



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

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

**“Reingeniería del Proceso de Elaboración y Conservación de
una Bebida Láctea de Arroz y Trigo Tradicional.”**

EXAMEN COMPLEXIVO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ALIMENTOS

Presentado por:

Miguel Ángel Moreno Paredes

Giovanny Richard Narea Chiriboga

GUAYAQUIL –ECUADOR

AÑO: 2015

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en el presente examen complejo, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la “ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).



Miguel Angel Moreno Paredes



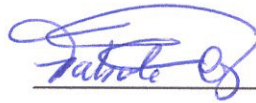
Giovanni Richard Narea Chiriboga



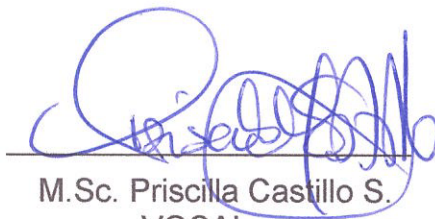
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Msc. Jorge Duque Rivera.
DECANO DE LA FIMCP.
PRESIDENTE



M.Sc. Fabiola Cornejo Z.
DIRECTORA



M.Sc. Priscilla Castillo S.
VOCAL

AGRADECIMIENTO

Ante todo agradezco a Dios por haberme brindado la fortaleza y valentía para culminar esta etapa pendiente en mi vida, a mis madres Irene y Gladys por todo su sacrificio, paciencia e infinito amor, a mi novia quien gracias a su invaluable apoyo y cariño hicieron este largo proceso más llevadero, a mi familia quienes fueron mi permanente inspiración, a mis verdaderos amigos quienes con sus palabras de aliento no me permitieron rendirme, a los catedráticos que me brindaron su soporte para el trabajo y en general a todos quienes hicieron posible culminar este trabajo.

DEDICATORIA

**A mis madres:
Irene y Gladys**

**A mi novia:
Elisa**

A mi familia entera.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, a mis padres por su amor y apoyo incondicional, a mi esposa y a mi hija ustedes son los que me impulsan cada día a seguir adelante, a mis hermanos y amigos, de manera especial a la Ingeniera Fabiola Cornejo nuestra directora. A la Ingeniera Priscila Castillo por su apoyo en la revisión de este examen complejo.

DEDICATORIA

A mis padres Lcdo. Ricardo Narea y Lcda. Sonnia Chiriboga de Narea por todo su amor y apoyo, a mi hermano Ronald por ser mí mejor amigo, a mi hija Vivianita y a mi esposa Viviana por su comprensión y amor.

RESUMEN

En el Ecuador, muchas industrias realizan sus procesos de producción de manera artesanal o semiartesanal; dando como resultado un producto con buenas características organolépticas pero con una corta vida útil. Este es el caso de la “Bebida Láctea de Arroz y Trigo Tradicional”. El objetivo general de este proyecto consiste en aumentar la vida útil de la bebida, afectando al mínimo las características organolépticas y sensoriales del producto, la reducción de costos por disminución de etapas, aumento de la eficiencia en los métodos de manipulación y transporte y el ahorro de energía y recursos. Entre los objetivos específicos se planteó el desarrollo de una nueva fórmula que permita reproducir la viscosidad del producto original y así conseguir que fluya a través de un equipo intercambiador de calor de tubo en tubo, la validación organoléptica de la nueva fórmula, la reducción de los tiempos de proceso, el diseño del proceso de pasteurización, el análisis de vida útil del producto pasteurizado y la validación de la capacidad de enfriamiento del equipo intercambiador.

Primero, se estandarizaron las materias primas mediante análisis fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales considerando la normativa técnica formal local y externa. Luego, se realizó un diseño de experimentos de tres factores a dos niveles. Este diseño permitió reformular el producto, a través del análisis del impacto en la viscosidad de tres de los más importantes ingredientes de la fórmula; con el fin de reproducir las características de flujo y sensoriales del producto después de la implementación del proceso continuo de producción.

Seguido a esto, se evaluó la aceptabilidad de la nueva fórmula; a través de los estudios de evaluación sensorial triangular y de preferencia y sus resultados analizados estadísticamente mediante un análisis de varianza, para determinar si existe diferencia significativa y preferencia significativa entre el desarrollo propuesto y la bebida artesanal.

Por otro lado, se determinaron los parámetros del proceso térmico acorde al *Bacillus cereus*; establecido bibliográficamente como el microorganismo más probable y se aplicaron los modelos Matemático de Ball y Método General Mejorado, los que permitieron diseñar el proceso de pasteurización más idóneo y específico para la bebida desarrollada.

Por otro lado, se llevó a cabo un análisis de vida útil mediante un monitoreo continuo de la estabilidad del producto desarrollado, se analizó microbiológicamente y físico-químicamente el producto específicamente a través del recuento de aerobios totales y coliformes y del potencial hidrogeno respectivamente, por un periodo de 15 días calendario bajo refrigeración a 5°C y muestreos cada tres días. Junto con esto, se verificó matemáticamente la capacidad de enfriamiento del equipo intercambiador de calor de tubo en tubo; mediante los modelos de transferencia de calor de Fourier, existente en la planta.

Finalmente, se describió el rediseño propuesto de la línea de producción de batch a continuo; con sus respectivos límites de control, y mediante la proyección de la demanda estimada se propuso la implementación de nuevos equipos y de mayor capacidad para satisfacer la demanda de manera extendida.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ABREVIATURAS.....	vii
SIMBOLOGÍA.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
INTRODUCCION.....	1

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES.....	2
1.1 Descripción del producto.....	4
1.1.1 Presencia del producto en el mercado.....	4
1.2 Materias Primas.....	5
1.2.1 Descripción de materias primas.....	5
1.2.2 Normas técnicas y caracterización de materias primas.....	10
1.2.3 Características nutricionales.....	10
1.3 Proceso de Conservación y Pasteurización.....	11
1.3.1 Pasteurización del producto.....	11
1.3.2 Microorganismo más probable.....	12
1.3.3 Estudio de penetración de calor.....	17

1.4 vida Útil del Producto.....	19
---------------------------------	----

CAPÍTULO 2

2. ANALISIS DEL CASO.....	21
2.1 Descripción del Proceso.....	21
2.2 Formulación del Producto.....	28
2.3 Situación Actual y Planteamiento del Problema.....	31
2.4 Solución Propuesta.....	34

CAPÍTULO 3.

3. IMPLEMENTACION DE LA SOLUCION PROPUESTA.....	36
3.1 Cambio en la Formulación.....	36
3.1.1 Diseño experimental.....	36
3.1.2 Formulación óptima.....	42
3.1.3 Evaluación sensorial.....	43
3.2 Estudio del Proceso Térmico.....	51
3.2.1 Factores críticos del proceso.....	51
3.2.2 Obtención de parámetros del proceso térmico.....	53
3.2.3 Diseño del proceso.....	57
3.2.4 Estudio de estabilidad.....	59
3.3. Utilización del intercambiador tubular para enfriamiento del producto.....	71

CAPÍTULO 4

4. REINGENIERIA DEL PROCESO.....	86
4.1 Descripción del Nuevo Proceso.....	86
4.2 Diagrama de Flujo.....	92
4.3 Capacidad de Producción.....	94

4.4 Estimación de Costos de Inversión.....	99
4.5 Resultados de la Aplicación de Reingeniería.....	102

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	106
--	-----

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización.
COVENIN	Comisión Venezolana de Normas Industriales.
FAO	Food and Agriculture Organization (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura).
WHO	World Health Organization (Organización Mundial De la Salud).
Spp.	Todas las especies....
ETA	Enfermedades Transmitidas por Alimentos.
pH	Potencial Hidrogeno.
m.o	Microorganismo.
oT	Temperatura
oF	Grados Fahrenheit.
oC	Grados Centígrados.
RPM	Revoluciones por minuto.
Min.	Minutos.
h.	Hora.
Θ	Tiempo.
Kg.	Kilogramos.
g.	Gramos.
Lb.	Libra.
N/A	No Aplica.
Max.	Valor máximo.
U.F.C	Unidades Formadoras de Colonia.

SIMBOLOGIA

Valor D	Tiempo de reducción decimal.
Valor Z	Incremento de temperatura (oC/oF) necesario para reducir diez veces el tiempo de destrucción térmica.
Valor FT	Tiempo de proceso necesario para disminuir la carga del microorganismo objetivo a una temperatura de referencia.
PSI	Pounds per Square Inch o libras por pulgada cuadrada.
cPs	Centipoise.
tpi	Tiempo pseudo inicial.
Jh	Factor de inercia de la curva de calentamiento.
Fh	Velocidad de penetración de calor entre un ciclo log y otro.
Cp	Calor específico.
K	Conductividad térmica.
ρ	Densidad.

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1	Planta de Arroz.....6
Figura 1.2.	Resistencia Térmica de <i>C. Perfringens</i> y <i>B. Cereus</i> en alimentos de baja acidez.....14
Figura 1.3	Estabilidad al calor y frío de bacterias patógenas en leche.....15
Figura 2.1	Producción Pasta de Harinas.....22
Figura 2.2	Producción Pasta Aditivada.....23
Figura 2.3	Producción Chicha Tradicional (Pasta disuelta).....24
Figura 3.1	Efectos principales (MINITAB 14).....40
Figura 3.2	Curva semilogarítmica de pasteurización.....56
Figura 3.3	Curva de crecimiento aerobios totales.....63
Figura 3.4	Curva de comportamiento del potencial hidrógeno (pH).....64
Figura 4.1	Mezcladores Industriales de Paletas.....88
Figura 4.2	Envasado de contenedores.....91
Figura 4.3	Diagrama de Flujo Chicha de Arroz y Trigo Pasteurizada.....93
Figura 4.4	Curva Ventas vs. Tiempo.....94
Figura 4.5	LAY-OUT propuesto reingeniería.....101

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1	Información Nutricional.....11
Tabla 2	Formulación Pasta de Harinas.....28
Tabla 3	Formulación Pasta Aditivada.....29
Tabla 4	Formulación Bebida Láctea de arroz y Trigo tradicional.....29
Tabla 5	Características Bebida Láctea tradicional.....30
Tabla 6	Tabla de datos para el diseño factorial.....37
Tabla 7	Combinación de niveles seleccionados.....41
Tabla 8	Fórmula óptima desarrollada.....42
Tabla 9	Tabla de codificación y ordenamiento.....44
Tabla 10	Resultados pruebas sensoriales.....45
Tabla 11	Resultados prueba preferencia.....46
Tabla 12	Tabla de datos JI CUADRADA48
Tabla 13	Tabla de datos z críticos.....50
Tabla 14	Datos juicios correctos preferencia.....51
Tabla 15	Parámetros físico químicos del producto.....52
Tabla 16	Valores referenciales de resistencia térmica de <i>Bacillus cereus</i> psicrotrófico.....54
Tabla 17	Parámetros del proceso térmico.....57
Tabla 18	datos para el diseño del proceso.....59
Tabla 19	Planeamiento del estudio de estabilidad.....62
Tabla 20	Estadígrafo de los resultados del estudio de estabilidad.....65
Tabla 21	composición nutricional proximal de la bebida pasteurizada.....67
Tabla 22	Propiedades y parámetros termofísicos y de flujo de la bebida.....69
Tabla 23	Propiedades y parámetros termofísicos y de flujo del agua de enfriamiento.....70
Tabla 24	Caudales ensayados y su capacidad de enfriamiento85
Tabla 25	Demanda estimada 2014-2030.....95
Tabla 26	Condiciones de trabajo y productividad actuales96
Tabla 27	Condiciones de trabajo y productividad capacidad aumentada.....98
Tabla 28	Equipos propuestos reingeniería.....99
Tabla 29	Tabla comparativa de los resultados de la reingeniería aplicada105

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se desarrolló en una industria semiartesanal local, enfocada en la producción de alimentos listos para consumir específicamente, en el mercado de las bebidas refrescantes. La compañía, al inicio de sus operaciones ha enfocado sus actividades de comercio a la ciudad de Guayaquil. Con el fin de incrementar la producción y expandirse a otros mercados, se estableció una reingeniería del proceso de su producto estrella conocido como Chicha Tradicional.

Esta compañía es una mediana empresa, tiene alrededor de 15 puntos de ventas entre propios y franquiciados los que se encargan de expender al público además de la Chicha Tradicional, otros subproductos a partir de las mismas materias primas como Chicha Shake de sabores y leche condensada.

Para lograr el objetivo de este proyecto se estableció lo siguiente:

1. Desarrollo de una nueva fórmula a través de un diseño de experimentos 2^3 .
2. Validación organoléptica de la nueva fórmula a través de una evaluación sensorial de diferencia y preferencia.
3. Determinar el diseño del proceso de pasteurización.
4. Evaluar los resultados del proceso térmico aplicado a través de un estudio de estabilidad.
5. Validar matemáticamente la capacidad de enfriamiento de un equipo intercambiador de calor existente en la planta.
6. Proponer el rediseño de la línea de producción de batch a continuo con sus respectivos límites de control para cada etapa.

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

La bebida láctea de arroz y trigo tradicional es un producto generado de la cocción de harinas de trigo y arroz con la adición de leche líquida. La misma que es reconocida como originaria y tradicional de Venezuela.¹ Esta bebida es llamada ampliamente como “Chicha o Carato de Arroz” la cual es preparada a base de arroz macerado y leche de vaca para luego aditivarla o sazonarla con leche condensada y canela; y que por lo tanto, a diferencia de la “Chicha Andina” no es sujeta de ningún proceso de fermentación con su correspondiente desarrollo de alcohol.²

Este producto goza de gran aceptación por parte del consumidor, sobre todo en el sector infanto-juvenil, ya que por sus características sensoriales e ingredientes que conforman su elaboración, es asociada por los consumidores como un producto refrescante y de alta composición nutricional. En Venezuela, se han identificado tres sensoriales e ingredientes que conforman su elaboración, es asociada por los consumidores como un producto refrescante y de alta composición

nutricional. En Venezuela, se han identificado tres modalidades de expendio de la Chicha de Arroz, siendo estas: a) Ambulante, donde se prepara y se vende en la vía pública; b) Semi-ambulante, en el cual se elabora la bebida en un local cerrado para luego desplazarse a un punto fijo y vender a cielo abierto; c) No Ambulante (fijo), donde se prepara y se vende en el mismo local cubierto y que generalmente están organizados como franquicias y d) Mixto, en el que se elabora la bebida en locales cubiertos, se expende durante el recorrido a un punto fijo de venta donde se realiza la jornada hasta el fin de lo producido.³

Dadas las características propias de los ingredientes que conforman la bebida, su forma de preparación y hasta la manera en que es expendida, influyen significativamente en la estabilidad del producto. La vida útil de la bebida es fundamentalmente influenciada por el tipo, cantidad y termoresistencia de la población microbiana presente en el alimento.

Por razones de seguridad pública, para alimentos pasteurizados-refrigerados de baja acidez, estos deben ser almacenados, transportados y vendidos bajos condiciones de refrigeración y con una vida útil limitada con el fin de reducir el riesgo de crecimiento de microorganismos patógenos durante la cadena de distribución. Los microorganismos de interés para alimentos pasteurizados-refrigerados de baja acidez, causantes de infecciones alimentarias y con una alta termoresistencia están fundamentalmente representados por *Bacillus cereus*, *Lysteria*

monocytogenes, *Escherichia coli* serotipo O157:H7, *Salmonella enteritidis*, *Vibrio parahaemolyticus* y *Vibrio cholerae*.¹³

La empresa auspiciante del presente proyecto, produce la bebida láctea de arroz y trigo tradicional en una planta con capacidad industrial y la bebida es despachada en envases herméticos y transportados a los puntos de venta fijos en vehículos refrigerados sometidos a monitoreo.

1.1. Descripción del producto

La Bebida Láctea de Arroz y Trigo Tradicional o Chicha de Arroz es una bebida líquida, nutritiva y refrescante, elaborada a base de harina de arroz y harina de trigo con la adición de suero, leche en polvo y leche líquida. La bebida posee un suave sabor a vainilla característico de la adición de la esencia de vainilla, la cual puede ser acompañada de canela molida y leche condensada. Es recomendable tomarla fría.

1.1.1 Presencia del producto en el mercado.

Este producto se encuentra bien posicionado en la mente de los consumidores en el área de las bebidas nutritivas. El producto es comercializado mediante dos maneras: a nivel de negocios privados llamados franquicias, administradas por un propietario

particular respetando las normas de producción y calidad establecidas por la empresa; y la distribución y comercialización directa por la organización, de los productos en un mercado como el institucional (supermercados y autoservicios) y comercios formales menores (tiendas barriales, bares, bazares, etc.).

Durante los primeros años de la organización, el área geográfica de operaciones comerciales ha sido la ciudad de Guayaquil con una presencia importante en centros comerciales y supermercados a través de puntos de venta.

La bebida láctea de arroz y trigo tradicional o chicha de arroz también se produce en otros estados del continente llegando a tener presencia en países como: Estados Unidos, Colombia y Puerto Rico.

1.2 Materias Primas

1.2.1 Descripción de materia primas

Harina de Arroz

La harina de arroz es obtenida a partir de la molienda del grano completo, haciéndola pasar por un molino de pines hasta llegar a un nivel de finura mínimo de 180 micras, la cual debe pasar en un

Ecuador y el Sistema de Información Geográfica y Agropecuaria, para el año 2009 de superficie disponibles existen aproximadamente 371 mil hectáreas sembradas de arroz en el territorio nacional.

Harina de Trigo

La harina de trigo es obtenida a partir de la molienda del grano de trigo del género “*Triticum aestivum*”; esta es un polvo de color ligeramente crema, fino y de aroma característico.

El trigo se clasifica de acuerdo a la textura del endospermo, porque esta característica del grano está relacionada con su forma de fraccionarse en la molienda, la cual puede ser vítrea o harinosa de acuerdo a la riqueza proteica.

Los trigos más utilizados comercialmente son el *Triticum durum* (utilizado principalmente para pastas y macarrones), el *Triticum aestivum* (utilizado para elaborar pan) y el *Triticum compactum* (se utiliza para hacer galletas).⁵

La producción total del país se encuentra aproximadamente en 7605 TM. Este nivel de producción es insuficiente para cubrir con

la demanda interna que se acerca a las 500 mil toneladas anuales.⁶ Es decir, que la producción solo alcanza para cubrir entre el 1% y el 2% de los requerimientos de los molinos.

Esto se debe a que el cereal importado presenta varias ventajas sobre el nacional, puesto que posee 14% de proteínas y el nacional apenas 11%, esta diferencia en proteínas ocasiona que posea características inferiores al que importamos, lo que repercute directamente en la elaboración del pan.⁷

Leche

La leche es la base de numerosos productos lácteos, como la mantequilla, el queso, el yogur, entre otros. Es muy frecuente el empleo de los derivados de la leche en las industrias agroalimentarias, químicas y farmacéuticas en productos como la leche condensada, leche en polvo, caseína o lactosa.

Tradicionalmente la producción lechera en Ecuador se ha concentrado en la región interandina, donde se ubican los mayores establos lecheros. Esto se confirma según los últimos datos del Censo Agropecuario del año 2011 aproximadamente 6'373.323 litros de leche al año. Se observa que la región Sierra

cuenta con mayor cantidad de ganado con un 51,0% del total nacional, seguida por la Costa con 36,7% y el Oriente con 12,3%.⁸

La disponibilidad de leche cruda para consumo humano e industrial representa alrededor del 75% de la producción bruta.⁹

Leche en Polvo

La leche en Polvo es el producto obtenido de la eliminación de agua libre en la leche. Se la realiza mediante dos etapas, la primera es la concentración de la leche en evaporadores y la segunda se realiza en una torre de atomización donde se obtiene leche en polvo.¹⁰

Suero de Leche

El suero de leche es un subproducto obtenido del proceso de fabricación del queso y caseína, y representa entre el 80 y 90% del volumen total de leche procesada. Este es un líquido fluido, de color verdoso amarillento, turbio, de sabor fresco, débilmente dulce, de carácter ácido y que contiene alrededor del 50% de los nutrientes de la leche original (proteínas solubles, lactosa, vitaminas y sales minerales).¹¹

1.2.2 Normas técnicas y Caracterización de las Materias Primas.

En la actualidad, no existe normativa específica y particular para la bebida láctea de arroz y trigo a nivel local (INEN). Por tal motivo se decidió adoptar normas afines locales INEN e internacionales como las COVENIN y CODEX ALIMENTARIUS, como guías regulatorias para asegurar la calidad de las materias primas y el producto final respectivamente. Las normas a las que se hará referencia para el presente proyecto se encuentran enlistadas en el Apéndice A.

1.2.3 Características nutricionales.

La bebida láctea de arroz y trigo tradicional es un producto altamente calórico, nutritivo y refrescante que compensa parte de los requerimientos nutricionales diarios para un infante y adulto joven de acuerdo a la guía Necesidades Nutricionales del Ser Humano de la FAO.¹² La descripción de la composición calórica y nutricional de la bebida es descrita en la tabla 1 de acuerdo a los lineamientos expresados por la NTE INEN 1334-2:2011.

