0,15	15	3,14	3,15	0,21	0,094	640	76,12	957,41	95,74	30,46
3,14	4,5	0,15	0,15	30	3,14	6,29	0,21	0,094	640	93,14	1171,5	117,15	18,63

Fuente: Elaboración propia

Apéndice 19 Datos reológicos de M5

W Rad	Rc cm	Rb cm	X cm	N rpm	π	SR 1/s	SRC	tk	SMC	Torque	SS dn/cm ²	SS N/m ²	Ua kg/ms
0	4,5	0,15	0,15	0	3,14	0	0	0,094	640	0	0	0	0
0,05	4,5	0,15	0,15	0,5	3,14	0,10	0,21	0,094	640	12,74	160,24	16,02	152,60
0,10	4,5	0,15	0,15	1	3,14	0,21	0,21	0,094	640	14,40	181,12	18,11	86,38
0,13	4,5	0,15	0,15	1,2	3,14	0,25	0,21	0,094	640	14,56	183,13	18,31	72,78
0,16	4,5	0,15	0,15	1,5	3,14	0,31	0,21	0,094	640	15,10	189,92	18,99	60,39
0,21	4,5	0,15	0,15	2	3,14	0,42	0,21	0,094	640	15,92	200,24	20,02	48,05

0,26	4,5	0,15	0,15	2,5	3,14	0,52	0,21	0,094	640	17,36	218,35	21,83	41,66
0,52	4,5	0,15	0,15	5	3,14	1,05	0,21	0,094	640	25,06	315,20	31,52	29,56
1,05	4,5	0,15	0,15	10	3,14	2,10	0,21	0,094	640	31,85	400,60	40,06	19,09
1,57	4,5	0,15	0,15	15	3,14	3,15	0,21	0,094	640	38,40	482,98	48,30	15,37
3,14	4,5	0,15	0,15	30	3,14	6,29	0,21	0,094	640	49,32	620,33	62,03	9,87
4,19	4,5	0,15	0,15	40	3,14	8,39	0,21	0,094	640	54,62	686,99	68,70	8,19
5,24	4,5	0,15	0,15	50	3,14	10,48	0,21	0,094	640	62,50	786,11	78,61	7,50
8,38	4,5	0,15	0,15	80	3,14	16,77	0,21	0,094	640	73,66	926,47	92,65	5,53
10,47	4,5	0,15	0,15	100	3,14	20,97	0,21	0,094	640	81,18	1021,1	102,11	4,87
12,57	4,5	0,15	0,15	120	3,14	25,16	0,21	0,094	640	87,62	1102,1	110,21	4,39
14,66	4,5	0,15	0,15	140	3,14	29,35	0,21	0,094	640	92,18	1159,4	115,94	3,96

Fuente: Elaboración propia

Apéndice 20 Datos reológicos de M6

W Rad	Rc cm	Rb cm	X cm	N rpm	π	SR 1/s	SRC	tk	SMC	Torque	SS dn/cm ²	SS N/m ²	Ua kg/ms
0	4,5	0,15	0,15	0	3,14	0	0	0,094	640	0	0	0	0
0,05	4,5	0,15	0,15	0,5	3,14	0,10	0,21	0,094	640	18,92	237,97	23,80	227,00
0,10	4,5	0,15	0,15	1	3,14	0,21	0,21	0,094	640	21,54	270,92	27,09	129,40
0,13	4,5	0,15	0,15	1,2	3,14	0,25	0,21	0,094	640	23,56	296,33	29,63	117,80
0,16	4,5	0,15	0,15	1,5	3,14	0,31	0,21	0,094	640	24,10	303,12	30,31	96,38
0,21	4,5	0,15	0,15	2	3,14	0,42	0,21	0,094	640	26,20	329,54	32,95	78,58
0,26	4,5	0,15	0,15	2,5	3,14	0,52	0,21	0,094	640	27,80	349,66	34,97	66,71
0,52	4,5	0,15	0,15	5	3,14	1,05	0,21	0,094	640	35,16	442,23	44,22	42,18
1,05	4,5	0,15	0,15	10	3,14	2,10	0,21	0,094	640	43,33	544,93	54,49	26,02
1,57	4,5	0,15	0,15	15	3,14	3,15	0,21	0,094	640	53,10	667,88	66,79	21,24
3,14	4,5	0,15	0,15	30	3,14	6,29	0,21	0,094	640	67,96	854,78	85,48	13,60
4,19	4,5	0,15	0,15	40	3,14	8,39	0,21	0,094	640	74,98	943,08	94,31	11,25
5,24	4,5	0,15	0,15	50	3,14	10,48	0,21	0,094	640	80,50	1012,5	101,25	9,66