**TABLA 1.
INFORMACIÓN NUTRICIONAL**

INFORMACION NUTRICIONAL		
<i>Tamaño por porción.</i>		250ml
<i>Porción por envase.</i>		1
<i>Cantidad por porción.</i>		250
Calorías:	240	Calorías de Grasa: 45
% Valor Diario		
Grasa Total	5g	8%
Grasa Saturada	1g	5%
Colesterol	15mg	5%
Sodio	75mg	3%
Carbohidratos	43mg	14%
Azúcar	34g	
Fibra	0g	0%
Proteínas	5g	10%
Vitamina C: 0%	Vitamina A: 2%	
Calcio: 15%	Hierro: 8%	
Porcentajes de Valor Diario basados en una dieta de 2000 Calorías.		

Fuente: Departamento de Control de Calidad (Campania Auspiciante)

El aporte calórico-nutricional de la bebida láctea de arroz y trigo tradicional supera en gran medida a las características encontradas en la bebida chicha de arroz de origen local, las mismas que se pueden comparar a través de la tabla de componentes nutricionales expuestos en el Apéndice B.

1.3 Proceso de Conservación y Pasteurización.

1.3.1 Pasteurización del Producto.

La pasteurización es el más antiguo y clásico método de preservación de alimentos por aplicación de calor, el cual permite

extender la vida útil de estos a través de la inactivación de células vegetativas y esporas de microorganismos patógenos indeseables, esto mediante la aplicación de temperaturas que oscilan entre los 65°C a 95°C.

Un paso más en la meta de obtener productos de mejor calidad se consigue si la pasteurización es usada en combinación con métodos de preservación de alimentos no térmicos tales como el uso de almacenamiento y distribución refrigerado (1-8°C), vacío, empaques con atmosferas modificadas, adición de aditivos, entre otros¹³. Con la pasteurización no solo se consigue disminuir las poblaciones patógenas de microorganismos, sino también la desactivación de enzimas que modifican organolépticamente ciertos alimentos²³; ya que en la mayoría de los casos, las temperaturas superiores a este valor afectan irreversiblemente características físico-químicas de los productos alimenticios.

1.3.2 Microorganismo más probable

La Bebida Láctea de Arroz y Trigo Tradicional es un alimento de baja acidez y rico en azúcares, proteínas y grasas, lo que favorece el crecimiento de diferentes microorganismos. Los alimentos de baja acidez han sido la principal causa de enfermedades humanas tales como gastroenteritis y listeriosis. La

más alta incidencia de esporulaciones en alimentos procesados es causada por bacterias, seguidos de levaduras y mohos.¹³

Esporas microbianas psicrotróficas tales como Bacterias ácido lácticas (LAB)(*Lactobacillus spp.*, *Leuconostoc spp.*, *Carnobacterium spp.*), mohos (*Thannidium spp.*, *Penicillium spp.*) y levaduras (*Zygosacharomyces spp*) pueden presentarse en alimentos refrigerados de baja acidez durante el almacenamiento, pero ventajosamente estas son altamente sensibles a la aplicación de procesos térmicos.¹³

Estudios de resistencia de temperatura a escala comercial han confirmado que 11 de las 18 especies patógenas vegetativas más comunes son destruidas por procesos térmicos de pasteurización en batch (63°C/30 min) y/o HTST (72°C/15 seg), tales como: *Brucella abortus*, *Campylobacter coli*, *Escherichia coli* (O157:H7), *Mycobacterium Tuberculosis*, *Salmonella entérica* serotipos, *Yersinia enterocolítica*, *Campylobacter jejuni*, *Coxiella burnetii*, *Lysteria monocytogenes*, *Mycobacterium bovis* y *Streptococcus pyrogenes*.¹⁴

El género anaeróbico formador de esporas *Clostridium* es generalmente un problema en “alimentos procesados refrigerados

de durabilidad extendida” (REPFED, por sus siglas en inglés) estas incluidas, las cepas psicrotróficas no-proteolíticas de *C. botulinum* (Toxinas B, E y F) y el patógeno *Clostridium perfringens*, pero esta última siendo no psicrotrófica.¹³ Estudios con esporas de 6 cepas de *C. perfringens* demostraron que no crece a temperaturas menores y/o iguales a 10°C. La figura 1.2 muestra de manera comparativa la resistencia térmica de los patógenos formadores de esporas *C. perfringens* y *Bacillus cereus*, los cuales han sido responsables de brotes de ETA's en alimentos refrigerados de baja acidez subpasteurizados.

Bacteria	Inoculo Espora	Alimento	T (°C)	Valor D (min)	Valor Z (°C)
<i>Clostridium perfringens</i>	Tres Cepas: NCTC823819 ATCC10288	Pavo Molido	99.0	23	nr
	Tres Cepas: DSM11784 NCTC10614 (Incidentes) NCTC08237	Cerdo Enlatado Enrollado	90.0 95.0 100.0	31 9.7 1.9	8.3
	Tres Cepas: NCTC823819 ATCC10288	Pechuga de Pollo Marinado.	90.0	14	nr
<i>Bacillus cereus</i>	Tres Cepas: DSM4313 (incidente) DSM826 NCTC07464	Cerdo Enlatado Enrollado	85.0 90.0 95.0	30 10 2.0	8.6
	Cepa Psicrotrófica INRA AVTZ415	Agua Destilada	85.0 90.0 95.0	16 3.9 1.0	8.2
T: Temperatura (°C). nr: no reportado					

Figura 1.2. Resistencia Térmica de *C. perfringens* y *B. Cereus* en Alimentos de baja acidez
Bacillus Cereus.

El *B. cereus* es un microorganismo gram positivo, aerobio y capaz de esporular, este organismo puede crecer a temperaturas entre

10-50°C, siendo su temperatura optima en los rangos de 30-40°C y con un pH que oscila entre los 4,9 a 9,3.

El *Bacillus cereus* ha sido identificado como un frecuente contaminante de leche (cruda y pasteurizada) y de productos lácteos en las recientes décadas (International commission on Microbiological Specifications for Food, 1996). Las cepas psicrotolerantes de *B. cereus* pueden ser distinguidas de otras cepas de la misma especie por su capacidad de crecer a 4°C pero no a 43°C.¹⁴

Las esporas de *B. Cereus* pueden sobrevivir la pasteurización, algunas cepas pueden llegar a ser entre 15 a 20 veces más termoresistentes que las cepas termosensibles de su mismo género con un valor D a 95°C entre los 1,5 a 36 min.²¹

Heat and Cold Stability of Pathogenic Bacteria in Milk		
Organism	Survives Pasteurization	Growth at 6°C
<i>S. aureus</i>	No	No
<i>C. jejuni</i>	No	No
<i>Salmonella</i> spp.	No	No
<i>E. coli</i>	No	?
<i>L. monocytogenes</i>	No	Yes
<i>Yersinia enterocolitica</i>	No	Yes
<i>B. cereus</i>	Yes (spores)	Yes ^a
<i>Clostridium</i> spp.	Yes (spores)	No ^b

^aCertain strains only

^bSome nonproteolytic spp. can grow.

Source: Adapted from Muir, D.D., *J. Soc. Dairy Technol.*, 49, 24-32, 1996.

Fuente: Thermal Food Processing. Chapter 9.- Thermal Processing of dairy

Figura 1.3. Estabilidad al calor y frio de bacterias Patógenas en leche.

Las células vegetativas que resultan de la germinación de las esporas son capaces de producir en productos lácteos, enzimas como la proteinasa; que hidroliza la caseína para producir un intenso sabor amargo, y fosfolipasas que hidrolizan los glóbulos de grasa de la leche, causando inestabilidad de la emulsión.

Los valores D para las esporas de *B. cereus* pueden variar ampliamente¹⁴ y al final, todos estos valores deben estar orientados a mantener la población de *B. cereus* por debajo de los 10^6 ufc/g ya que este es el nivel de contaminación mínimo para que se presenten ETA's y variaciones en las características sensoriales en los alimentos.¹⁵

Considerando que la bebida láctea de arroz y trigo tradicional posee un pH que oscila entre 6,1-6,3; además de proteínas y grasa producto de la leche entera; así como, que el proceso térmico planteado para este proyecto es la pasteurización en marmita abierta con agitación, enfriamiento instantáneo y almacenamiento bajo refrigeración a 5°C en tanques herméticos con inyección de aire sanitizado a presión, se determina que el microorganismo más probable y termoresistente es la cepa de *Bacillus cereus* psicrotróficas con un valor D=1min. y Z=8.2°C.

1.3.3 Estudio de penetración de Calor.

El estudio de penetración de calor se realiza con el fin de determinar el tiempo y temperatura óptimos para el proceso de pasteurización de la Bebida Láctea de Arroz y Trigo Tradicional; consiguiendo con esto la muerte de la mayor parte de los microorganismos presentes y el mejor mantenimiento de las cualidades organolépticas del producto. Para esto, antes del diseño del proceso de pasteurización, se deben conocer o especificar: 1) Si el producto va a ser almacenado al ambiente o es necesaria una cadena de frío, 2) La vida útil deseada para el mismo y 3) Si el consumidor objetivo pertenece a un grupo susceptible (bebés, ancianos, pacientes hospitalarios, etc).

Una vez definidos estos criterios, los siguientes pasos a seguir se definen como: a) Identificar los microorganismos (patógenos y esporas) causantes de la degradación del tipo de alimento a desarrollar bajo las condiciones de almacenamiento anteriormente definidas, b) Obtener de la literatura datos de la resistencia térmica (Valores D y Z) respecto del microorganismo identificado previamente, c) Seleccionar el microorganismo más termoresistente como objetivo de la pasteurización y d) Establecer un valor mínimo de pasteurización (F_T) de al menos 6D para el microorganismo más termoresistente definido.¹³ La

cinética de penetración de calor en alimentos se ve afectada por factores tales como: las características de calentamiento del equipo, el coeficiente de transferencia de calor del medio de calentamiento, la naturaleza del producto, la forma del envase y en ciertos casos la agitación aplicada durante el proceso.¹⁶

Existen varios métodos para evaluar un proceso térmico, estos se clasifican como métodos numéricos y gráficos que integran el efecto letal; ejemplos de estos tenemos: el método de la regla trapezoidal, de la regla de Simpson, método de Patashnik, método de Bigelow, entre otros. Respecto de los métodos de formula tenemos al método de Ball, método General Mejorado, de Stumbo y de Hayakawa, que hacen uso de parámetros obtenidos a partir de estudios de penetración de calor y cálculos matemáticos para integrar los efectos letales de estos.

Método General: Desarrollado por Bigelow y colaboradores en 1920; y posteriormente mejorado por Simpson en 2003, es un método grafico de integración de los efectos letales de varias combinaciones tiempo-temperatura presentes en el producto durante su procesamiento térmico, y con este se es capaz de

evaluar estos procesos en condiciones diferentes a las utilizadas en las pruebas de penetración de calor.¹⁶

Método de la formula (Ball): Desarrollado por C.O Ball en 1923, este método es de amplio uso en la industria y es considerado como el punto de partida para los cálculos de procesos térmicos. El método de Ball hace uso de una línea recta en la sección de calentamiento de una curva semilogarítmica de penetración de calor. Ball hizo una contribución al tiempo total de letalidad conocido como CUT (Cut Up Time) determinando un valor de 0,42 (como significativo para la letalidad durante el calentamiento inicial de la retorta) del tiempo de calentamiento ($0,42t_c$), por lo que este es un factor que se suma al tiempo de proceso (t_p) para obtener el tiempo efectivo del proceso.¹⁶

1.4 Vida útil del Producto.

La bebida láctea de arroz y trigo tradicional es un producto elaborado de manera semiartesanal, en la que su proceso de elaboración no implica ningún proceso térmico que ayude a la reducción de la carga bacteriana propia de las materias primas y el producto final; así como, su elevada actividad de agua (0,95) y un pH que fluctúa entre 6,1-6,3

hacen de este, un producto con una estabilidad frágil y por consiguiente una vida útil de no más allá de 24 horas desde su elaboración.

El producto que se elabora a diario por las mañanas al inicio de las operaciones de la planta no vuelve a ingresar a las bodegas refrigeradas y se desecha, ya que la ganancia de temperatura durante la jornada de venta hace que el producto no sea seguro para su comercialización en una nueva jornada. Esto implica un alto costo de desperdicio; al momento de que la venta del producto que ha sido despachado no se consigue completamente, ya que el mismo ha sufrido cambios en las características físicas y sensoriales indeseables, dada la actividad microbiológica y enzimática de sus materias primas.

CAPÍTULO 2

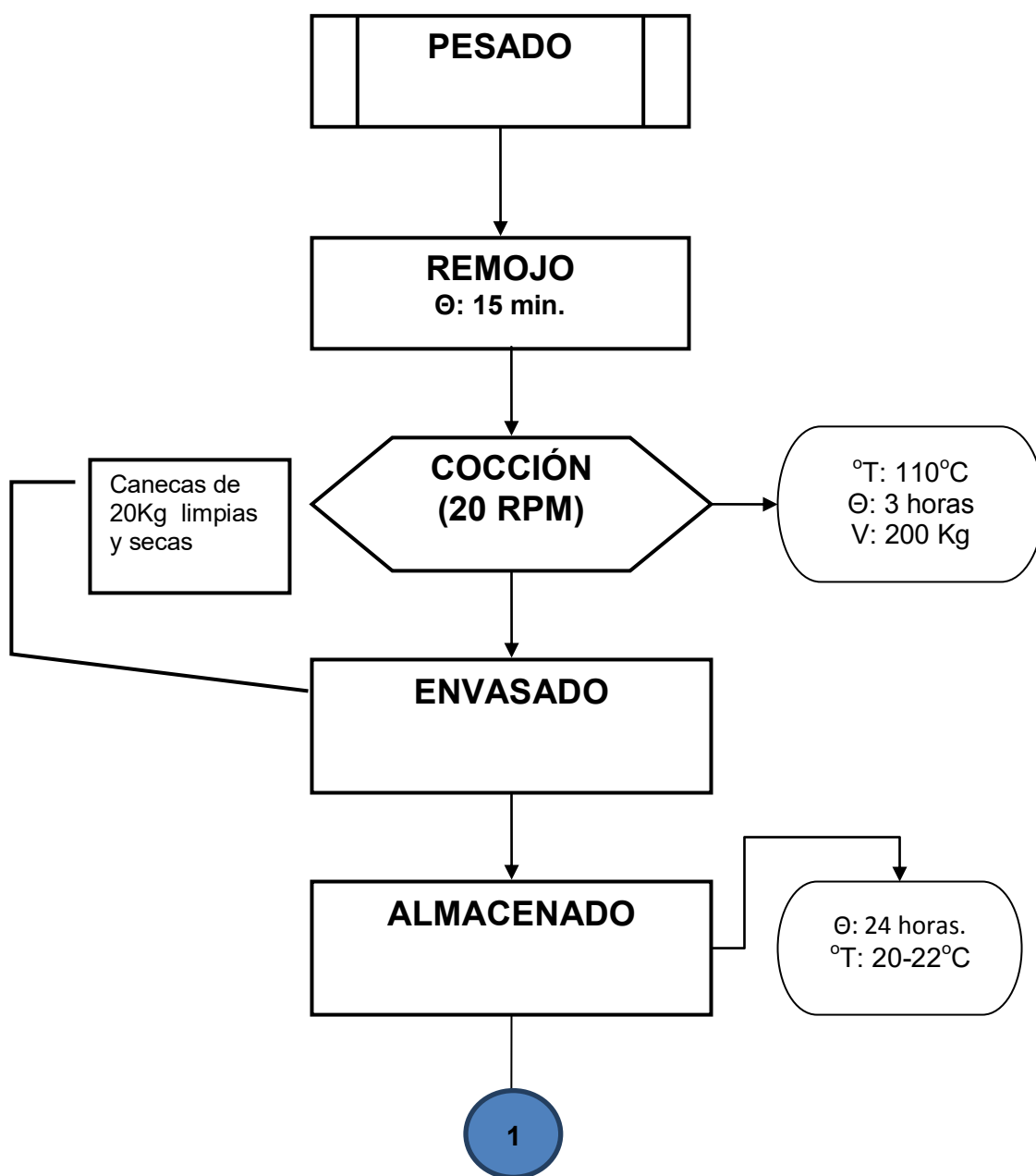
2. ANÁLISIS DEL CASO

2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El proceso de obtención de la bebida láctea de arroz y trigo tradicional es semi-artesanal ya que se combinan procedimientos tecnificados a través del uso de equipos especializados, en conjunto con procesos netamente manuales. Los criterios de calidad para el producto consideran los más altos parámetros que exigen las normas locales.

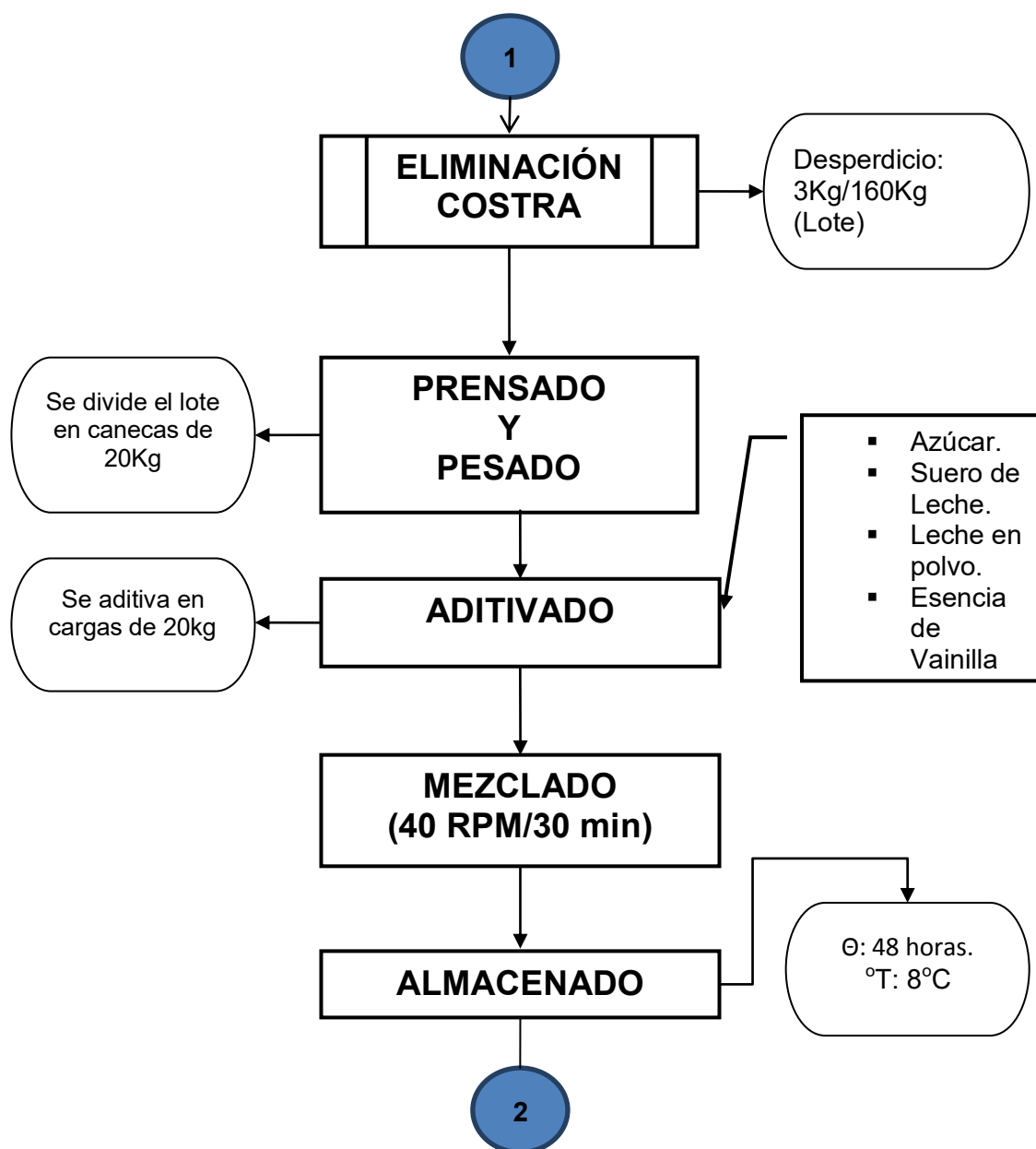
El proceso de producción de la bebida láctea de arroz y trigo tradicional era efectuado en aproximadamente 72 horas desde la obtención de la “pasta de harinas”, pasando por la aditivación-maduración de la pasta de harinas; conocida como “pasta aditivada”, hasta el lacteado de esta última para su transformación final en la bebida conocida comercialmente como “chicha tradicional”. Las figuras 2.1, 2.2 y 2.3 resumen los diferentes

procesos productivos para la obtención de la bebida láctea de arroz y trigo tradicional.



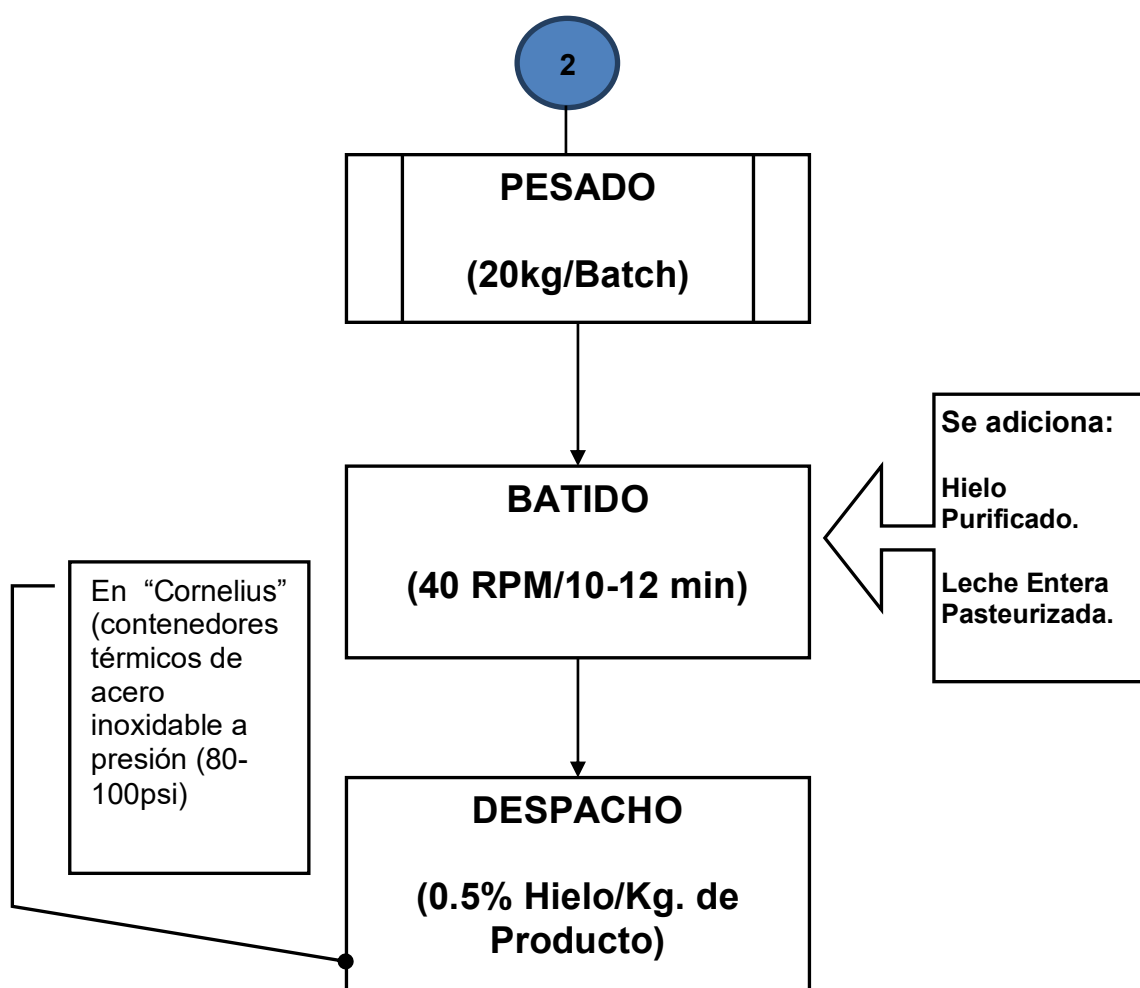
Elaborado por: M.Moreno-G.Narea, 2014

FIGURA 2.1
PRODUCCIÓN PASTA DE HARINAS.



Elaborado por: M.Moreno-G.Narea, 2014

FIGURA 2.2
PRODUCCION PASTA ADITIVADA.



Elaborado por: M.Moreno-G.Narea, 2014

FIGURA 2.3
PRODUCCIÓN CHICHA TRADICIONAL
(PASTA DISUELTA)

PRODUCCIÓN PASTA DE HARINAS.

PESADO.

Se comienza el proceso productivo con la obtención de la pasta de harinas mediante el pesado; debidamente justificado por fórmula, de la harina de arroz y harina de trigo.

REMOJO.

Estos productos son mezclados y segmentados; en canecas con capacidad de 20kg, en partes iguales y remojados con agua potable a temperatura ambiente (20°C) por alrededor de 15min.

COCCIÓN.

La mezcla es depositada para su cocción en una marmita de doble camisa; con calefacción por aceite térmico, llevada a 200Kg de producto (carga máxima) y cocida a 110°C por 3 horas aproximadamente.

ENVASADO.

Después de verificar sensorialmente la cocción de esta pasta, se la retira por el desfogue inferior de la marmita depositándolos en las canecas previamente higienizadas y completamente secas en una cantidad exacta de 20Kg/caneca.

ALMACENADO.

El producto envasado es almacenado al ambiente en un área aislada para su enfriamiento por 24 horas.

ELABORACION DE PASTA ADITIVADA.**ELIMINACIÓN DE COSTRA.**

A las 24 horas de la obtención de la pasta de harinas, estas son llevadas al área de mezclado y se procede a eliminar una costra de la parte superior de la masa de producto, formada por la deshidratación y enfriamiento de esta capa superficial. Este desperdicio es de alrededor de 3kg por cada lote de 160Kg equivalente al 1,88% del total.

PRENSADO Y PESADO.

Una vez realizada la eliminación de costra, la pasta se procede a prensar en una prensa neumática de 4 PSI de presión y esta es segmentada en canecas de 20Kg.

ADITIVADO Y MEZCLADO.

Cada caneca de 20Kg es depositada en una olla de mezclado y aditivada con las materias primas de su formulación según el siguiente orden: 1) Azúcar, 2) Suero de Leche, 3) Leche en polvo y

4) Esencia de Vainilla. Esta mezcla es batida a 40rpm por alrededor de 30min. o hasta obtener una masa uniforme con sabor y textura característica.

ENVASADO Y PESADO.

Una vez obtenida la pasta aditivada y muestreada para sus análisis de control en línea (sensoriales) y estadísticos (físico-químicos y microbiológicos); ésta es envasada en canecas de 20Kg, higienizadas y completamente secas.

ALMACENADO.

Las canecas de 20 kg son rotuladas por el departamento de control de calidad describiendo el lote, fecha de elaboración y operador responsable para posteriormente ser almacenadas en la cámara de frío a 5°C por 48 horas para su maduración previo su transformación en chicha tradicional.

ELABORACIÓN DE BEBIDA LÁCTEA DE ARROZ Y TRIGO TRADICIONAL (CHICHA TRADICIONAL)

Una vez cumplidas las 48 horas de maduración, la pasta aditivada es retirada de la cámara de frío y depositada en la olla de batido para ser mezclada con leche y hielo en cantidades establecidas

mediante fórmula, con los materiales y en el orden a continuación:

1) Pasta Aditivada, 2) Hielo y 3) Leche Entera Pasteurizada.

2.2. FORMULACIÓN DEL PRODUCTO.

Una vez descrito el proceso de producción de la bebida láctea de arroz y trigo tradicional, se adjunta la formulación del producto en sus distintas etapas. La tabla 2 describe la formulación en porcentaje para la elaboración de pasta de harinas.

TABLA 2
FORMULACIÓN PASTA DE HARINAS

MATERIA PRIMA	% DISIFICACION
Harina de arroz	19%
Harina de trigo	8,5%
Mezcla Harinas-Agua remojo	15%
Agua Cocción	57,5%

Elaborado por: M. Moreno-G. Narea, 2014.

La tabla 3 describe la formulación en porcentaje para la obtención de pasta aditivada.

TABLA 3
FORMULACIÓN PASTA ADITIVADA.

MATERIA PRIMA	% DOSIFICACION
Pasta de Harinas	64,35%
Azúcar	24,13%
Leche en polvo	6,76%
Suero de leche	4,50%
E. Vainilla	0,26%

Elaborado por: M. Moreno-G. Narea, 2014.

La tabla 4 describe la formulación para la obtención de la bebida láctea de arroz y trigo tradicional o chicha tradicional.

TABLA 4
FORMULACIÓN BEBIDA LÁCTEA DE ARROZ Y TRIGO
TRADICIONAL.

MATERIA PRIMA	% DOSIFICACION
Pasta aditivada	54,05%
Hielo	16,21%
Leche entera pasteurizada	29,74%

Elaborado por: M. Moreno-G. Narea, 2014.

La tabla 5 describe de igual manera, las características físico-químicas, microbiológicas y organolépticas del producto; en sus

distintas etapas, con el fin de identificar el perfil del alimento a reproducir y optimizar.

TABLA 5
CARACTERÍSTICAS BEBIDA LÁCTEA TRADICIONAL

BEBIDA LACTEA DE ARROZ Y TRIGO TRADICIONAL (Chicha Tradicional)			
PARAMETRO	CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICOS		
	P. HARINAS	P. ADITIVADA	BEBIDA LACTEA DE ARROZ Y TRIGO
ACIDEZ (%)	N/A	N/A	0.13-0.16
BRIX (°Brix)	N/A	30-31	19-23
CONSISTENCIA (cm/30seg)	16-18	15-16	N/A
pH (pH)	N/A	N/A	6.1-6.3
VISCOSIDAD (cPs)	N/A	N/A	130-140
CARACTERISTICAS MICROBIOLOGICAS			
Aeróbios Totales (UFC/gr)	N/A	Max 1.0×10^4	Max 3.0×10^4
Coliformes Totales (UFC/gr)	N/A	Max 2.0×10^0	Max 3.6×10^0
E.Coli (UFC/gr)	N/A	Ausência	Ausência
Salmonella (UFC/50gr)	N/A	Ausência	Ausência
CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS			
Sabor y Aroma	Neutro	Dulce y con nota a vainilla	Dulce, con suaves notas lácteas y vainilla natural
Color	Blanco Brillante	Amarillo	Amarillo claro
Aspecto	Homogêneo	Homogêneo	Líquido arenoso

Elaborado por: M. Moreno-G. Narea, 2014.

2.3 SITUACIÓN ACTUAL Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Como se logró describir en la sección anterior, el producto es elaborado de una forma semiartesanal, contando con buenas características sensoriales; aunque variables, pero sus características microbiológicas no son las más adecuadas en materia de seguridad alimentaria y vida útil del producto. Desde el punto de vista productivo, el proceso es poco eficiente por el excesivo tiempo que hay que invertir para la obtención del producto. Al realizar un análisis interno de las causas que generan los problemas existentes en el producto y la planta, se encontró que los mismos son desencadenados fundamentalmente por tres factores que se describen a continuación:

- Excesivo tiempo de producción.
 - Elaboración y enfriamiento de Pasta de harinas (24 horas).
 - Elaboración y maduración de Pasta Aditivada (48 horas).
- Corta Vida Útil.
 - Producto artesanal con alta carga microbiológica inicial.

- Valor Organoléptico Variable.
 - Características sensoriales evaluadas subjetivamente por el operador de turno.

Excesivo tiempo de producción

Como se había indicado, el proceso productivo para la obtención de la bebida láctea de arroz y trigo tradicional era de aproximadamente 72 horas; desde la obtención de la pasta de harinas hasta la elaboración de la bebida láctea, generando un alto costo por mano de obra y grandes cantidades de desperdicio en cada batch de producción. Por lo general, el personal debía estar en las primeras horas de la mañana para elaborar la bebida tradicional de manera artesanal, lo que provoca demoras en el despacho; principalmente por sus etapas manuales, generando a su vez una cadena de retrasos al momento del transporte del producto hacia los puntos de venta; y de estos a su vez, para arrancar sus labores diarias.

Así también, las condiciones de calidad y seguridad alimentaria no se podían controlar de manera integral; debido a que la prioridad era el cumplir con los pedidos de producto, y los desperdicios que se generaban en las distintas etapas productivas hacían este proceso poco eficiente.

Corta Vida Útil.

La bebida láctea de arroz y trigo una vez obtenida y despachada tiene una vida útil de 24 horas; es decir, que el producto que sale hacia los distintos puntos de venta, al retornar era desechado por la alta carga microbiana presente, debido a la elevación de la temperatura en el punto de venta. La aplicación de un proceso térmico permitirá reducir considerablemente la carga microbiana e incrementar su tiempo de almacenamiento por un periodo de 15 días en contenedores asépticos a temperaturas de refrigeración.

Valor Organoléptico Variable.

La bebida de arroz y trigo tradicional por ser elaborada mediante un proceso semiartesanal, sufría variaciones en sus características organolépticas; sobre todo, en aquellas etapas del proceso netamente artesanales, donde dependía fundamentalmente del criterio del operador; como por ejemplo la adición de leche entera pasteurizada directa y a discreción sobre la pasta aditivada, obteniendo valores sensoriales distintos entre cada batch de un mismo lote. Para esto, el desarrollo e industrialización de una mejor fórmula permitirá tener parámetros de calidad más estrictos, reduciendo la influencia de criterios subjetivos por parte de los operadores.

2.4 SOLUCIÓN PROPUESTA.

Considerando los problemas planteados, se hacía necesaria la consolidación de las diferentes etapas productivas en un proceso continuo donde la cocción de harinas, aditivación y pasteurización brinde un producto seguro microbiológicamente y de características organolépticas idénticas a la original con un mínimo de tiempo, recursos y desperdicios. Para esto específicamente se planteó el desarrollo de una nueva fórmula para el producto; ya que mediante ensayos previos de laboratorio se encontró que la fórmula original generaba una bebida de elevada viscosidad cuando se la producía en proceso continuo, sometiendo a tres de los más importantes ingredientes de la fórmula a un diseño de experimentos 2^3 que permitió obtener una bebida de viscosidad similar a la bebida original y que pueda fluir en un equipo enfriador de tubo en tubo.

Junto con esto, se evaluó las características organolépticas de la bebida elaborada con la nueva fórmula, mediante los métodos de evaluación sensorial triangular y de preferencia y sus resultados sustentados mediante un análisis de varianza.

Para extender la vida útil del producto se plantea diseñar el proceso de pasteurización; en marmita abierta y enfriamiento instantáneo,

validando el proceso mediante la aplicación del “Método Matemático de Ball” y “Método General Mejorado” para alcanzar el F_T Objetivo tomando como referencia al microorganismo más probable.

Seguido a esto, se llevó a cabo un análisis de vida útil que se ejecutó mediante un muestreo y monitoreo continuo de la estabilidad del producto desarrollado, considerando parámetros microbiológicos y físico-químicos por un periodo de 15 días; con muestreos periódicos cada tres días.

Con el fin de validar la utilidad de un equipo intercambiador de calor de doble tubo existente en la planta, se determinó matemáticamente la capacidad de enfriamiento del equipo para la bebida; en un proceso donde el agua de enfriamiento corre por el tubo interior y la bebida caliente pasteurizada por el anulo a contracorriente, mediante los modelos de transferencia de calor de Fourier.

CAPÍTULO 3

3. IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA.

3.1 CAMBIO EN LA FORMULACIÓN.

3.1.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el diseño experimental, se consideraron los porcentajes de A) Harina de Arroz (H.A), B) Harina de Trigo (H.T) y C) Leche en polvo (LP) como los factores para la construcción del modelo 2^3 , de tres factores a dos niveles (Alto (1) y Bajo (-1)).

La tabla 6 muestra la codificación de los factores y niveles en el modelo planteado y los valores numéricos de los mismos:

**TABLA 6. TABLA DE DATOS
PARA EL DISEÑO FACTORIAL.**

<u>Parámetros:</u>	<u>NIVELES (%)</u>	
Harina de Arroz (H.A)	3,80	3,42
Harina de Trigo (H.T)	2,11	1,70
Leche en Polvo (L.P)	3,24	2,47
VARIABLE RESPUESTA	VISCOSIDAD (cPs)	

Elaborado por: M. Moreno-G. Narea, 2014.

Como se había indicado, con el diseño de experimentos 2^3 de tres factores (H.A; H.T; L.P) y dos niveles (1,-1) se busca determinar la mejor aplicación y combinación de estos con el fin de obtener como variable respuesta aquellos valores menores o iguales a la viscosidad presentada en el producto bebida láctea de arroz y trigo tradicional (tabla 5) que influencia directamente en el proceso técnico de pasteurización y validación organoléptica. Para esto, se hace necesario la validación del modelo experimental planteado, mediante el análisis de varianza del mismo, usando el programa MINITAB 14.

ANALISIS DE VARIANZA.

Para el análisis de varianza, se validó la Normalidad de los datos mediante el grafico de la “Probability Plot”, planteando las siguientes hipótesis.

Ho: El experimento sigue la normalidad

H1: El experimento no sigue la normalidad.

Si se cumple con la siguiente condición de que el p-value es menor que el alpha entonces se rechaza Ho. Mediante el uso del programa se muestra un p-value de 0,08 con un alpha de 0,05; por lo tanto es mayor el p-value que el alpha y se acepta Ho lo cual indica que el experimento sigue una distribución normal.

Otro requisito en el diseño de experimento es que cumpla con la Igualdad de Varianza, para lo cual se utilizó el “Test for Equal Variances”, estableciendo las siguientes hipótesis:

Ho: El experimento tiene igualdad de varianza.

H1: El experimento no tiene igualdad de varianza.

Si se cumple la siguiente condición que el p-value es menor que alpha entonces se rechaza Ho. Al aplicar el programa se obtiene un p-value de 0,146 con un alpha de 0,05; como se

demuestra que es mayor el p-value, por lo tanto se acepta H_0 , con lo cual se puede inferir que el experimento cumple con el requisito para el diseño de experimento.

Una vez validado el modelo experimental, se procedió a realizar el Análisis de Varianza (ANOVA) de los factores y niveles. En primera instancia se interesa determinar qué factores e interacciones son las que presentan un efecto importante sobre la variable respuesta (VR). El modelo planteado para el experimento es el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + C_k + AB_{ij} + AC_{ik} + BC_{jk} + ABC_{ijk} + E_{ijkl}$$

Se realizó la corrida del modelo en el programa MINITAB 14, obteniendo que la interacción Harina de Arroz y Leche en Polvo (AC)= 0,096>0,05 por lo que no se rechaza la hipótesis H_0 , y se concluye que no presenta efecto alguno sobre la variable respuesta, descartando esta interacción y se planteó realizar un nuevo ANOVA (ANOVA MEJORADO).

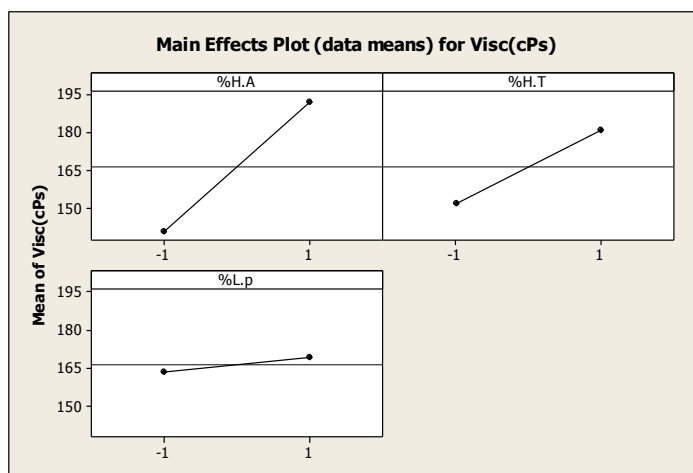
H_0 : El factor no tiene efecto sobre la variable respuesta $X=0$

H_i : El factor tiene efecto sobre la variable respuesta $X \neq 0$

Rechazo H_0 si $p\text{-value} < \alpha$; $\alpha=0,05$. Caso contrario acepto H_0 .

Al realizar la corrida del ANOVA MEJORADO se pudo observar que todos los valores P de los factores son menores a $\alpha=0,05$, por lo que todos ellos son significativos en el análisis del experimento. Además el valor de R^2 (Robustez)= 99.76% es sumamente alto, lo que garantiza que se ha realizado bien el bloqueo de otros factores durante el experimento.

De la figura 3.1 Efectos Principales se puede determinar gráficamente los niveles más óptimos a usar para los factores analizados.



Elaborado por: M.Moreno-G. Narea, 2014

FIGURA 3.1
EFFECTOS PRINCIPALES (MINITAB 14).

De esta manera, con el gráfico mostrado se determinó que los factores y sus respectivos niveles deben ser usados en la combinación que se expone en la tabla 7, con el fin de obtener valores de viscosidad menores y/o iguales a la viscosidad del producto original.

TABLA 7
COMBINACIÓN DE NIVELES SELECCIONADOS

	FACTORES		
	%H.A.	%H.T.	%L.p
NIVELES	3.42	1.70	2.47
	3.42	1.70	3.24

Elaborado por: M. Moreno-G. Narea, 2014.

Entonces, en base a los resultados obtenidos durante el proceso de análisis experimental del modelo planteado, podemos concluir que: Para los factores H.A (A) y H.T (B) es recomendable trabajar a los niveles bajos (3.42% y 1.70%) respectivamente.

Para el factor L.P. (C) es indiferente el nivel al cual se debe trabajar, permitiendo el uso de ambos niveles (2.47%; 3.24%) dentro del desarrollo del producto sin generar cambios significativos en la viscosidad del mismo; por lo que,

considerando los costos de producción se planteó usar el menor porcentaje en la formulación.

3.1.2 Formulación Óptima.

Usando los niveles sugeridos por el diseño experimental y manteniendo constantes las dosificaciones del resto de los componentes, se obtuvo un producto con características sensoriales parecidas al producto artesanal.

La tabla 8 muestra de manera parcial^a la fórmula desarrollada en esta parte del proyecto.

TABLA 8
FÓRMULA ÓPTIMA DESARROLLADA.