Fuente: Elaboración propia

Apéndice 21 Datos reológicos de M7

W Rad	Rc cm	Rb cm	X cm	N rpm	π	SR 1/s	SRC	tk	SMC	Torque	SS dn/cm ²	SS N/m ²	Ua kg/ms
0	4,5	0,15	0,15	0	3,14	0	0	0,094	640	0	0	0	0
0,05	4,5	0,15	0,15	0,5	3,14	0,10	0,21	0,094	640	25,50	320,73	32,07	306,20
0,10	4,5	0,15	0,15	1	3,14	0,21	0,21	0,094	640	29,92	376,32	37,63	180,60
0,13	4,5	0,15	0,15	1,2	3,14	0,25	0,21	0,094	640	29,34	369,03	36,90	146,20
0,16	4,5	0,15	0,15	1,5	3,14	0,31	0,21	0,094	640	29,16	366,77	36,68	116,80

0,21	4,5	0,15	0,15	2	3,14	0,42	0,21	0,094	640	31,00	389,91	38,99	92,86
0,26	4,5	0,15	0,15	2,5	3,14	0,52	0,21	0,094	640	32,74	411,79	41,18	78,66
0,52	4,5	0,15	0,15	5	3,14	1,05	0,21	0,094	640	42,80	538,33	53,83	51,33
1,05	4,5	0,15	0,15	10	3,14	2,10	0,21	0,094	640	56,53	710,95	71,10	33,93
1,57	4,5	0,15	0,15	15	3,14	3,15	0,21	0,094	640	67,18	844,97	84,50	26,87
3,14	4,5	0,15	0,15	30	3,14	6,29	0,21	0,094	640	89,32	1123,4	112,34	17,87
4,19	4,5	0,15	0,15	40	3,14	8,39	0,21	0,094	640	97,84	1230,6	123,06	14,67

Fuente: Elaboración propia

Apéndice 22 Datos de Normalidad

Valor p								
	Patrón	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
Humedad	0.619	0.476	0.117	0.515	0.459	0.2	0.323	0.366
°Brix	0.169	0.523	0.631	0.334	0.609	0.117	0.334	0.399
pH	0.609	0.487	0.631	0.565	0.487	0.631	0.631	0.631
Consistencia	0.631	0.631	0.487	0.631	0.487	0.631	0.631	0.565
Densidad	0.487	0.631	0.631	0.487	0.487	0.487	0.249	0.631
m	0.458	0.631	0.548	0.468	0.577	0.610	0.422	0.526
k	0.366	0.154	0.512	0.562	0.347	0.610	0.368	0.614

Fuente: Elaboración propia

Apéndice 23 Requerimientos de producción

Cantidad a procesar	960kg
Peso de unidad	0,5kg
# Unidades x Batch	1920u
# Unidades x mes	40320u
# Unidades x año	483840u

Fuente: Elaboración propia

Apéndice 24 Costos de los accesorios

Accesorios	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Tuberías (m)	18	\$ 12,74	\$ 229,32
Codo 90° (u)	4	\$ 2,67	\$ 10,68
Válvula (u)	1	\$ 15,17	\$ 15,17
Tubo reductor (u)	1	\$ 3,64	\$ 3,64
Total			\$ 258,81

Fuente: Elaboración propia

Apéndice 25 Inversión Inicial

Activos fijos	Costo	TVU	Depreciación Activos	Valor residual	Depreciación anual
Bomba	\$ 1.200,00	10	10%	\$ 120,00	\$ 108,00
Llenadora	\$ 5.500,00	10	10%	\$ 550,00	\$ 495,00
Marmita	\$ 6.500,00	10	10%	\$ 650,00	\$ 585,00
Caldero	\$ 8.500,00	10	10%	\$ 850,00	\$ 765,00
Balanza	\$ 440,00	10	10%	\$ 44,00	\$ 39,60
Mezcladora	\$ 6.900,00	10	10%	\$ 690,00	\$ 621,00
Accesorios	\$ 258,81	10	10%	\$ 25,88	\$ 23,29
Total	\$ 29.298,81			\$ 2.929,88	\$ 2.636,89

Fuente: Elaboración propia

Apéndice 26 Costo de Materia Prima - Ingredientes

Materias primas	\$/kg	%	g/u	\$/u	kg/Batch	\$/Batch	\$/Anual
Agua	\$ 0,03	48,78	243,9	\$ 0,007	468,29	\$ 14,05	\$ 3.540,26
Glucosa	\$ 1,55	24,40	122,0	\$ 0,189	234,24	\$ 363,07	\$ 91.494,14
Azúcar	\$ 0,85	22,40	112,0	\$ 0,095	215,04	\$ 182,78	\$ 46.061,57
Almidón	\$ 2,50	3,50	17,5	\$ 0,045	33,60	\$ 84,00	\$ 21.168,00
Ácido Cítrico	\$ 2,25	0,22	1,1	\$ 0,002	2,11	\$ 4,75	\$ 1.197,50
Pectina	\$ 41,25	0,70	3,5	\$ 0,144	6,72	\$ 277,20	\$ 69.854,40
Total		100	500	\$ 0,482	960,00	\$ 925,857	\$ 233.315,87