	INGREDIENTES	DOSIFICACIÓN (%)
Cocción de Harinas	Harina de Arroz	3,42
	Harina de Trigo	1,70
Aditivado	Leche en polvo	2,47
	Suero de Leche	
	Azúcar	
	E. Vainilla	
Lacteado	Sal	58,78
	Leche líquida	
	Agua	
TOTAL		100,00

^a Acuerdo de confidencialidad entre la empresa y autor del proyecto que restringe la publicación y divulgación total de la fórmula desarrollada

3.1.3 Evaluación Sensorial.

Una vez conseguido el desarrollo de la nueva fórmula del producto, se validó sensorialmente el mismo. Para esto se usaron los métodos prueba “Triangular” y el método “Prueba de Preferencia Apareada Simple” con los cuales se analizó el producto desarrollado frente al producto tradicional.

La prueba Triangular permite establecer diferencias para todos sus atributos entre dos productos, específicamente evaluando el efecto de cambio de fórmulas en un alimento definido. Así mismo, la prueba de preferencia apareada es la más simple dentro de su categoría y permite determinar la preferencia entre dos muestras para un mismo grupo de panelistas.²²

Para llevar a cabo este estudio, se presentaron tres pares de muestras; a 10 panelistas entrenados, las cuales debieron ser confrontadas frente a la muestra patrón (P) y sus respuestas registradas en una “Ficha de Respuesta” (Apéndice D). Es importante mencionar que el orden de la presentación de los pares de muestras estuvo balanceado, de tal manera que los pares de muestras idénticas se presentan en igual número de veces en la posición izquierda que en la derecha dentro del par.²²

La tabla 9 muestra la codificación y abreviaturas usadas para las muestras y el ordenamiento usado en estas para evitar el error por respuestas al azar.

TABLA 9
TABLA DE CODIFICACIÓN Y ORDENAMIENTO

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	ABREVIATURA
657-783-579	Bebida Láctea Arroz y Trigo Pasteurizada	BD
248-965-786	Bebida Láctea Tradicional Regular	BT
Patrón	Bebida Láctea Tradicional Regular	P
ORDEN DE DEGUSTACIÓN		
JUECES	NUMERACIÓN	CÓDIGO
1-5	248-P-657	BT-P-BD
	965-783-P	BT-BD-P
	579-786-P	BD-BT-P
6-10	657-P-248	BD-P-BT
	P-783-965	P-BD-BT
	P-786-579	P-BT-BD

Elaborado por: M. Moreno-G. Narea, 2014.

Las respuestas de las evaluaciones sensoriales por cada panelista fueron recogidas en dos cuadros de resultados para la prueba Triangular y de Preferencia respectivamente y los

mismos ordenados por aciertos y errores para cada ensayo (ver Apéndice E) para ser analizados y determinar mediante un análisis de varianza si existe diferencia significativa. La tabla 10 resume los resultados para estos ensayos.

TABLA 10.
RESULTADOS PRUEBAS SENSORIALES.

TIPO DE ENSAYO	ACIERTOS	ERRORES
TRIANGULAR	16	14
PREFERENCIA	19	11

Elaborado por: M. Moreno-G. Narea, 2014.

Con estos resultados y mediante el uso de la tabla “Número mínimo de juicios correctos para pruebas triangulares” (Apéndice F), se puede determinar si existe diferencia significativa entre las muestras; entrando en la tabla con el número de ensayos en el eje de las abscisas (Y) y los juicios mínimos correctos en el eje de las ordenadas (X), con el que se obtiene un valor de juicios correctos igual a 16 y se puede determinar que el nivel de diferencia significativa estaría entre los niveles de probabilidad del 5% y 1% (Tabla 11).

TABLA 11.
RESULTADOS PRUEBA PREFERENCIA.

Núm. Juicios	Nivel de Probabilidad		
	5%	1%	0,10%
30	15	17	19

Elaborado por: M. Moreno-G. Narea, 2014.

Sin embargo, este valor subjetivo es bastante impreciso por lo que se hace imperativo el uso del método de la Ji-Cuadrada que es específica para determinar; de acuerdo a una cierta hipótesis, en qué grado una distribución de frecuencia observada se compara con una distribución esperada o teórica.

MÉTODO DE LA JI-CUADRADA.

El método de la Ji-Cuadrada (χ^2) se utiliza para determinar si las comparaciones entre muestras que generan las pruebas de comparación por pares, dúo-trío y triangular son significativamente diferentes o no. Si el valor de la χ^2 es mayor que el valor teórico de las tablas; para la misma χ^2 , en un cierto nivel de significancia (p) y para el grado de libertad apropiado, se concluye que la distribución observada no es semejante a la esperada o comúnmente “hay diferencia significativa”.

La fórmula de Ji-Cuadrada adecuada a estas pruebas sensoriales que involucran un grado de libertad ($g.l=1$), es la llamada “Ji-Cuadrada Ajustada” (X^2) que se presenta a continuación:

$$X^2 = \frac{(|X_1 - np| - 0.5)^2}{np(1-p)} \quad \text{Ec. 1}$$

Dónde:

X = Numero de opiniones acertadas.

n = Número total de ensayos practicados o número de jueces.

p = Probabilidad del éxito en un ensayo único.

$(1-p)$ = Probabilidad de la falla en un ensayo único.

0.5= Factor de corrección por continuidad para Ji-Cuadrada ajustada.

Reemplazando los valores hallados para este ensayo en la ecuación 1, se obtiene el valor de la Ji-Cuadrada.

$$X^2 = \frac{(|16 - 10| - 0.5)^2}{(10 * 0.67)}$$

$$X^2 = 4.538$$

Con el valor de X^2 , se confronta frente a los valores teóricos en la tabla “Valores Críticos para Ji-Cuadrado” (Apéndice G),

observando que este se encuentra entre los niveles de significancia; para una cola, de 0,05 y 0,01 con lo que se puede determinar que “existe diferencia significativa” a un nivel de probabilidad de error por debajo del 5% ($p=0.05$).

TABLA 12.

TABLA DE DATOS JI-CUADRADA.

	UNA COLA	
g.l.	0,05	0,01
1	2,706	5,412

Elaborado por: M. Moreno-G. Narea, 2014.

Si bien es cierto, el resultado obtenido mediante el uso del método de la Ji-Cuadrada da la certeza de que la hipótesis “existe diferencia significativa” es confiable en un 95%, también es cierto que se puede determinar con mayor exactitud este valor de probabilidad mediante el uso del método estadístico “Calculo de Probabilidad Exacta” basada en el estadístico z de la curva normal.

CÁLCULO DE LA PROBABILIDAD EXACTA.

El estadístico z es un valor que se expresa como la distancia desde la media de la población normal, en términos de la desviación típica; por eso su fórmula está diseñada de la siguiente manera:

$$z = \frac{(x1 - 0.5) - m}{s} \quad \text{Ec. 2}$$

Dónde:

x1= Punto que limita el área de la curva normal.

0.5= Factor de corrección por continuidad.

m= Numero esperado de éxitos y equivale a np.

s= Desviación estándar y equivale a $\sqrt{n \cdot p \cdot (1-p)}$

n= Numero de ensayos.

p= Probabilidad de éxito o acierto en cada ensayo.

Reemplazando los valores expresados en la ecuación 2 se obtiene el valor estadístico z.

$$Z = \frac{([16 - 0,5] - [30 * 0,33])}{\sqrt{30 * 0,33 * 0,67}}$$

$$Z = 2,130$$

Obtenido el valor de z , se confronta frente a los valores teóricos en la tabla “Distribución Normal Estándar (z)” (Apéndice H), y con este se consigue el valor de la Probabilidad Exacta Real para nuestro análisis (pE) igual a 1,66%.

TABLA 13.

TABLA DE DATOS z CRÍTICOS.

	Distribución Normal Estándar	
Desviación Normal (z)	0,02	0,03
2,1		0,0166

Con este resultado se concluye que la hipótesis “Existe Diferencia Significativa”; entre el desarrollo propuesto (BD) y el producto tradicional (BT), es confiable en un 98.36%.

ANÁLISIS DE PREFERENCIA.

Con la tabla 10 de resultados de pruebas sensoriales se puede observar un valor de preferencia para la muestra BD o desarrollo propuesto igual a 19. Comparando este valor frente a la “Tabla de Significancia Triangular” (Apéndice I) se obtienen los siguientes valores:

TABLA 14.
DATOS JUICIOS CORRECTOS PREFERENCIA.

TABLA DE SIGNIFICANCIA TRIANGULAR			
<i>Prueba 1 Cola</i>			
Num. Juicios	5%	1%	0.10%
30	15	17	19

Elaborado por: M. Moreno-G. Narea, 2014.

Con los datos de la tabla 14 se puede concluir que “Existe Preferencia Significativa” de los panelistas hacia el desarrollo propuesto (BD) en un 99.99% de confianza. Es decir, que los panelistas en un 99,99% de confianza prefirieron la Bebida Láctea de Arroz y Trigo Pasteurizada propuesta en este proyecto.

3.2 ESTUDIO DE PROCESO TÉRMICO.

3.2.1 Factores críticos del proceso térmico.

Los factores críticos se entienden como parámetros relacionados con el producto; y que al variar, modifican significativamente los resultados del tratamiento térmico.

En busca de definir las características originales del producto a reproducir y de esta manera establecer aquellos parámetros y sus valores que deben ser estandarizados para obtener un

producto de excelentes características sensoriales e inocuidad. La tabla 15 muestra las características físico-químicas más importantes para el producto, establecidas y normalizadas por el departamento de calidad de forma interna.

TABLA 15.

PARAMETROS FISICO-QUIMICOS DEL PRODUCTO.

ESPECIFICACIONES BEBIDA LÁCTEA DE ARROZ Y TRIGO			
TRADICIONAL			
PARAMETROS			
ACIDEZ (%)	BRIX (°Brix)	pH (Potencial Hidrogeno)	VISCOSIDAD (cPs)
0,145±0,02	21±2	6,2±0,3	135±5

Elaborado por: M. Moreno-G. Narea, 2014

Con las valoraciones físico-químicas realizadas, los datos establecidos en el proceso de formulación optima y la información bibliográfica de los procesos térmicos; podemos definir los factores críticos a considerar en nuestro proceso térmico, siendo estos: la viscosidad que se encuentra con un valor de 135cPs, la proporción de los ingredientes harina de arroz y harina de trigo definidas en la sección anterior en 3,42% y 1,70% respectivamente y la temperatura inicial del producto al inicio de la pasteurización definida a 60°C (140°F) ya que es la temperatura mínima a la cual se alcanza niveles de letalidad capaces de reducir al menos un ciclo de reducción decimal en la mayoría de cepas vegetativas

presentes comúnmente en alimentos con $\text{pH} \geq 4.6$ y almacenados a temperaturas por debajo de 6°C .¹³

3.2.2 Obtención de parámetros del proceso térmico.

Para el tratamiento térmico de pasteurización abierta se usó una marmita de doble camisa con sistema de calentamiento por aceite térmico y sistema de enfriamiento por intercambiador de calor tubular instantáneo.

Para el estudio de penetración de calor se realizó una prueba industrial real en una marmita de 250 Litros de capacidad máxima, y que operaba con aceite térmico a 140°C (284°F) como medio de calentamiento y aplicación de enfriamiento instantáneo mediante un intercambiador de calor tubular. Se registraron las lecturas de temperatura del producto en pasteurización cada tres minutos en la superficie; como el punto más frío del sistema.

Durante 27 minutos de proceso continuo se recolecto los datos para el proceso total, los que se pueden observar en el apéndice J.

Con la determinación de los parámetros del proceso térmico de pasteurización se aplicará el “Método Matemático de Ball” y “Método General Mejorado”. Anteriormente se determinó como

microorganismo de referencia al *Bacillus cereus* *psicrotrófico* y se estableció alcanzar un nivel de reducción decimal de 6 escalas logarítmicas (6D) a una temperatura de referencia de 95°C (203°F). Los valores reportados para la resistencia térmica de las esporas de *Bacillus cereus* *psicrotróficos*; en agua destilada como medio netamente experimental, se detallan en la tabla 16.

TABLA 16.
VALORES REFERENCIALES DE RESISTENCIA
TÉRMICA DE *BACILLUS CEREUS* PSICROTROFICO.

Microorganismo	Medio Cultivo	T (°C)	D (min).	Z (min).
Bacillus cereus Psycrotrophic cepa INRA AVTZ415	Agua destilada	85	16	8.2
		90	3.9	
		95	1.0	

Fuente: Fernández et. al (2001)

Entonces con los datos de referencia del microorganismo, se procede a determinar el F_T Objetivo, el mismo que es calculado mediante la ecuación 3.

$$F_T = VS * D_T \quad \text{Ec. 3}$$

Dónde:

VS= Numero de ciclos logarítmicos de reducción microbiana deseada.

Valor D_T = Tiempo necesario para lograr una reducción del 90% de la población microbiana presente en el producto.

Reemplazando los valores en la ecuación tenemos, $F_{T95^{\circ}\text{C}}=6*1=6\text{min.}$

$$F_{T95^{\circ}\text{C}}=6\text{min.}$$

Con las temperaturas letales de la tabla "Datos del Proceso Térmico" del apéndice J se procede a graficarlos en una hoja semilogarítmica de tres ciclos con el fin de construir una curva que muestre la transferencia de temperatura entre el medio de calentamiento; a través de la pared interna de la marmita, y el producto. Para este efecto, se hizo uso del programa D-PLOT V.2.3.; con el cual se puede linealizar la curva, con el fin de obtener una ecuación que vincule la mayor cantidad de puntos y obtener los factores de penetración de calor.

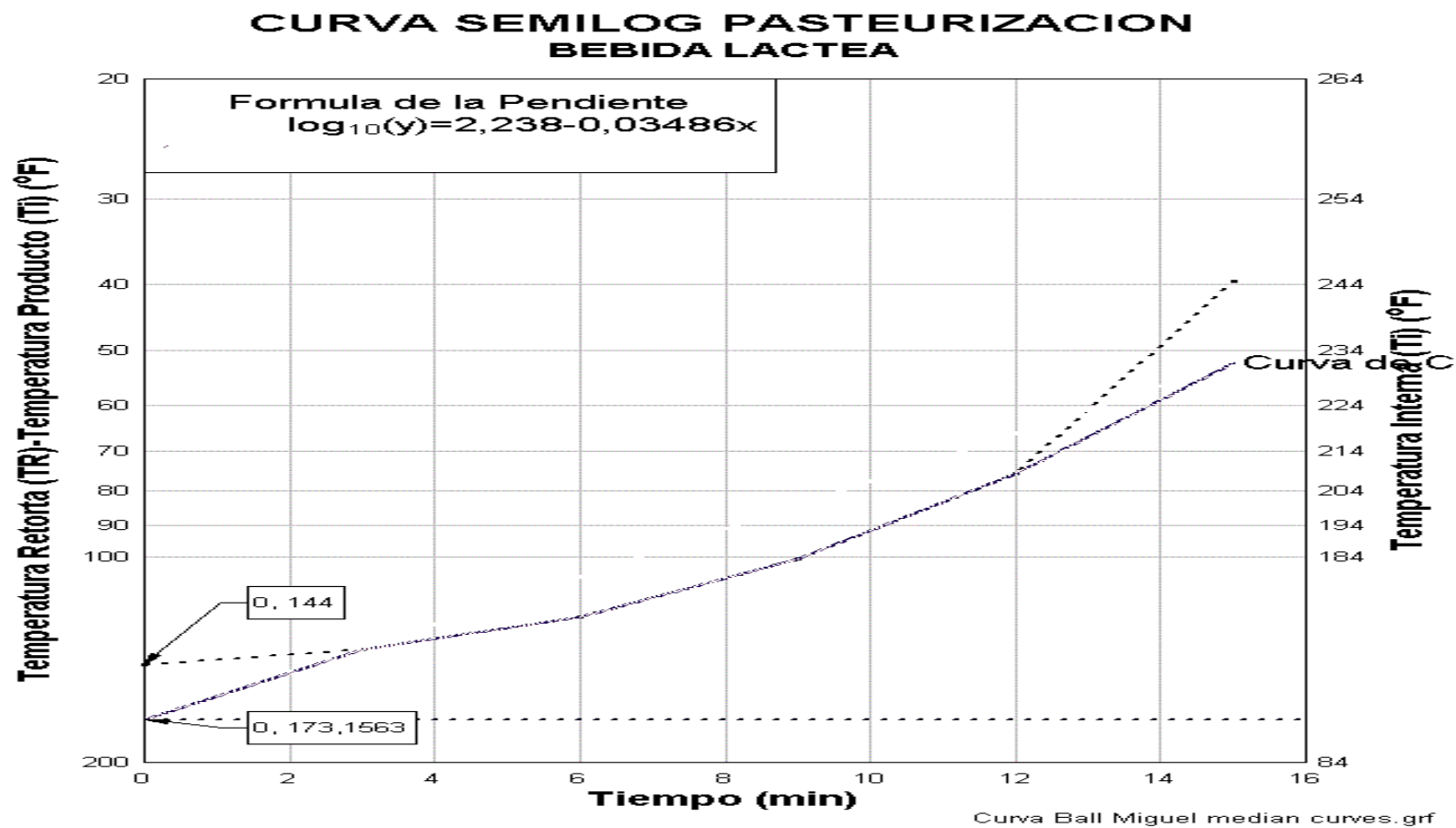


Figura 3.2: CURVA SEMILOGARITMICA DE PASTEURIZACION BEBIDA LACTEA.

Elaborado por: M.Moreno-G.Narea (2014)

Con la curva de la figura 3.2 se puede determinar gráficamente los parámetros del proceso térmico de pasteurización, enlistándolos de esta manera en la tabla a continuación.

TABLA 17.
PARÁMETROS DEL PROCESO TÉRMICO.

PARAMETRO	VALOR
$^{\circ}\text{T}$ Referencia (Tref)	203 $^{\circ}\text{F}$
$D_{(95^{\circ}\text{C})}$	1 min
$Z_{(95^{\circ}\text{C})}$	15 $^{\circ}\text{F}$
$^{\circ}\text{T}$ Retorta (TR).	284 $^{\circ}\text{F}$
$F_{\text{TO}(95^{\circ}\text{C})}$	6 min
$^{\circ}\text{T}$ inicial (Ti)	140 $^{\circ}\text{F}$
Cut.	0 min
tpi	0 min
Jh	1,20 (Adimensional)
Fh	28,68 min
I	144 $^{\circ}\text{F}$

Elaborado por: M. Moreno-G. Narea, 2014.

3.2.3 Diseño del Proceso.

Con los parámetros obtenidos en la tabla 17, se procede a calcular el F_T del Proceso con 15min. de pasteurización; para validar frente al

F_T Objetivo, si el proceso es eficiente o no para alcanzar los niveles de destrucción microbiológica a los estándares establecidos por la bibliografía. Esto se lo consigue aplicando el "Método Matemático de Ball" (Ec. 4) que permite obtener la temperatura interna del producto T a un tiempo t en el proceso térmico; y con esta temperatura, calcular su letalidad mediante el método general (Ec.5).

$$T = TR - Jh * I \left(10^{-\frac{t-t_{pi}}{fh}} \right) \quad \text{Ec. 4}$$

$$L = 10^{\frac{T-T_{ref}}{Z}} \quad \text{Ec. 5}$$

Dónde:

T = Temperatura interna del producto.

TR = Temperatura de la retorta.

Jh = Factor de inercia de la curva de calentamiento(jh).

I = Temperatura inicial.

t = Tiempo t en el proceso térmico.

t_{pi} = Tiempo pseudo inicial.

fh = Velocidad de penetración de calor entre un ciclo log y otro.

T_{ref} = Temperatura de inactivación del m.o de referencia

Z= Valor de temperatura de reducción decimal para el m.o de referencia.

Usando la ecuación de BALL y el Método General se realizó el diseño de proceso que se muestra en la tabla 18.

En esta tabla se muestra que con un calentamiento constante por 11 minutos, temperatura inicial de 140°F y temperatura de la retorta de 284°F se alcanza una letalidad promedio acumulada (F_T Proceso) de 12,06min, lo que nos brinda una pasteurización efectiva con un mínimo de sobreproceso.

TABLA 18.
DATOS PARA EL DISEÑO DEL PROCESO.

$^{\circ}T$ Inicial (Ti) ($^{\circ}F$)	$^{\circ}T$ Retorta (TR) ($^{\circ}F$)	Tiempo Proceso (min)	Letalidad Acumulada (F_T Proceso) (min)	F_T Objetivo ($^{\circ}C$)
140	284	10	4,85	6,0
140	284	11	12,06	

Elaborado por M.Moreno-Giovany Narea, 2014.

3.2.4 Estudio de Estabilidad.

La vida útil en los productos de conservación limitada; como por ejemplo en los alimentos pasteurizados, se ven directamente afectados por la calidad de la materia prima, el control de las condiciones durante el procesamiento y distribución y fundamentalmente por las temperaturas de almacenamiento. Diversos autores han determinado que la temperatura a la cual se almacena la leche y sus derivados después de su pasteurización tiene gran influencia en el crecimiento de los microorganismos y en la seguridad microbiológica de los productos lácteos refrigerados.²¹

Dado esto, es fundamental seleccionar y mantener una temperatura de refrigeración adecuada y permanente que asegure la calidad microbiológica del alimento, estudios aplicados han encontrado que temperaturas $\leq 5^{\circ}\text{C}$ son aquellas que brindan una mayor estabilidad en los productos lácteos y sus derivados, durante periodos de almacenamiento de hasta 16 días.¹⁸

De manera general los principales microorganismos presentes en el ambiente son los aerobios mesófilos totales y que son considerados en microbiología como un factor de medición de la calidad de los procesos de sanitización; mientras que, el análisis de coliformes totales y su patógeno E. Coli, como factor de medición de la calidad

de higiene del personal que interviene en los procesos productivos. La NTE INEN 2564:2011 BEBIDAS LACTEAS. REQUISITOS, específica para el "Recuento de Microorganismos Aerobios Mesófilos (REP)" valores entre 30000 (mínimo) y 50000 (máximo) UFC/cm³; para el "Recuento de Coliformes" valores de ≤ 1 (mínimo) y 10 (máximo) UFC/cm³ y para el "Recuento de E. Coli" valores de ≤ 1 UFC/cm³.