Fuente: Elaboración propia

Apéndice 27 Costo de Materia Prima - Envase

MATERIAS PRIMAS	\$ proveedor \$/u	\$/Batch	\$/Mensual	\$/Anual
Envase de vidrio + tapa	\$ 0,10	\$ 192	\$ 4.032	\$ 48.384
Etiqueta	\$ 0,05	\$ 96	\$ 2.016	\$ 24.192
Total		\$ 288	\$ 6.048	\$ 72.576

Fuente: Elaboración propia

Apéndice 28 MOD

Mano de obra directa	No de personal	Sueldo mensual bruto	Décimo tercero	Décimo cuarto	Sueldo Anual	Total
O. de pesado	1	\$ 386	\$ 386	\$ 386	\$ 4.632	\$ 5.404
O. de mezclado	1	\$ 386	\$ 386	\$ 386	\$ 4.632	\$ 5.404
O. de marmita	1	\$ 386	\$ 386	\$ 386	\$ 4.632	\$ 5.404
O. de llenado	2	\$ 772	\$ 772	\$ 772	\$ 9.264	\$ 10.808
Total	5	\$ 1.930	\$ 1.930	\$ 1.930	\$ 23.160	\$ 27.020

Fuente: Elaboración propia

Apéndice 29 GIF

Mano de obra indirecta	No de personal	Sueldo mensual bruto	Décimo tercero	Décimo cuarto	Sueldo Anual	Total
Gerente General	1	\$ 2.000	\$ 2.000	\$ 2.000	\$ 24.000	\$ 28.000
Jefe de Ventas	1	\$ 1.200	\$ 1.200	\$ 1.200	\$ 14.400	\$ 16.800
Jefe de producción	1	\$ 1.200	\$ 1.200	\$ 1.200	\$ 14.400	\$ 16.800
Jefe de RRHH	1	\$ 1.200	\$ 1.200	\$ 1.200	\$ 14.400	\$ 16.800
Supervisor de calidad	1	\$ 700	\$ 700	\$ 700	\$ 8.400	\$ 9.800
Supervisor de producción	1	\$ 700	\$ 700	\$ 700	\$ 8.400	\$ 9.800
Supervisor de mantenimiento	1	\$ 700	\$ 700	\$ 700	\$ 8.400	\$ 9.800
Supervisor de bodega	1	\$ 700	\$ 700	\$ 700	\$ 8.400	\$ 9.800
Personal administrativo	1	\$ 386	\$ 386	\$ 386	\$ 4.632	\$ 5.404
Total	9	\$ 8.786	\$ 8.786	\$ 8.786	\$ 105.432	\$ 123.004

Fuente: Elaboración propia

Apéndice 30 Costo de consumo de Energía Eléctrica

EQUIPOS	KW	tiempo de operación	KWh/mes	Costo KW/h	Costo al mes \$	Costo/año
Bomba	3	21 días	1512	\$ 0,04	\$ 60,48	\$ 725,76
Marmita	5	21 días	2520	\$ 0,04	\$ 100,80	\$ 1.209,60
Caldero	11,2	21 días	5644,8	\$ 0,04	\$ 225,79	\$ 2.709,50
Balanza	0,005	21 días	2,52	\$ 0,04	\$ 0,10	\$ 1,21
Llenadora	0,05	21 días	25,2	\$ 0,04	\$ 1,01	\$ 12,10
Mezcladora	0,7457	21 días	375,8328	\$ 0,04	\$ 15,03	\$180,40
TOTAL			10080,3528		\$ 403,214	\$ 4.838,57

Fuente: Elaboración propia

Apéndice 31 Costo de consumo de Agua Potable

	Cantidad (m ³) diario	(m ³)x mes	precio (m ³)	precio al mes	Precio/año
Agua	5	105	\$ 0,55	\$ 57,75	\$ 693

Fuente: Elaboración propia

Apéndice 32 Costo de Servicios y Suministros

	Mensual	Anual
EE	\$ 403,21	\$4.838,57
Agua	\$ 57,75	\$693,00
Diésel	\$124,00	\$1.488,00
TOTAL	\$584,96	\$7.019,57

Fuente: Elaboración propia

Apéndice 33 Costo de producción

	Total mensual	Total anual	Unitario
Producto	\$ 25.490,99	\$ 305.891,87	\$ 0,63
MOD	\$ 2.251,67	\$ 27.020,00	\$ 0,06
GIF	\$ 10.835,30	\$ 130.023,57	\$ 0,27
Costo Total	\$ 38.577,95	\$ 462.935,44	\$ 0,96
Margen			50%
PVP			\$ 1,44

Fuente: Elaboración propia

Apéndice 34 Punto de Equilibrio

CF	\$ 123.004,00
CV	\$ 339.931,44
CVU	\$ 0,70
PE	34,7%

Fuente: Elaboración propia