Por lo tanto, para el presente estudio se consideró plantear el análisis de la vida útil de la bebida láctea de arroz y trigo pasteurizada por un periodo global de 15 días de almacenamiento calendario; bajo condiciones de refrigeración a 5°C en cámara refrigerada, con muestreos cada 3 días a 4 contenedores de acero inoxidable para Aerobios Mesófilos Totales (REP) en placa PETRIFILM™ para el Recuento de Aerobios y placa PETRIFILM™ para el Recuento de E. Coli/Coliformes. Junto con el monitoreo microbiológico, se analizara el comportamiento del potencial hidrogeno (pH) mediante el método del potenciómetro (pHmetro) debidamente calibrado. El planeamiento del estudio de estabilidad se resume en la tabla a continuación:

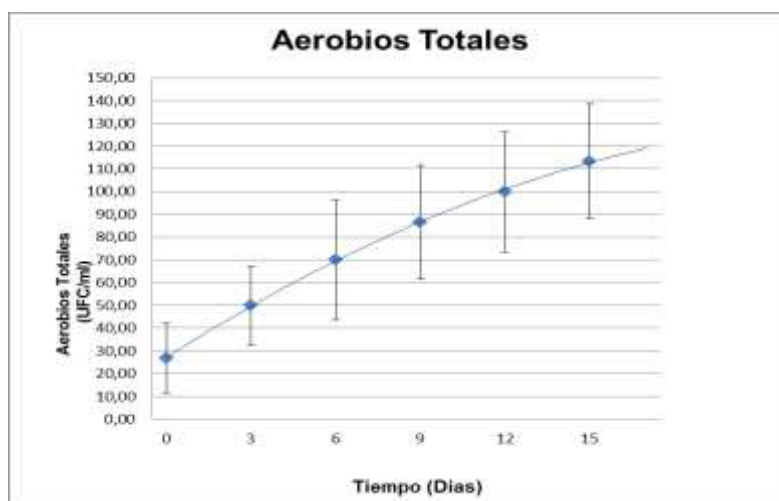
TABLA 19.
PLANEAMIENTO DEL ESTUDIO DE ESTABILIDAD.

CATEGORIA	PARAMETRO	CONDICION DE ANALISIS	FRECUENCIA DE ANALISIS	LECTURA POSITIVA	METODO DE ENSAYO
Microbiológico	Aerobios	Incubar a	Cada 3 días	Colonias Rojo	AOAC
	Mesófilos	32°C±1 por		Violetas	986.33
	Totales	48hrs±3.			
Microbiológico	E.Coli/	Incubar a	Cada 3 días	Colonias Rojo	AOAC
	Coliformes	35°C±1 por 24hrs±2. (Coliformes) 35°C±1 por 48hrs±4. (E.Coli)		Violetas con gas (Coliformes) Colonias Azul-Violetas con gas (E.Coli)	991.14
Fisico- Químico	Potencial Hidrogeno (pH)	Tomar 50cm ³ de muestra a 23°C±2.	Cada 3 días	Lecturas estables en Ready	Norma COVENIN 1315-79

Elaborado por: M. Moreno-G. Narea, 2014

Los procedimientos debidamente tabulados para la aplicación de los ensayos planteados se encuentran descritos en los apéndices M, N y O.

Una vez aplicados los procedimientos en el presente estudio de estabilidad, se encontraron los siguientes resultados que se exponen en las figuras a continuación.



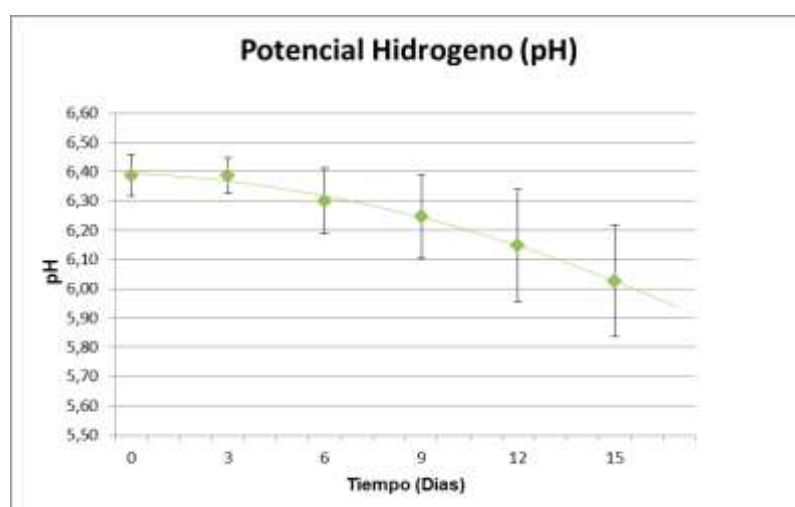
Elaborado por: M.Moreno-G.Narea (2014)

Figura 3.3.

CURVA DE CRECIMIENTO AEROBIOS TOTALES

La figura 3.3 muestra el comportamiento de los Aerobios Mesófilos Totales durante el presente estudio, los mismos que fueron contabilizados en un promedio de 74,4 UFC/ml, con un conteo mínimo de 10 UFC/ml y uno máximo de 140 UFC/ml. El análisis del parámetro microbiológico Coliformes Totales/E.Coli se encuentra descrito mediante su curva de crecimiento descrita en el apéndice N, donde de manera resumida se encontró; como era de esperarse, un

bajo conteo de Coliformes Totales con una media de 0,89 UFC/ml, lectura mínima de 0 UFC/ml y máxima de 5 UFC/ml en las muestras analizadas, mientras que no se encontró colonias de E.Coli durante todas las lecturas realizadas en que se llevó a cabo el estudio.



Elaborado por: M.Moreno-G.Narea (2014)

Figura 3.4.

**CURVA DE COMPORTAMIENTO DEL
POTENCIAL HIDROGENO (pH).**

La figura 3.4 muestra el comportamiento de las lecturas del potencial hidrogeno en las muestras analizadas.

Estos datos presentados se recogen de manera resumida mediante un estadígrafo en la tabla 20.

TABLA 20.
ESTADÍGRAFO DE LOS RESULTADOS
DEL ESTUDIO DE ESTABILIDAD.

ESTADÍGRAFO	AEROBIOS TOTALES	COLIFORMES TOTALES	E.COLI	POTENCIAL HIDROGENO (pH)
LECTURA MEDIA	74,44±36,01	0,89±1,49	0±0	6,25±0,18

Elaborado por: M.Moreno-G.Narea (2014)

Con los datos estadísticos obtenidos se puede determinar que el proceso térmico de pasteurización aplicado es efectivo, proporcionando un producto de baja carga microbiológica para aerobios, mínima para coliformes y nula para E.Coli; y en combinación con un almacenamiento refrigerado a temperaturas $\leq 5^{\circ}\text{C}$ se puede garantizar una vida útil por encima de los 15 días planteados con cargas microbiológicos en completo cumplimiento a la norma INEN 2564 de referencia. Así también, el comportamiento del parámetro potencial hidrógeno nos garantiza una calidad organoléptica estable durante el periodo de almacenamiento, al obtener una lectura media de 6,25 en completo cumplimiento al valor planteado como crítico para el producto.

3.3 UTILIZACIÓN DEL INTERCAMBIADOR TUBULAR DE ENFRIAMIENTO

Como se planteó en capítulos anteriores, con el fin de garantizar los resultados del proceso térmico de pasteurización aplicado, se hizo uso del equipo intercambiador de doble tubo que posee la compañía y cuyas características técnicas fundamentales se encuentran descritos en el apéndice Q del presente trabajo.

Para el cálculo de la capacidad del equipo intercambiador, se hizo necesario previamente la determinación bibliográfica de las propiedades termofísicas de la bebida pasteurizada tales como el calor específico (C_p), la conductividad térmica (K) y la densidad (ρ). Para esto, se usó las tablas propuestas por Choi y Okos (1986),²⁴ en las cuales desarrollaron modelos matemáticos para determinar las propiedades térmicas de los alimentos en función de su temperatura; en un rango entre 0°C y 150°C, y la composición nutricional proximal de esta.

Para la determinación de la composición nutricional proximal de la bebida, se usó la Tabla de Composición de los Alimentos Ecuatorianos del Instituto Nacional de Nutrición del Ministerio de Previsión Social y Sanidad (1965), y mediante la fórmula optima establecida previamente para la bebida, se pudo definir la

composición nutricional de la misma con los valores descritos en la tabla 21.

TABLA 21.
COMPOSICION NUTRICIONAL PROXIMAL DE
LA BEBIDA PASTEURIZADA

NUTRIENTE	FRACCION PROXIMAL (g/100g Bebida)
Proteína	1,8±0,05
Grasa	1,5±0,08
Carbohidratos	15,3±0,02
Cenizas	0,1±0,01
Humedad	79±0,06

Elaborado por: M. Moreno-G. Narea, 2014

Una vez definida la composición nutricional de la bebida y con la temperatura de pasteurización establecida en el estudio térmico (203°F), se consiguió la determinación de las propiedades termo-físicas a través de los datos arrojados por la tabla de Choi y Okos y las ecuaciones 6, 7 y 8 para el calor específico (C_p), Conductividad térmica (K) y Densidad (ρ) respectivamente.

$$Cp_B = \Sigma(Cp_i * X_i) \quad \text{Ec. 6}$$

$$K_B = \Sigma(K_i * X_i) \quad \text{Ec. 7}$$

$$\frac{1}{\rho_B} = \sum \left[\frac{X_i}{\rho_i} \right] \quad \text{Ec. 8}$$

Dónde:

Cp_B = Calor específico de la bebida.

Cp_i = Calor específico del componente nutricional.

X_i = Fracción en masa de cada componente.

K_B = Conductividad térmica de la bebida.

K_i = Conductividad térmica del componente nutricional.

ρ_B = Densidad de la bebida.

ρ_i = Densidad del componente nutricional.

Aplicando las formulas planteadas, se obtuvo las propiedades termofísicas de la bebida, las mismas que son enlistadas en la tabla a continuación junto con otros factores importantes para el cálculo de la capacidad del intercambiador.

TABLA 22.
PROPIEDADES Y PARÁMETROS TERMOFÍSICOS Y
DE FLUJO DE LA BEBIDA.

PARAMETRO	VALOR
Caudal Másico de la Bebida (Q_{mB})	1647,36 Lb/h
Temperatura de Entrada Bebida (T_1)	203 °F
Temperatura de Salida Bebida (T_2)	39,2 °F
Calor Especifico de la Bebida (Cp_B)	0,088 BTU/Lb.°F
Conductividad Térmica de la Bebida (K_B)	33,83 BTU/h.pie.°F
Densidad de la Bebida (ρ_B)	1438,69 Lb/pie ³
Viscosidad de la Bebida (μ_B)	0,091Lb/pie.seg

Las propiedades termofísicas y de flujo del agua de enfriamiento (35,60°F); tales como el Calor Especifico, Conductividad Térmica, Densidad y Viscosidad fueron obtenidas; después de las respectivas interpolaciones y conversiones para cada caso, de las tablas

expuestas en los apéndices P y Q respectivamente. Estos datos son enlistados en la tabla a continuación.

TABLA 23.
PROPIEDADES Y PARÁMETROS TERMOFÍSICOS Y
DE FLUJO DEL AGUA DE ENFRIAMIENTO.

PARAMETRO	VALOR
Caudal Másico Del Agua (Q_{mA})	9240 Lb/h
Temperatura de Entrada Agua (t_1)	35,60 °F
Calor Especifico Del Agua (Cp_A)	1,0087 BTU/Lb. °F
Conductividad Térmica Del Agua (K_A)	0,322 BTU/h.pie. °F
Densidad Del Agua (ρ_A)	62,39 Lb/pie ³
Viscosidad Del Agua (μ_A)	1,0083x10 ⁻³ Lb/pie.seg.

Con los datos obtenidos para la bebida y el agua de enfriamiento, se procedió a calcular la capacidad de enfriamiento del intercambiador de calor de tubo en tubo, en un sistema a contracorriente donde el agua fluye por el tubo interno y la bebida por el anulo, considerando

las especificaciones técnicas de la estructura del intercambiador expuestas en el apéndice O.

Basándose en el planteamiento básico de balance de materia y energía; se puede indicar que para el sistema, el calor que pierde la bebida es igual al calor que gana el agua de enfriamiento, despreciando las pérdidas por radiación del equipo para un mejor entendimiento del sistema. La relación de este cambio de energía se consigue a través de la Ecuación de Fourier o Ecuación de Diseño (Ec. 9), y que para el sistema planteado en este estudio, puede evaluarse por la ecuación 10.

$$Q = U * A * \Delta T \quad \text{Ec. 9}$$

$$Q = m * C_p * \Delta T \quad \text{Ec. 10}$$

$$\text{Calor que pierde la bebida} = \text{Calor que gana el agua}$$

$$Q_B \quad Q_A$$

$$Q_{mB} * C_{pB} * \Delta T$$

$$Q_{mA} * C_{pA} * \Delta t$$

Con el modelo de intercambio de energía planteado, se procedió a calcular el calor sensible que cederá la bebida para enfriarse a la temperatura planteada (39,2°F).

$$Q_B = 1647,36 \frac{Lb}{h} * 0,0875 \frac{BTU}{Lb} ^\circ F * (203 - 39,2) ^\circ F$$

$$Q_B = 23610,78 \text{ BTU/h}$$

Aplicando el modelo de intercambio de energía, calculamos la temperatura de salida del agua de enfriamiento.

$$23610,78 \frac{\text{BTU}}{\text{h}} = 9240 \frac{\text{Lb}}{\text{h}} * 1,0087 \frac{\text{BTU}}{\text{Lb}}^{\circ}\text{F} * (t_2 - 35,60)^{\circ}\text{F}$$

$$t_2 = 38,13^{\circ}\text{F}$$

Dado que en el sistema las pérdidas de calor por radiación son despreciables, se asumió entonces que el coeficiente total de transferencia de calor (U), el caudal másico (Q_m) y el calor específico (Cp) son constantes en toda la trayectoria y no hay cambios parciales de fase de los fluidos. Por esto, la relación de la diferencia de temperatura (ΔT) entre los fluidos en el sistema a contracorriente debe ser expresada a través de la MEDIA LOGARÍTMICA DE LA DIFERENCIA DE TEMPERATURAS (MLDT), que se obtiene a partir de la siguiente ecuación.

$$MLDT = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln \left(\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} \right)} \quad \text{Ec. 11}$$

Dónde:

$MLDT$ = Media Logarítmica de la Diferencia de Temperatura.

Δt_2 = La mayor diferencia de temperatura entre los fluidos.

Δt_1 = La menor diferencia de temperatura entre los fluidos.

Para la determinación de la MLDT, se procedió a calcular las diferencias de temperatura entre los fluidos en el sistema.

Fluidos Calientes		Fluidos Fríos	
T_1	203 °F	T_2	39,2 °F
t_2	38,1 °F	t_1	35,6 °F
Δt_2	164,8 °F	Δt_1	3,6 °F

Con las diferencias de temperatura, se reemplazan en la ecuación 11 y se obtiene el valor de MLDT.

$$MLDT = \frac{(164,87 - 3,6)^{\circ}\text{F}}{\ln \left(\frac{164,87}{3,6} \right)^{\circ}\text{F}}$$

$$MLDT = 42,17^{\circ}\text{F}$$

Para el cálculo de la capacidad de enfriamiento del equipo, se hace necesario obtener los "Coeficientes Individuales de Película" o simplemente "Coeficientes de Película (h)"; que son una medida del flujo de calor por unidad de superficie y por unidad de diferencia de temperatura. Como estos coeficientes dependen de las características físicas (C_p , K , ρ , μ), temperatura y características de

flujo de cada fluido, se tiene un coeficiente de película para el fluido que corre por el tubo interior (h_i) y un coeficiente para el fluido que corre por el tubo exterior o anulo (h_o).

Para obtener el coeficiente de película interior (h_i), se hizo uso de la gráfica "Curva de Transferencia de Calor, Agua en lo Tubos" (Eagle y Ferguson, 1930) expuesta en el apéndice R; para la cual, se hizo necesario el cálculo previo del "Área de Flujo (A_f)", "Velocidad de Flujo del Fluido en el Tubo Interior (V)" y su "Temperatura Media ($\bar{T}$)" mediante las ecuaciones 12, 13 y 14.

$$A_f = \frac{\pi(\phi i)^2}{4} \quad \text{Ec.12}$$

$$V = \frac{Q_{mA}}{(\rho_A * A_f)} \quad \text{Ec.13}$$

$$\bar{T} = \frac{(t1 + t2)}{2} \quad \text{Ec.14}$$

Dónde:

A_f = Área de flujo del tubo interior.

ϕ_i = Diámetro interior del tubo interior.

V = Velocidad de flujo en el tubo interior.

Q_{mA} = Caudal másico del agua de enfriamiento.

ρ_A = Densidad del agua de enfriamiento.

$\bar{T}$ = Temperatura media del agua de enfriamiento.

t_1 = Temperatura de entrada del agua de enfriamiento.

t_2 = Temperatura de salida del agua de enfriamiento.

Reemplazando los valores de los datos ya obtenidos previamente, se obtuvo los resultados para cada ecuación.

$$A_f = \frac{\pi(1,380 \text{ pulg})^2}{4}$$

$$A_f = 1,50 \text{ pulg}^2$$

$$V = \frac{\left(9240 \frac{\text{Lb}}{\text{h}} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ seg}}\right)}{\left(62,39 \frac{\text{Lb}}{\text{pie}^3} * (1,50 \text{ pulg}^2 * \frac{1 \text{ Pie}^2}{144 \text{ Pulg}^2})\right)}$$

$$V = 3,95 \frac{\text{pie}}{\text{seg}}$$

$$\bar{T} = \frac{(35,60^\circ\text{F} + 38,13^\circ\text{F})}{2}$$

$$\bar{T} = 36,87^\circ\text{F}$$

Con los datos de la velocidad (V) y temperatura media ($\bar{T}$) se ingresa a la gráfica del apéndice R y se obtuvo el valor de hi , el cual debe ser multiplicado por un factor de corrección (f_c) que depende del diámetro interior del tubo en uso.

$$h_i = 695 * f_c$$

$$h_i = 695 * 0,82$$

$$h_i = 569,90 \frac{BTU}{hpie2} ^\circ F$$

Puesto que h_i ha sido determinado para el área de transferencia de calor interna (A_i) y no para el área externa (A_o); esta debe ser corregida obteniendo el "Coeficiente pelicular del fluido interior corregido para el área exterior (h_{io})", el mismo que se obtiene mediante la ecuación 15.

$$h_{io} = h_i \left(\frac{\phi_i}{\phi_o} \right) \quad \text{Ec. 15}$$

Dónde:

h_{io} = Coeficiente de película interior corregido.

h_i = Coeficiente de película interior.

ϕ_i = Diámetro interior del tubo interior.

ϕ_o = Diámetro exterior del tubo interior.

Reemplazando los valores en la ecuación planteada, se obtuvo el valor de h_{io} .

$$h_{io} = 569,90 \frac{BTU}{hpie2} ^\circ F \left(\frac{1,380 \text{ pulg}}{1,66 \text{ pulg}} \right)$$

$$h_{io} = 473,77 \frac{BTU}{hpie2} ^\circ F$$

Para el cálculo del h_o , se hace uso de la gráfica "Curva de Transferencia de calor de Tubos" (Sieder y Tate, 1936) del apéndice S, con la que se obtiene el "Factor de Transferencia de Calor" (J_h) y que representa la correlación de los coeficientes de transferencia de calor tanto para el calentamiento como para el enfriamiento en tubos horizontales y verticales, construyendo la mencionada curva a través de la ecuación 16, la cual con su respectivo despeje; y considerando que la relación entre la viscosidad del fluido interno y la viscosidad del fluido interno a la temperatura de la pared del tubo $(\mu/\mu_w)^{1/4}$ es igual a 1, se consigue la ecuación 17.

$$J_h = \left(\frac{h_o * D_e}{k} \right) \left(\frac{C_p * \mu}{k} \right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14} \quad \text{Ec. 16}$$

$$h_o = j_h * \left(\frac{k}{D_e} \right) \left(\frac{C_p * \mu}{k} \right)^{1/3} \quad \text{Ec. 17}$$

Dónde:

J_h = Factor de transferencia de calor.

k = Conductividad térmica del fluido interior.

D_e = Diámetro equivalente.

C_p = Calor específico del fluido interior.

μ = Viscosidad del fluido interior.

Para el uso de la "Curva de Transferencia de Calor de Tubos", se debió hallar previamente el numero adimensional de Reynolds (**Re**); que se calcula para definir las características de flujo laminar, transición o turbulento de un fluido en una tubería, a través de la ecuación 18 y del "Diámetro Equivalente"(**De**); que se entiende como cuatro veces el valor del "Radio Hidráulico" que es a su vez, el radio de un tubo equivalente a la sección del anulo,²³ y que se calcula a través de la ecuación 19.

$$Re = \frac{(De * V * \rho)}{\mu} \quad \text{Ec.18}$$

$$De = \frac{D_2^2 - D_1^2}{D_1} \quad \text{Ec.19}$$

Dónde:

Re= Numero de Reynolds (adimensional).

De= Diámetro equivalente.

V= Velocidad de flujo en el tubo interior.

ρ= Densidad del fluido interior.

μ= Viscosidad del fluido interior.

D₂= Diámetro interior del tubo exterior.

D₁= Diámetro exterior del tubo interior.

Reemplazando los valores en las ecuaciones planteadas, se obtiene:

$$Re = \frac{(0,253 \text{ pie}) \left(3,95 \frac{\text{pie}}{\text{seg}}\right) \left(62,39 \frac{\text{Lb}}{\text{pie}^3}\right)}{1,0083 \times 10^{-3} \frac{\text{Lb}}{\text{pie} \cdot \text{seg}}}$$

$$Re = 61836,20$$

$$De = \frac{(2,469 \text{ pulg})^2 - (1,380 \text{ pulg})^2}{1,380 \text{ pulg}}$$

$$De = 3,037 \text{ pulg} * \left(\frac{1 \text{ pie}}{12 \text{ pulg}}\right)$$

$$De = 0,253 \text{ pie}$$

Con el valor de Reynolds se ingresa en la gráfica "Curva de Transferencia de Calor de Tubos" del apéndice S y hallamos el valor de J_h .

$$J_h = 170 \frac{\text{BTU}}{\text{hpie}} ^\circ\text{F}$$

Reemplazando los valores en la ecuación 17, se encontró el coeficiente pelicular del anulo (h_o).

$$h_o = 170 \frac{BTU}{hpie} ^\circ F * \left(\frac{0,322 \frac{BTU}{hpie} ^\circ F}{0,253 pie} \right) \left(\frac{1,0087 \frac{BTU}{Lb} ^\circ F * 1,0083 \times 10 - 3 \frac{Lb}{pie} seg}{0,322 \frac{BTU}{hpie} ^\circ F} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$h_o = 31,745 \frac{BTU}{hpie} ^\circ F$$

Generalmente en sistemas compuestos; como el caso de intercambiadores de dos tubos concéntricos, donde el interior es muy delgado, se presentan resistencias de flujo tales como: resistencia de la película del fluido en el tubo, resistencia de la pared del tubo y resistencia de la película del fluido en el anulo. Estas resistencias en sistemas tubulares son convenientemente expresadas como un "Coeficiente Total de Transferencia de Calor" (U) y que despreciando la resistencia de la pared del tubo y considerando los coeficientes peliculares corregido (h_{io}) y del anulo (h_o), esta se conoce como "Coeficiente Total de Transferencia de Calor Limpio" (U_c)²³ y se calcula mediante la ecuación 20.

$$U_c = \frac{h_{io} * h_o}{h_{io} + h_o} \quad \text{Ec. 20}$$

Reemplazando los valores calculados previamente, se obtuvo el U_c .

$$U_c = \frac{473,77 \frac{BTU}{hpie2} ^\circ F * 31,745 \frac{BTU}{hpie2} ^\circ F}{473,77 \frac{BTU}{hpie2} ^\circ F + 31,745 \frac{BTU}{hpie2} ^\circ F}$$

$$U_c = 29,75 \frac{BTU}{hp \cdot e^2} ^\circ F$$

Cuando los equipos de transferencia de calor han estado en servicio por tiempo extendido, se suelen depositar incrustaciones y basura en la parte interior y exterior de las tuberías,²³ las mismas que deben ser consideradas como factores de obstrucción para la transferencia de calor, reduciendo el valor original del "Coeficiente Total de Transferencia de Calor Limpio" (U_c). Para compensar esta eventualidad dentro del cálculo, se suele introducir una resistencia conocida como "Factor de Obstrucción" (R_d); la misma que brinda un nuevo valor de coeficiente total de transferencia de calor, conocido como "Coeficiente Total de Lodos" o "Coeficiente Total de Transferencia de Calor Sucio" (U_D) y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{U_D} = \frac{1}{U_c} + R_d \quad \text{Ec. 21}$$

Para el cálculo del U_D , se consideró un factor de obstrucción R_d igual a 0,003 para "Agua de Compensación sin Tratar" según lo expuesto en la tabla "Factores de Obstrucción" del Apéndice T. Reemplazando los valores en la ecuación 21 se obtiene:

$$\frac{1}{U_D} = \frac{1}{29,75 \frac{BTU}{hpie2} ^\circ F} + 0,003$$

$$U_D = 27,31 \frac{BTU}{hpie2} ^\circ F$$

Como se definió al inicio de este cálculo, la diferencia de temperaturas (ΔT) entre los fluidos del sistema a contracorriente se expresaron a través de su Media Logarítmica de la Diferencia de Temperaturas (**MLDT**); e incluyendo esta junto con el coeficiente total sucio (U_D) en la ecuación 9, se obtiene la Ecuación de Diseño para nuestro sistema (Ecuación 22).

$$Q_s = U_D * A_o * MLDT \quad \text{Ec.22}$$

Dónde:

Q_s = Calor de Intercambio entre los Fluidos del Sistema.

U_D = Coeficiente Total de Transferencia de Calor Sucio.

A_o = Área de Transferencia de Calor.

$MLDT$ = Media Logarítmica de la Diferencia de Temperatura.

Para el cálculo del Q_s , se debió hallar previamente el "Área de Transferencia de Calor" (A_o) mediante la ecuación expuesta a continuación:

$$A_o = \pi * D_o * L \quad \text{Ec.23}$$

Dónde:

A_o = Área de Transferencia de Calor

D_o = Diámetro externo del tubo interior (D_1).

L = Longitud Efectiva del Equipo Intercambiador de Calor.

Reemplazando los valores; con sus respectivas conversiones de unidades y longitud efectiva expresada en el apéndice O, se consigue el A_o .

$$A_o = \pi * (0,1383 \text{ pie}) * (144 \text{ pie})$$

$$A_o = 62,56 \text{ pie}^2$$

Con los valores obtenidos de U_D , A_o y $MLDT$; se reemplaza en la ecuación 22 y se consigue determinar la capacidad de enfriamiento del equipo mediante el cálculo del Q_s .

$$Q_s = \left(27,31 \frac{BTU}{h \text{ pie}^2} \text{ °F} \right) (62,56 \text{ pie}^2) (42,17 \text{ °F})$$

$$Q_s = 72054,29 \frac{BTU}{h}$$

Con el resultado obtenido se pudo confirmar que el equipo intercambiador de calor usado tiene una capacidad de intercambio o captación de calor igual a 72,054.29 BTU/h frente a los 23,610.78 BTU/h que la bebida necesita perder. Dada la gran capacidad que tiene el equipo intercambiador presente en la planta, hace que las diferencias de calor entre los productos que intercambian temperatura sean grandes; por lo que, con el fin de reducir el índice de subutilización del equipo enfriador, se procedió a calcular el flujo o caudal másico del agua de enfriamiento más idóneo para conseguir una reducción de esta diferencia. Así se construyó la tabla 24 que muestra que con un caudal de 2772 Lb/h se obtiene una capacidad de enfriamiento de 26175,35 BTU/h, lo que nos brinda un intercambio óptimo con un mínimo de subutilización del equipo correspondiente al 9,80% respecto del calor que la bebida debe ceder al enfriarse.

TABLA 24.
CAUDALES ENSAYADOS Y SU CAPACIDAD
DE ENFRIAMIENTO.

CAUDAL MASICO AGUA ENFRIAMIENTO (Q_{mA}) (Lb/h)	CAPACIDAD DE ENFRIAMIENTO (Q_s) (BTU/h)
8316	67957,35
6468	59065,89
4620	42554,41
2772	26175,35

CAPÍTULO 4

4. REINGENIERÍA DEL PROCESO

4.1 DESCRIPCIÓN DEL NUEVO PROCESO

El eje central de la propuesta respecto a la reingeniería del proceso consistió fundamentalmente en llevar los procedimientos de cocción de harinas, aditivado de pasta de harinas y lacteado de la pasta aditivada (Chicha Tradicional) de batch a continuo, aumentando la vida útil del producto a un máximo de 15 días a través de la aplicación de un proceso térmico de pasteurización en marmita abierta, enfriamiento instantáneo, envasado aséptico y almacenamiento refrigerado.

A continuación se describen las diferentes etapas del nuevo proceso planteado:

COCCIÓN DE HARINAS.

PESADO.

Iniciamos el proceso productivo con el pesado y mezclado en seco de las harinas de arroz y trigo; debidamente justificado mediante la fórmula óptima hallada, que plantea una dosificación del 3,42% y 1,70% respectivamente para estos ingredientes.

PREHIDRATACIÓN DE HARINAS.

Esta mezcla de cereales es prehidratada con 20% del valor total de agua potable establecida en la formula optima y batida ligeramente en mezcladores de paletas industriales a 20 RPM por 15 minutos para su completa disolución y homogenización.

COCCIÓN DE HARINAS.

La mezcla de harinas es depositada para su cocción en una marmita de doble camisa; con calefacción por aceite térmico, y llevada a la carga total del lote deseado con un 20% adicional del agua de la fórmula. La cocción se realiza a una temperatura máxima de 75°C (167°F) por 43±1 minutos de proceso total o hasta obtener una lectura de consistencia igual a 17±1cm/30seg en una muestra en un equipo "Consistometro de Bostwick".

ADITIVADO.

PREMEZCLA DE ADITIVOS.

Mientras se cumple el proceso de cocción de harinas, se realiza la premezcla de los aditivos; acorde a lo que la fórmula óptima indica, adicionándolos a la mezcla en el mismo orden que en el proceso original y batidos en los mezcladores de paletas industriales a 40 RPM por 15 ± 1 minutos.



FIGURA 4.1 MEZCLADORES INDUSTRIALES DE PALETAS

ADITIVADO Y MEZCLADO.

Una vez cumplido el tiempo de calentamiento de las harinas y su respectiva validación de la correcta cocción de la misma; a través de la lectura de su consistencia, se procede a adicionar la

premezcla de aditivos a la marmita para su cocción y homogenización.

SOLUBILIZACIÓN DE ADITIVADA.

Esta mezcla se procede a solubilizar con el saldo del agua total de la formula (60%) manteniendo su agitación constante a 12 RPM.

COCCIÓN DE ADITIVADA.

Esta mezcla aditivada es cocida en agitación constante a 12 RPM por 34 ± 1 minutos a una temperatura máxima de 70°C (158°F) o hasta hasta obtener una lectura de consistencia igual a $15 \pm 1 \text{ cm/30seg}$ en una muestra en un equipo "Consistometro de Bostwick".

LACTEADO Y PASTEURIZACIÓN.

LACTEADO.

Cumplido el parámetro de consistencia por la aditivada cocida, procedemos a lactear la mezcla; en la dosis planteada por la formula optima, con leche cruda de vaca previamente homogenizada y aprobada por el departamento de control de

calidad como “apta para procesar” según la NTE INEN 0009:2012 LECHE CRUDA. REQUISITOS (Apéndice A).

PASTEURIZACIÓN.

Con el lacteado de la aditivada, se ha adicionado todos los ingredientes de la nueva formula por lo que se procede con el control del proceso de pasteurización de la mezcla, el cual según el estudio térmico realizado debe ser llevado a cabo en 11 minutos con una temperatura inicial de 60°C (140°F) y temperatura máxima de la retorta de 140°C (284°F).

ENFRIAMIENTO Y ENVASADO.

Verificado que los tiempos y temperaturas de pasteurización se hayan cumplido, se procede a enfriar el producto instantáneamente mediante el uso de un intercambiador de calor de tubo en tubo con un flujo de entrada de la bebida de 12,5Kg/min (1647Lb/h) a una temperatura de 98±3°C y flujo de entrada del agua de enfriamiento de 20,9Kg/min (2772Lb/h) a una temperatura de 2±1°C (35,6°F).

El producto es envasado en contenedores de acero inoxidable herméticamente sellados con capacidad de inyección de aire a presión máxima de 80PSI en presentaciones de 10, 12 y 15 Kg.



**FIGURA 4.2 ENVASADO DE
CONTENEDORES**

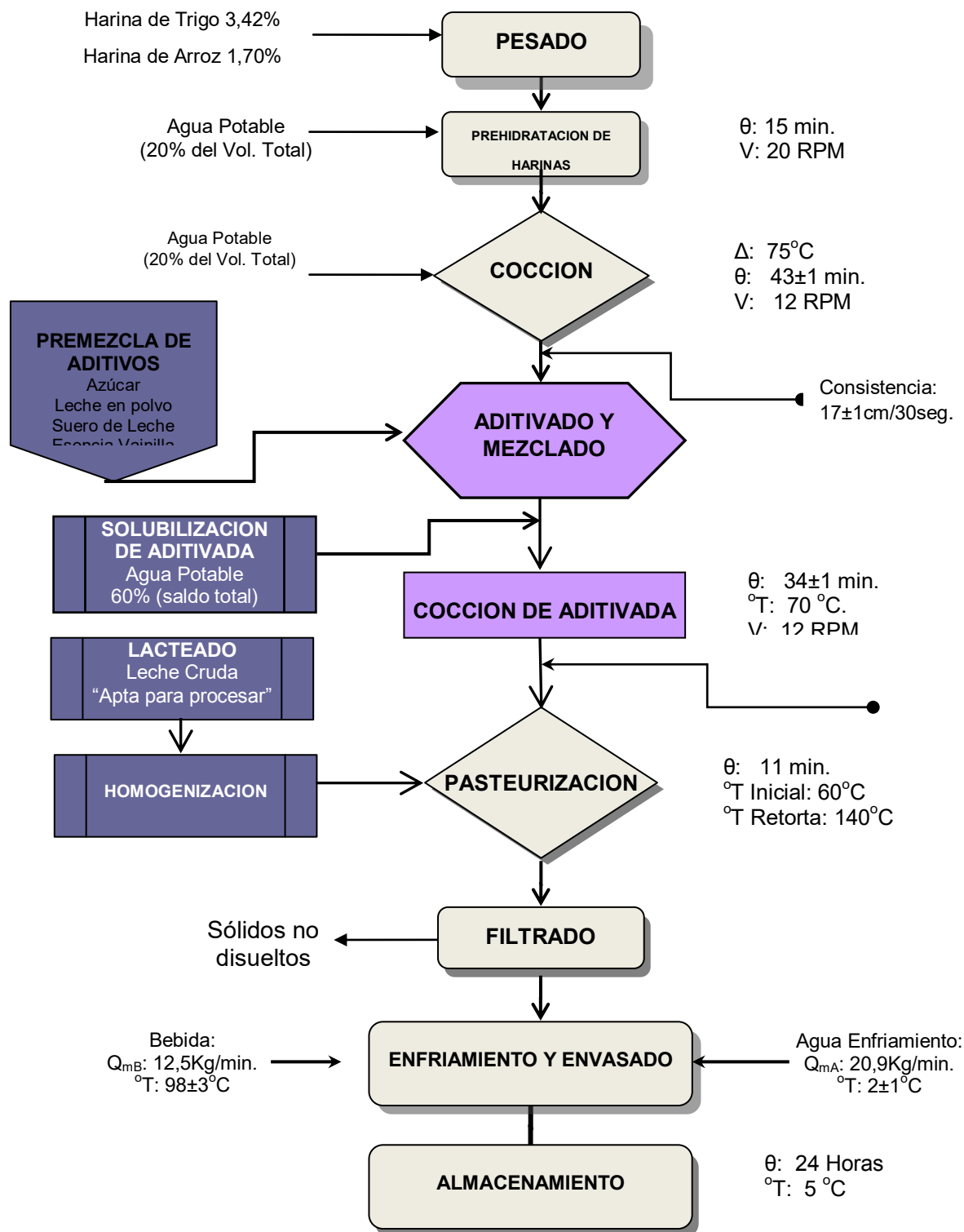
ALMACENADO.

Los contenedores son registrados con su respectivo lote, fecha (de elaboración y vencimiento), peso (bruto y neto), operador responsable y muestreados al azar para la verificación de sus parámetros físico-químicos y microbiológicos. Finalmente son almacenados (cuarentena) en una cámara refrigerada por 24 horas a 5°C hasta su liberación por el departamento de control de calidad.

Los contenedores son despachados según la programación del departamento de ventas mediante una tabla dinámica que convierte las presentaciones de vasos de 8, 10 y 12 Oz proyectados a vender en los puntos a Kilogramos de bebida.

4.2 DIAGRAMA DE FLUJO.

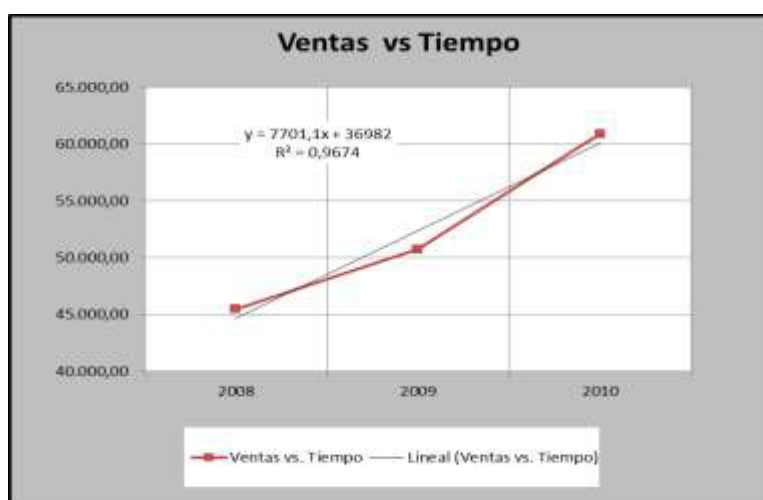
Una vez descrito el nuevo proceso de producción de la Bebida Láctea de Arroz y Trigo Tradicional Pasteurizada, se adjunta el correspondiente Diagrama de Flujo para una mejor visualización del nuevo proceso planteado en el presente trabajo.



**FIGURA 4.3 DIAGRAMA DE FLUJO
CHICHA DE ARROZ Y TRIGO PASTEURIZADA.**

4.3 CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN.

Al ser el presente proyecto; un trabajo de reingeniería industrial real, es necesario para la determinación de la suficiencia en capacidad de producción de la planta y sus equipos, el estimar su demanda proyectada partiendo de datos reales del comportamiento de ventas para los años 2008, 2009 y 2010 del producto Bebida Láctea de Arroz y Trigo Tradicional.



Elaborado por: M. Moreno-G. Narea, 2014.

Figura 4.4

CURVA VENTAS vs TIEMPO

Con estos datos se construye una curva "Ventas (Kg) vs Tiempo" (años), cuya fórmula de la pendiente nos permite proyectar de manera ideal el comportamiento que tendrá nuestra demanda para

los años posteriores. De esta manera, con esta fórmula podemos construir una tabla de la demanda estimada y lotes requeridos por mes; basados en la capacidad instalada actual de 200Kg/Lote, hasta el 2030, la misma que se muestra a continuación.

TABLA 25.

DEMANDA ESTIMADA 2014-2030

	Años	Producción Requerida (Real)(Proyectada)Kg.	Tasa Crecimiento Consumo	Demanda Promedio Mensual (Kg)	# Lotes Requeridos/ mes
2008	1	45.500,00	0,00%	3.791,67	19
2009	2	50.751,83	11,54%	4.229,32	21
2010	3	60.902,20	20,00%	5.075,18	25
2014	7	90.889,70	49,24%	7.574,14	38
2015	8	98.590,80	8,47%	8.215,90	41
2016	9	106.291,90	7,81%	8.857,66	44
2017	10	113.993,00	7,25%	9.499,42	47
2018	11	121.694,10	6,76%	10.141,18	51
2019	12	129.395,20	6,33%	10.782,93	54
2020	13	137.096,30	5,95%	11.424,69	57
2021	14	144.797,40	5,62%	12.066,45	60
2022	15	152.498,50	5,32%	12.708,21	64
2023	16	160.199,60	5,05%	13.349,97	67
2024	17	167.900,70	4,81%	13.991,73	70
2025	18	175.601,80	4,59%	14.633,48	73
2026	19	183.302,90	4,39%	15.275,24	76
2027	20	191.004,00	4,20%	15.917,00	80
2028	21	198.705,10	4,03%	16.558,76	83
2029	22	206.406,20	3,88%	17.200,52	86
2030	23	214.107,30	3,73%	17.842,28	89

Elaborado por: M. Moreno-G. Narea, 2014.

Con las demandas proyectadas establecidas, se procede a comparar la capacidad instalada bajo las condiciones actuales de trabajo y productividad de la planta, para lo cual se construye la siguiente tabla.

TABLA 26.
CONDICIONES DE TRABAJO Y PRODUCTIVIDAD
ACTUALES

Escenario Actual (200Kg/Lote)	
# Horas/Turno	8
# Turnos/día	2
# Turnos Producción/día	1
# Días Producción Promedio/Mes	21
# Semanas Promedio/año	4
# Horas Producción /Lote Bebida Pasteurizada	3.34
# Lotes bebida Pasteurizada /Turno Producción	2.40
Producción estimada(Kg) /Año	122,155.69
Costo de Leche Líquida/Año	\$ 24,307.76

Elaborado por: M. Moreno-G. Narea, 2014.

Analizando las tablas 25 y 26 del presente capítulo, podemos observar que técnicamente la capacidad instalada actual de la planta puede satisfacer la demanda hasta el 2018. Sin embargo, con el fin de brindar una solución integral al proceso de reingeniería, planteando ahorrar costos al utilizar leche cruda en lugar de leche pasteurizada comercialmente empacada, se propone en el presente trabajo aumentar la capacidad instalada de

la planta a 400Kg/Lote mediante la implementación de nuevos equipos tales como: marmita de doble camisa con agitación de superficie raspada, tanque enchaquetado de frío para leche cruda, homogenizador-mezclador de leche y válvula de envasado electrónico.

Con la implementación de estos equipos se puede estimar las nuevas condiciones de trabajo y productividad, las mismas que fueron calculadas a partir de las tablas de demandas proyectadas bajo la capacidad instalada actual y aumentada (Apéndice U) y esta última resumida en la tabla 27.

TABLA 27.
CONDICIONES DE TRABAJO Y PRODUCTIVIDAD
CAPACIDAD AUMENTADA.

Capacidad Aumentada (400Kg/Lote)	
# Horas/Turno	8
# Turnos/día	2
# Turnos Producción /día	1
# Días Producción Promedio/Mes	21
# Semanas Promedio /año	4
# Horas Producción /Lote Bebida Pasteurizada	3.34
# Lotes bebida Pasteurizada /Turno Producción	2.40
Producción estimada(Kg) /Año	244800
Costo de Leche Líquida/Año	\$ 18,943.85

Elaborado por: M. Moreno-G. Narea, 2014.

Al analizar las tablas 25 y 27 se puede observar que los Kilos de productos satisfacen la demanda con la capacidad instalada aumentada; superando totalmente las proyecciones de demanda establecidas, lo que es técnicamente deseable ya que la planta se dedica a la producción de productos adicionales a la bebida láctea objeto de esta reingeniería.

4.4 ESTIMACIÓN DE COSTOS DE INVERSIÓN.

Las inversiones propuestas y los costos derivados de estas se centraran específicamente en los equipos que fueron propuestos en la sección anterior de este capítulo, los cuales permitirán aumentar la capacidad instalada de la planta y con esto satisfacer la demanda proyectada de manera extendida. Estos equipos para cada proceso y sus características se describen a continuación.

TABLA 28.

EQUIPOS PROPUESTOS REINGENIERIA.

EQUIPOS PARA CAPACIDAD INSTALADA AUMENTADA				
PROCESO	EQUIPO	CAPACIDAD	CARACTERISTICAS	PRECIO COTIZADO (\$ USD)
COCCION PASTEURIZACION	MARMITA DE DOBLE CAMISA CON AGITADOR DE SUPERFICIE RASPADA	400 Kg.	Marmita de doble camisa para aceite térmico con agitador de superficie raspada y motoreductor de 0,25HP a velocidad regulable.	\$8736,00
	TANQUE ENCHAQUETADO PARA FRIO EN ACERO INOXIDABLE	200 Kg.	Tanque enchaquetado para refrigerante de acero inoxidable con entrada y salida de 2" y llave de paso de bola.	\$1366,40
LACTEADO	HOMOGENIZADOR DE LECHE DE ALTO CIZALLAMIENTO	0-1500 Litros/h	Homogenizador-mezclador de líquidos de alto cizallamiento en acero inoxidable de capacidad 0-1,5m ³ /h	\$1535,99
	ENVASADO	300 Litros/h	Sistema de envasado de válvula selenoide y control por plataforma con celdas de carga (Contador de peso)	\$924,00

Elaborado por: M. Moreno-G. Narea, 2014.

A través de la tabla 28 se determina que la inversión requerida para el proceso de reingeniería de este proyecto es de \$12,562.39 USD, los mismos que se pueden programar hasta el 2018 que es donde la capacidad instalada actual de la planta sería insuficiente. Las especificaciones técnicas de los equipos propuestos se encuentran enlistadas mediante las cotizaciones expuestas por una empresa ofertante en el apéndice V y la disposición de los mismos en el área de producción de la planta se lo propone a través del lay-out de la figura 4.5.

LAYOUT LINEA DE COCION Y ENVASADO

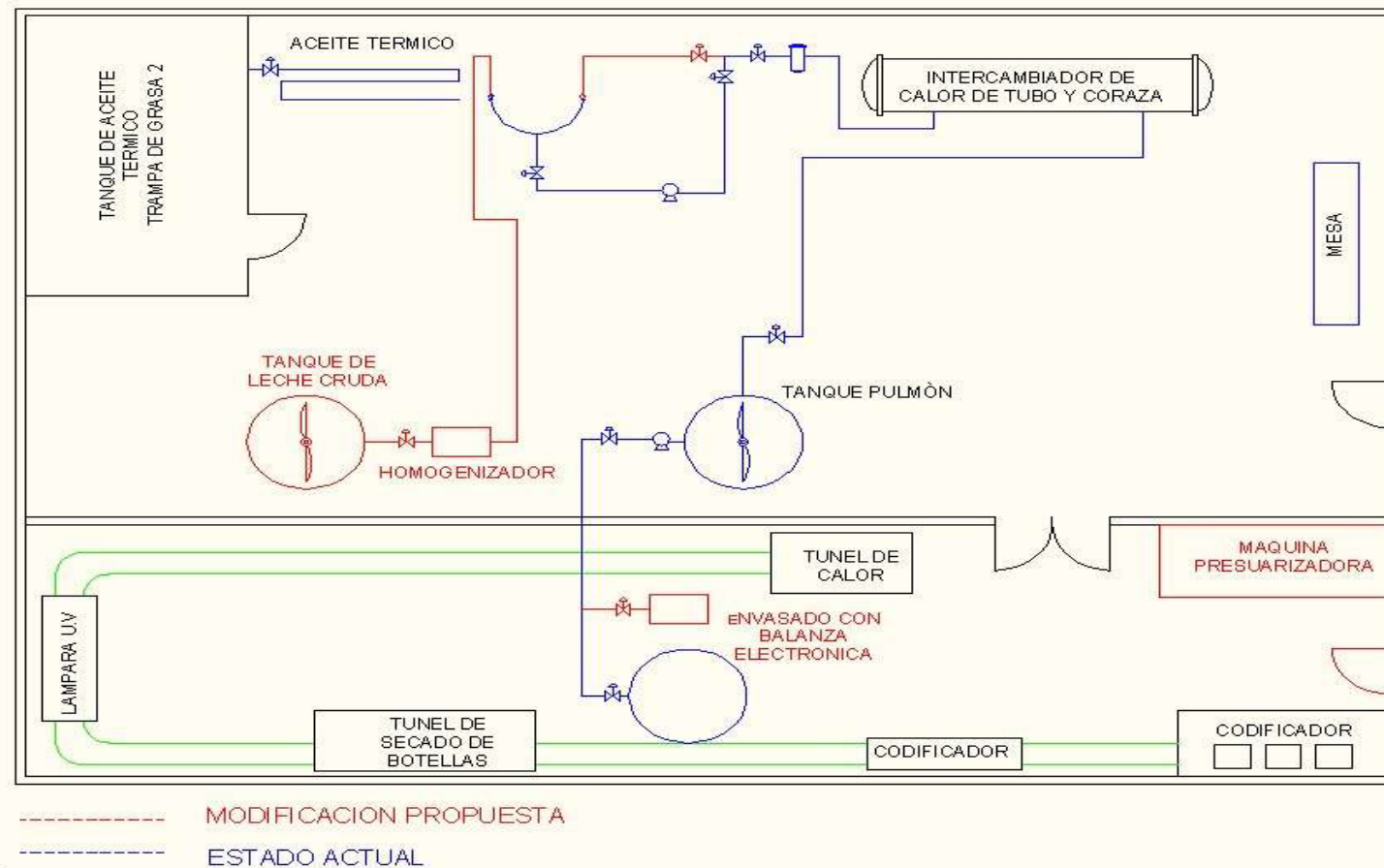


FIGURA 4.5

LAY-OUT PROPUESTO REINGENIERIA.

4.5 RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LA REINGENIERÍA.

Como se planteó al inicio de este proyecto, el propósito general del mismo era el llevar un producto y su proceso de batch a continuo mediante el desarrollo de una fórmula que mantenga las características sensoriales y físico-químicas similares al original, aumentando la vida útil del mismo mediante la aplicación de un proceso térmico de pasteurización y reduciendo los tiempos de procesamiento y disponibilidad de equipos y mano de obra para cada etapa. Los requerimientos de tiempo, equipos y mano de obra de las mencionadas etapas tanto para el proceso original (batch) como para el proceso planteado (continuo) se encuentran descritos de manera comparativa en la tabla 29.

A partir de esta tabla se puede resaltar los principales resultados obtenidos con la aplicación de la reingeniería propuesta tales como:

Reducción de los tiempos de proceso en la etapa de cocción de harinas de 310 minutos a 133 minutos.

Reducción de los tiempos de proceso por la implementación de la etapa de mezcla y cocción de aditivos de 416 minutos a 34 minutos.

Reducción de los tiempos de proceso por la implementación de la etapa de lacteado y pasteurización de 75 minutos a 32 minutos.

Reducción del tiempo de proceso total de 751 minutos a 214 minutos, lo que equivale a una optimización del 71,50% del tiempo del proceso con la reingeniería.

Optimización de la mano de obra con la reducción del número de operadores de 7 a 4 durante el proceso productivo total, con una equivalencia al valor actual de \$12,240.00 USD/año.

Reducción del costo de horas extras para el volumen de producción proyectado de 1,754.3 horas a 0 horas, con una equivalencia al valor actual de la hora laborada de \$ 9,940.81 USD/año, incluso con una ganancia de tiempo para realizar otras actividades.

Optimización del número de equipos usados de 11 a 4 durante el proceso productivo total.

Optimización de los costos por materias primas; al implementar en el proceso de lacteado el uso de leche cruda apta para procesar,

con un ahorro equivalente; al precio actual por litro de leche cruda, de \$ 11,052.64 USD/año.

Reducción de la merma en materia prima de 9,943 Kg a 758 Kg anualmente.

Incremento de la vida útil de la bebida pasteurizada a un máximo de 15 días calendario; bajo refrigeración a temperaturas $\leq 5^{\circ}\text{C}$, en completo cumplimiento de los parámetros físico-químicos y microbiológicos expuestos en las normas usadas como referencias (Apéndice A).

TABLA 29.
TABLA COMPARATIVA DE RESULTADOS
DE LA REINGENIERIA APLICADA

TABLA COMPARATIVA RESULTADOS DE REINGENIERIA APLICADA			
Producción estimada año 2014 90,889.70 Kg.	ESCENARIO BATCH ARTESANAL	ESCENARIO CONTINUO (PASTEURIZADO)	ESCENARIO CAPACIDAD AUMENTADA
Horas requeridas anuales para satisfacer producción	5,594.3	1,517.9	758.9
Horas estimadas anuales para cubrir la demanda	3840	1920	960
Costo por mano de Obra anual	\$ 28,560.00	\$ 16,320.00	\$ 16,320.00
Costo por Horas Extras	\$ 9,940.81	\$ 0.00	\$ 0.00
# Horas a favor anuales para realización de otras actividades	0	402.14	1,161.07
# Equipos Requeridos/Lote	11	7	8
Costo de Leche Liquida/Año	\$ 18,086.14	\$ 18,086.14	\$ 7,033.50
Merma (Kg) Anuales (Desperdicios)	9943.3	758.9	758.9

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con la ejecución del proyecto de reingeniería se puede concluir que se alcanzó el desarrollo de una nueva fórmula que optimiza el consumo de materia prima; reproduciendo la viscosidad de la bebida artesanal, con una importante aceptación organoléptica, y con esta la implementación de un nuevo proceso productivo en línea que optimiza los recursos tanto energéticos como de mano de obra, extendiendo la vida útil de la bebida; por 15 días mínimo bajo refrigeración, a través de la aplicación de un proceso térmico de pasteurización en marmita abierta, diseñado específicamente para el producto y las condiciones actuales de la planta, validando desde el mismo la capacidad de enfriamiento del equipo intercambiador de

tubos de forma instantánea para permitir su inmediato envasado aséptico.

Finalmente, con el nuevo proceso establecido y a través de la proyección de la demanda estimada, se consiguió determinar que la capacidad de producción actual de la planta sería insuficiente a corto plazo, por lo que se propuso la implementación de nuevos equipos de mayor capacidad y su disposición en el área productiva; manteniendo un flujo de procesos continuo, con el fin de satisfacer la demanda de manera extendida y generando con esto una importante reducción de los costos de operación y producción.

Recomendaciones.

Se recomienda la implementación de un sistema de aire purificado, el mismo que garantice la inocuidad del producto al momento de ser inyectado en los contenedores.

Es importante que el proceso de aumento de capacidad instalada propuesto en el presente proyecto se lleve a cabo para no tener problemas de insatisfacción de demanda posteriores al 2018.

Una vez que se implementen los equipos en el proceso de aumento de capacidad instalada, se recomienda revalidar el estudio térmico efectuado en este proyecto con los nuevos equipos.

APÉNDICES

APÉNDICE A
NORMAS TÉCNICAS ADOPTADAS

NORMA	PRODUCTO
NORMA TECNICA COVENIN 2300-93	HARINA DE ARROZ 1era REVISION.
NORMA TECNICA ECUATORIANA INEN 0616:16	HARINA DE TRIGO. REQUISITOS.
NORMA TECNICA ECUATORIANA INEN 2585:2011	SUERO DE LECHE EN POLVO. REQUISITOS.
NORMA TECNICA ECUATORIANA INEN 0298:2011	LECHES EN POLVO Y CREMA EN POLVO. REQUISITOS.
NORMA TECNICA ECUATORIANA INEN 0009:2012	LECHE CRUDA. REQUISITOS.
NORMA TECNICA ECUATORIANA INEN 0010:2012	LECHE PASTEURIZADA. REQUISITOS.

NORMA	PRODUCTO
NORMA TECNICA ECUATORIANA INEN 2564:2011	BEBIDAS LACTEAS. REQUISITOS.
NORMA TECNICA ECUATORIANA INEN 1334-2:2011	ROTULADO DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS PARA CONSUMO HUMANO. PARTE 2. ROTULADO NUTRICIONAL. REQUISITOS.
NORMA CODEX STAN 074:1981 REV.1 - 2006	NORMA CODEX PARA ALIMENTOS ELABORADOS A BASE DE CEREALES PARA LACTANTES Y NINOS PEQUENOS

APÉNDICE B
TABLA DE COMPOSICION NUTRICIONAL CHICHA DE ARROZ
ECUADOR.

COMPOSICIÓN NUTRICIONAL					
Base de Datos Internacional de Composición de Alimentos					
CHICHA DE ARROZ					
Ecuador					
Por 100 gramos:					
Nutrientes	Cantidad	Nutrientes	Cantidad	Nutrientes	Cantidad
Energía	32	Fibra (g)	0.10	Vitamina C (mg)	0
Proteína	0.20	Calcio (mg)	17	Vitamina D (µg)	-
Grasa Total (g)	0	Hierro (mg)	0.40	Vitamina E (mg)	0
Colesterol (mg)	-	Yodo (µg)	-	Vitam. B12 (µg)	-
Glúcidos	8.30	Vitamina A (mg)	0	Folato (µg)	0

Fuente: Base de datos internacional de composición de alimentos. Chicha de arroz, Ecuador. FUNIBER.

APENDICE C
MATRIZ ORDENADA DE EXPERIMENTOS

EXPERIMENTOS	NIVELES			RESULTADOS VISCOSIDAD
	%H.A	%H.T	%L.p	cPs
V1	1	1	1	222.14
V2	1	1	1	219.25
V3	1	1	-1	203.15
V4	1	1	-1	208.67
V5	1	-1	1	171.56
V6	1	-1	1	168.87
V7	1	-1	-1	171.05
V8	1	-1	-1	169.80
V9	-1	1	1	149.70
V10	-1	1	1	149.38
V11	-1	1	-1	146.73
V12	-1	1	-1	147.15
V13	-1	-1	1	136.11
V14	-1	-1	1	136.43
V15	-1	-1	-1	130.68
V16	-1	-1	-1	131.01

Elaborado por: Miguel Moreno-Geovanni Narea, 2014.

APENDICE D

FICHAS DE RESPUESTA PRUEBA TRIANGULAR Y PREFERENCIA.

RESULTADOS EVALUACION SENSORIAL					
ASUNTO	Prueba de Comparacion por Pares				
Producto	Bebida Tradicional Pasteurizada Comelius				
Hoja de Respuestas:					
Nombre:					
Area:					
Fecha:			Hora:		
Instrucciones					
Frente a usted tiene una muestra patron marcada como P y 2 muestras codificadas aleatoriamente. Una muestra con codigo aleatorio es Identica a P y la otra diferente. Cual de las muestras codificadas aleatoriamente es diferente a P.?					
	Muestras		Registre la Diferente		
	557				
	248		_____		
	Patron (P)				
De las muestras codificada aleatoriamente, seleccione su preferida					
		Codigo			

Comentarios: _____					

Nota: Pruebe las muestras enfrentandolas a la muestra patron cuntas veces sea necesario					

APENDICE E
CUADROS DE RESPUESTA
PRUEBA TRIANGULAR Y PREFERENCIA.

TABLA DE RESPUESTAS PRUEBA TRIANGULAR					
	CORRIDA 1	CORRIDA 2	CORRIDA 3	RESULTADOS	
PANELISTA	DIFERENTE	DIFERENTE	DIFERENTE	ACIERTOS	ERRORES
1	657	783	579	3	0
2	657	783	786	2	1
3	657	783	579	3	0
4	248	783	786	1	2
5	248	965	786	0	3
6	248	965	579	1	2
7	657	965	579	2	1
8	248	965	579	1	2
9	657	965	786	1	2
10	657	783	786	2	1
TOTAL				16	14

TABLA DE ASIGNACION DE CODIGOS CON MUESTRAS		
	COMBINACION DE MUESTRAS	
	CODIGOS ASIGNADOS	
# CORRIDAS	BD	BT
CORRIDA 1	657	248
CORRIDA 2	783	965
CORRIDA 3	579	786

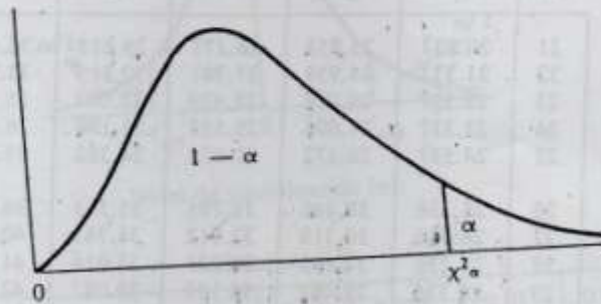
TABLA DE RESPUESTAS PREFERENCIA					
	CORRIDA 1	CORRIDA 2	CORRIDA 3	RESULTADOS	
PANELISTA	PREFERIDA	PREFERIDA	PREFERIDA	Aciertos	Errores
1	657	783	579	3	0
2	657	783	579	3	0
3	248	783	786	1	2
4	248	965	786	0	3
5	657	783	579	3	0
6	248	783	579	2	1
7	657	783	786	2	1
8	248	965	579	1	2
9	657	783	579	3	0
10	248	965	579	1	2
TOTAL				19	11

APENDICE F
JUICIOS CORRECTOS PARA PRUEBA TRIANGULAR

PRUEBA TRIANGULAR			
NUMERO DE RESPUESTAS CORRECTAS NECESARIAS PARA ESTABLECER SIGNIFICANCIAS			
NUMERO DE PROBADORES	MARGENES DE CONFIANZA (5, 1 ó 0.1 POSIBILIDADES SOBRE 100 PARA EQUIVOCARSE EN LA INTERPRETACION		
	5%	1%	0.1%
26	14	15	17
27	14	16	18
28	15	16	18
29	15	17	19
30	15	17	19
31	16	18	20
32	16	18	20
33	17	18	21
34	17	19	21
35	17	19	22
36	18	20	22
37	18	20	22
38	19	21	23
39	19	21	23
40	19	21	24
41	20	22	24
42	20	23	25
43	21	23	25
44	21	23	25
45	22	24	26
46	22	24	26
47	23	24	27
48	23	25	27
49	23	25	28
50	24	26	28

APENDICE G **TABLA VALORES CRITICOS PARA JI CUADRADA.**

TABLA B. Valores críticos para Ji-cuadrada*



Nivel de Significancia (α):

g.l.	Una Cola							
	0.25	0.15	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005	0.0005
	Dos Colas							
	0.50	0.30	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.001
1	0.455	1.074	1.642	2.706	3.841	5.412	6.635	10.827
2	1.386	2.408	3.219	4.605	5.991	7.824	9.210	13.815
3	2.366	3.665	4.642	6.251	7.815	9.837	11.345	16.266
4	3.357	4.878	5.989	7.779	9.488	11.668	13.277	18.467
5	4.351	6.064	7.289	9.236	11.070	13.388	15.086	20.515
6	5.348	7.231	8.558	10.645	12.592	15.033	16.812	22.457
7	6.346	8.383	9.803	12.017	14.067	16.622	18.475	24.322
8	7.344	9.524	11.030	13.362	15.507	18.168	20.090	26.125
9	8.343	10.656	12.242	14.684	16.919	19.679	21.666	27.877
10	9.342	11.781	13.442	15.987	18.307	21.161	23.209	29.588
11	10.341	12.899	14.631	17.275	19.675	22.618	24.725	31.264
12	11.340	14.011	15.812	18.549	21.026	24.054	26.217	32.909
13	12.340	15.119	16.985	19.812	22.362	25.472	27.688	34.528
14	13.339	16.222	18.151	21.064	23.685	26.873	29.141	36.123
15	14.339	17.322	19.311	22.307	24.996	28.259	30.578	37.697
16	15.338	18.418	20.465	23.542	26.296	29.633	32.000	39.252
17	16.338	19.511	21.615	24.769	27.587	30.995	33.409	40.790
18	17.338	20.601	22.760	25.989	28.869	32.346	34.805	42.312
19	18.338	21.689	23.900	27.204	30.144	33.687	36.191	43.820
20	19.337	22.775	25.038	28.412	31.410	35.020	37.566	45.315

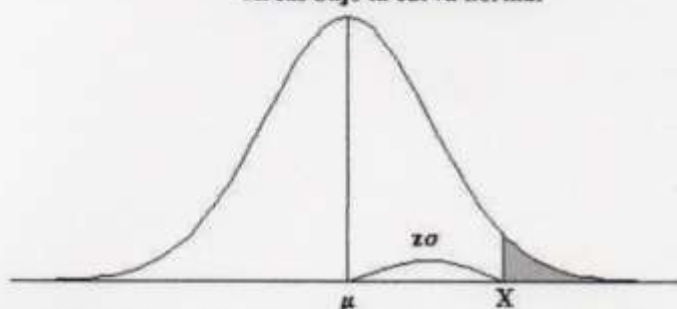
Continúa

APENDICE H

TABLA DISTRIBUCION NORMAL ESTANDAR (z)

TABLA 1: DISTRIBUCIÓN NORMAL

Áreas bajo la curva normal



Ejemplo:

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

$$P[Z > 1] = 0.1587$$

$$P[Z > 1.96] = 0.0250$$

Dev. normal x	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.4960	0.4920	0.4880	0.4840	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681	0.4641
0.1	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4404	0.4364	0.4325	0.4286	0.4247
0.2	0.4207	0.4168	0.4129	0.4090	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897	0.3859
0.3	0.3821	0.3783	0.3745	0.3707	0.3669	0.3632	0.3594	0.3557	0.3520	0.3483
0.4	0.3446	0.3409	0.3372	0.3336	0.3300	0.3264	0.3228	0.3192	0.3156	0.3121
0.5	0.3085	0.3050	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.2810	0.2776
0.6	0.2743	0.2709	0.2676	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2483	0.2451
0.7	0.2420	0.2389	0.2358	0.2327	0.2296	0.2266	0.2236	0.2206	0.2177	0.2148
0.8	0.2119	0.2090	0.2061	0.2033	0.2005	0.1977	0.1949	0.1922	0.1894	0.1867
0.9	0.1841	0.1814	0.1788	0.1762	0.1735	0.1711	0.1685	0.1660	0.1635	0.1611
1.0	0.1587	0.1562	0.1539	0.1515	0.1492	0.1469	0.1446	0.1423	0.1401	0.1379
1.1	0.1357	0.1335	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.1230	0.1210	0.1190	0.1170
1.2	0.1151	0.1131	0.1112	0.1093	0.1075	0.1056	0.1038	0.1020	0.1003	0.0985
1.3	0.0968	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0838	0.0823
1.4	0.0808	0.0793	0.0778	0.0764	0.0749	0.0735	0.0721	0.0708	0.0694	0.0681
1.5	0.0668	0.0655	0.0643	0.0630	0.0618	0.0606	0.0594	0.0582	0.0571	0.0559
1.6	0.0548	0.0537	0.0526	0.0516	0.0505	0.0495	0.0485	0.0475	0.0465	0.0455
1.7	0.0446	0.0436	0.0427	0.0418	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0375	0.0367
1.8	0.0359	0.0351	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0301	0.0294
1.9	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0256	0.0250	0.0244	0.0239	0.0233
2.0	0.0228	0.0222	0.0217	0.0212	0.0207	0.0202	0.0197	0.0192	0.0188	0.0183
2.1	0.0179	0.0174	0.0170	0.0166	0.0162	0.0158	0.0154	0.0150	0.0146	0.0143
2.2	0.0139	0.0136	0.0132	0.0129	0.0125	0.0122	0.0119	0.0116	0.0113	0.0110
2.3	0.0107	0.0104	0.0102	0.0099	0.0096	0.0094	0.0091	0.0089	0.0087	0.0084
2.4	0.0082	0.0080	0.0078	0.0075	0.0073	0.0071	0.0069	0.0068	0.0066	0.0064
2.5	0.0062	0.0060	0.0059	0.0057	0.0055	0.0054	0.0052	0.0051	0.0049	0.0048
2.6	0.0047	0.0045	0.0044	0.0043	0.0041	0.0040	0.0039	0.0038	0.0037	0.0036
2.7	0.0035	0.0034	0.0033	0.0032	0.0031	0.0030	0.0029	0.0028	0.0027	0.0026
2.8	0.0026	0.0025	0.0024	0.0023	0.0023	0.0022	0.0021	0.0021	0.0020	0.0019
2.9	0.0019	0.0018	0.0018	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014
3.0	0.0013	0.0013	0.0013	0.0012	0.0012	0.0011	0.0011	0.0011	0.0010	0.0010

APENDICE I

TABLA DE SIGNIFICANCIA TRIANGULAR

TABLA F.3. Número mínimo de juicios correctos para establecer significancia a varios niveles de probabilidad para pruebas triangulares (una cola, $p = 1/3$)^{*}.

Núm. de ensayos (n)	Niveles de probabilidad α						
	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01	0.005	0.001
5	4	5	5	5	5	5	
6	5	5	5	5	6	6	
7	5	6	6	6	6	7	7
8	6	6	6	6	7	7	8
9	6	7	7	7	7	8	8
10	7	7	7	7	8	8	9
11	7	7	8	8	8	9	10
12	8	8	8	8	9	9	10
13	8	8	9	9	9	10	11
14	9	9	9	9	10	10	11
15	9	9	10	10	10	11	12
16	9	10	10	10	11	11	12
17	10	10	10	11	11	12	13
18	10	11	11	11	12	12	13
19	11	11	11	12	12	13	14
20	11	11	12	12	13	13	14
21	12	12	12	13	13	14	15
22	12	12	13	13	14	14	15
23	12	13	13	13	14	15	16
24	13	13	13	14	15	15	16
25	13	14	14	14	15	16	17
26	14	14	14	15	15	16	17
27	14	14	15	15	16	17	18
28	15	15	15	16	16	17	18
29	15	15	16	16	17	17	19
30	15	16	16	16	17	18	19
31	16	16	16	17	18	18	20
32	16	16	17	17	18	19	20
33	17	17	17	18	18	19	21
34	17	17	18	18	19	20	21
35	17	18	18	19	19	20	22
36	18	18	18	19	20	20	22
37	18	18	19	19	20	21	22

Continúa

^{*} Valores (s) que no aparezcan en esta tabla pueden calcularse de:
 $s = 0.4714 z \sqrt{n} + [(2n + 3) / 5]$

APENDICE J
DATOS DEL PROCESO TERMICO

	Hora diaria	θ Transcurrido	θ Acumulado	Δ Tiempo Acumulado (min)	Temperatura 20cm (oC)	Temperatura 20cm (oF)	Lectura Consistometro (cm/30seg)	Tiempo de Proceso/Etapa (min)
Coccion Harinas	12:24	0:00	0:00		50	122		
	12:27	0:03	0:03		58	136,4		
	12:33	0:06	0:09		60	140		
	12:39	0:06	0:15		65	149	10,4	
	12:47	0:08	0:23		64	147,2		
	12:53	0:06	0:29		68	154,4	10,8	
	13:02	0:09	0:38		73	163,4		
	13:07	0:05	0:43		75	167	16,5	0:43
Mezcla Aditivos	13:08	0:01	0:44					
	13:12	0:04	0:48		63	145,4		
	13:27	0:15	1:03		67	152,6		
	13:42	0:15	1:18		69	156,2	15,0	0:34
	13:45	0:03	1:21					
Pasteurización (Leche Entera cruda)	13:45	0:00	1:21	0:00	40	104		
	13:48	0:03	1:24	0:03	48	118,4		
	13:51	0:03	1:27	0:06	52	125,6		
	13:54	0:03	1:30	0:09	56	132,8		
	13:57	0:03	1:33	0:12	60	140		
	14:00	0:03	1:36	0:15	64	147,2		
	14:03	0:03	1:39	0:18	72	161,6		
	14:06	0:03	1:42	0:21	84	183,2		
	14:09	0:03	1:45	0:24	98	208,4		
	14:12	0:03	1:48	0:27	118	244,4		0:27

APENDICE K **GUIA PROCEDIMIENTO DE ANALISIS** **DETERMINACION DE POTENCIAL HIDROGENO (pH).**

	MANUAL DE CALIDAD GUIA PROCEDIMIENTOS DE ANALISIS	CÓDIGO:	MC/SP-AFQ-A02
		REVISION:	18-05-08
		FECHA:	18-05-08
		PAGINA:	1
ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD		DETERMINACION DE POTENCIAL HIDROGENO (pH)	

1. **Objetivo:** Determinar el valor de potencial de Hidrógeno o concentración de hidrogeniones de una muestra para calificarla como ácida, básica o neutra al sumergir el electrodo de un pHmetro calibrado en dicha muestra y registrar el valor.

Fundamento: Este método se basa en que al introducir en una muestra, una celda electrolítica compuesta por 2 electrodos que desarrollan un voltaje que es proporcional a la concentración de iones hidrogeno presentes en la muestra, la cual es expresada en unidades de pH.

Valores de pH:

El valor 7 es un pH neutro.

Valores inferiores de 7 se catalogan como ácidos.

Valores superiores de 7 se catalogan como básicos.

2. **Alcance**

Aplica a la materia prima y producto terminado.

Materiales:

- pHmetro con soluciones buffer de pH 4 y 7
- Piceta de 100 ml
- Vaso de precipitación de 200 ml
- Balanza semianalitica de precisión de 0,1g.
- Papel filtro para filtración rápida.
- Pipeta volumetrica
- Agua destilada

3. **Procedimiento:**

a. Preparación de la muestra.

Alimentos líquidos: Se toman 50cm³ de muestra, se homogeniza y atempera 25°C.

Alimentos sólidos o semisólidos: Se pesan 10g. de muestra en un vaso de precipitación de 200ml., y se le agrega 90ml de agua destilada libre de CO₂, se homogeniza la suspensión hasta que quede libre de grumos. Se filtra la suspensión y se atempera a 25°C.

b. Determinación:

- Calibrar el pHmetro con soluciones buffer pH 4 y pH 7 con agua destilada.

	MANUAL DE CALIDAD GUIA PROCEDIMIENTOS DE ANALISIS	CÓDIGO:	MC/GP-AFQ-A02
		REVISION:	18-05-09
		FECHA:	18-05-09
		PAGINA:	1
ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD		DETERMINACION DE POTENCIAL HIDROGENO (pH)	

- Antes de pesar la muestra homogenizarla bien. Si es una muestra sólida, triturarla bien en un mortero.
- Tomar 50cm³ de muestra líquida, homogenizarla y atemperarla a 20oC±3oC
- Homogenizar bien la muestra.
- Introducir el electrodo en la muestra y registrar la lectura. Anotarla.
- Reportar este valor como pH de la muestra.

Calibración del pHmetro:

- Lavar el electrodo con agua destilada esparcida desde una piqueta.
- Secar con papel toalla el electrodo.
- Introducir el electrodo en la solución buffer con pH 4.
- Tomar la lectura en el momento que el equipo marque "READY"
- Lavar con agua destilada el electrodo.
- Secar el electrodo.
- Introducir el electrodo a la solución buffer con pH 7.
- Tomar la lectura en el momento que el equipo marque "READY"
- Lavar el electrodo con agua destilada.
- Secar el electrodo.
- Proceder a la toma del pH de la muestra.

4. Referencias.

- Norma COVENIN 1315-79 Determinación del pH (Acidez Iónica).

APENDICE L GUIA DE PROCEDIMIENTOS DE ANALISIS METODO RAPIDO PARA RECuento DE AEROBIOS TOTALES

	MANUAL DE CALIDAD GUIA PROCEDIMIENTOS DE ANALISIS	CÓDIGO:	MC/GP-AMB- B01
		REVISION:	18-05-09
		FECHA:	18-05-09
		PAGINA:	1
ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD	"DETERMINACION DE AEROBIOS" METODO RAPIDO PARA RECuento DE AEROBIOS TOTALES		

1. Objetivo: Determinar el número de aerobios totales presentes en el producto terminado y medio ambiente a fin de mantener o disminuir la presencia de estos microorganismos a lo largo de toda la cadena de producción.

2. Alcance

Aplica a todas las áreas para monitoreo ambiental así como también al producto terminado.

3. Procedimiento

3.1 Muestreo Ambiental

- Limpiar y desinfectar la superficie de trabajo.
- Colocar sobre una superficie plana y lisa la Placa Petrifilm™ para Recuento de Aerobios Totales.
- Hidratación de placa
 - Adicionar 1ml de agua estéril o agua de peptona sobre la Placa Petrifilm™ para recuento de Aerobios Totales.
 - Colocar el dispersor plástico sobre la placa.
 - Esperar que solidifique el gel (aprox. 15min).
 - Exponer la placa en el ambiente a monitorear durante 15-20 min.
- Incubación
 - Incubar por 48h±2h a 35±1°C.
- Interpretación
 - Reportar y registrar resultados según los estándares establecidos para las respectivas acciones.

	MANUAL DE CALIDAD GUIA PROCEDIMIENTOS DE ANALISIS	CÓDIGO:	MC/OP-AMB-B01
		REVISION:	18-05-09
		FECHA:	18-05-09
		PAGINA:	1
ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD	"DETERMINACION DE AEROBIOS" METODO RAPIDO PARA RECuento DE AEROBIOS TOTALES		

3.2 Producto Terminado

- Limpiar y desinfectar la superficie de trabajo.
- Colocar sobre una superficie plana y lisa la Placa Petrifilm™ para Recuento de Aerobios Totales.
- Preparación de la muestra
 - Pesar 10gr de muestra en 90ml de agua estéril o peptona (dilución 10^{-1}).
 - Agitar vigorosamente por 1 min.
 - * No usar tampones que contengan citrato de sodio o tiosulfato.
- Inoculación
 - Tomar 1ml de la dilución 10^{-1} y dispensar sobre la Placa Petrifilm™ para Recuento de Aerobios Totales.
 - Colocar el dispersor plástico sobre la placa.
 - Esperar que solidifique el gel (aprox. 15min).
- Incubación
 - Incubar por 48 ± 3 h a $32 \pm 1^{\circ}\text{C}$
- Interpretación
 - Reportar las colonias rojo-violetas como ufc/ml de aerobios totales.
 - Registrar y reportar los resultados según los estándares permitidos establecidos, para tomar las acciones respectivas.
 - Ejemplo: (# microorganismos $\times 10^{-1}$) $1 \times 10 = 10\text{ufc/ml}$
 - En caso de tener lecturas por encima de 300ufc/placa, adicionar 1ml de la primera dilución 10^{-1} dentro de un tubo de ensayo con 90ml de agua de peptona o solución estéril dilución 10^{-2} y proceder con la inoculación.

	MANUAL DE CALIDAD GUIA PROCEDIMIENTOS DE ANALISIS	CÓDIGO:	MC/OP-AMB- B01
		REVISION:	18-05-00
		FECHA:	18-05-00
		PAGINA:	1
ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD	"DETERMINACION DE AEROBIOS" METODO RAPIDO PARA RECuento DE AEROBIOS TOTALES		

4. Referencias

- AOAC® Método Oficial 986.33 - Incubar $48h \pm 3h$ at $32^{\circ}C \pm 1^{\circ}C$
- AFNOR Metodo Validado. 3M 01/1-09/89 - Incubado $72h \pm 3h$ at $30^{\circ}C \pm 1^{\circ}C$
- Referirse a los anexos y hojas técnicas

APENDICE M **GUIA DE PROCEDIMIENTOS DE ANALISIS** **METODO PARA RECUENTO DE E.COLI/COLIFORMES**

	MANUAL DE CALIDAD GUIA PROCEDIMIENTOS DE ANALISIS	CÓDIGO:	MC/IGP-A/MB- B02
		REVISIÓN:	18-05-09
		FECHA:	18-05-09
		PÁGINA:	1
ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD	"DETERMINACION DE E.COLI/COLIFORMES TOTALES" METODO PARA RECUENTO DE E.COLI/COLIFORMES TOTALES		

1. Objeto: Determinar el número de *E.Coli/Coliformes Totales* presentes en el producto terminado con el fin de liberar o rechazar un lote de producción y ejecutar un control en la incidencia de estos microorganismos.

2. Alcance

Aplica al producto terminado y /o materias primas de relación directa con el mismo.

3. Procedimiento

3.1 Producto Terminado

- Limpiar y desinfectar la superficie de trabajo.
- Colocar sobre una superficie plana y lisa la Placa Petrifilm™ para Recuento de Coliformes (Placa Petrifilm EC).
- Preparación de la muestra
 - Pesar 10gr de muestra en 10ml de agua de peptona o solución estéril. (dilución 1:1).
 - Agitar vigorosamente por 1 min.
 - * No usar tampones que contengan citrato bisulfito o tiosulfato de sodio.
- Inoculación
 - Tomar 1ml de la primera dilución 1:1 e inocular sobre la Placa Petrifilm™ para Recuento de Coliformes EC.
 - Colocar suavemente el dispersor plástico sobre la placa.
 - Esperar que solidifique el gel (aprox. 15min).
- Incubación
 - Incubar por 24h ± 2h a 35±1° C. (para la determinación de coliformes totales).
 - Incubar por 48h ± 2h a 35±1° C. (para la determinación de *E. Coli*).
- Interpretación
 - Reportar las colonias rojo-violetas con formación de gas como ufc/ml de coliformes.

	MANUAL DE CALIDAD GUÍA PROCEDIMIENTOS DE ANALISIS	CÓDIGO:	MC/OP-AMB- B02
		REVISIÓN:	18-05-09
		FECHA:	18-05-09
		PÁGINA:	1
ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD	DETERMINACION DE E.COLI/COLIFORMES TOTALES™ METODO PARA RECuento DE E.COLI/COLIFORMES TOTALES		

- Reportar las colonias azules, azules-rojizas con formación de gas como ufc/ml de E.Coli.
- Registrar y reportar los resultados según los estándares permitidos establecidos, para tomar las acciones respectivas.
- En caso de tener lecturas por encima de 150ufc/placa, adicionar 1ml de la primera dilución 1:1 dentro de un tubo de ensayo con 90ml de agua de peptona o solución estéril dilución 10⁻¹ y proceder con la inoculación.
- Los resultados se registraran tomando en cuenta el factor de dilución aplicado.

3. Referencias

Los tiempos de incubación varían de acuerdo al método aprobado:

Coliformes Totales

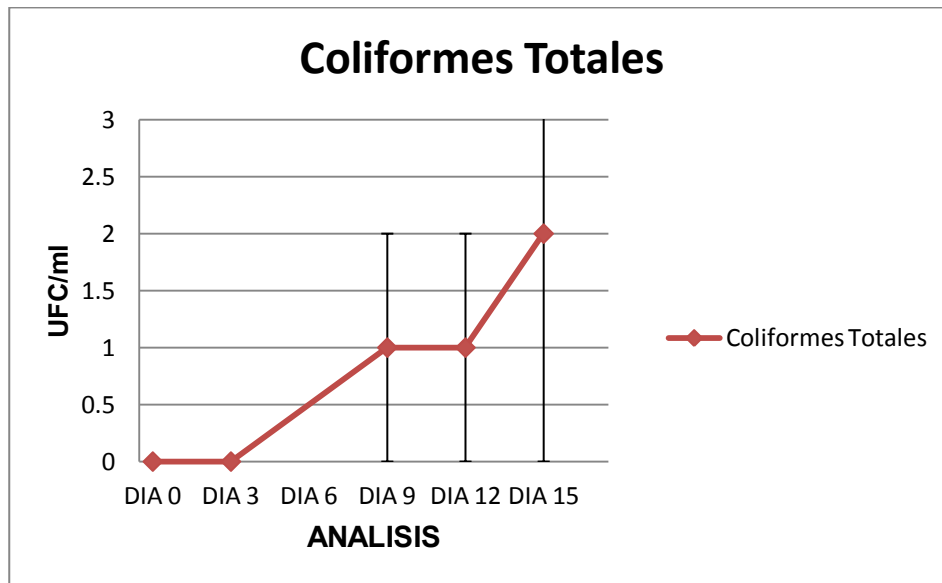
- AOAC Official Method 991.14 (foods): Incubate 24h ± 2h at 35°C ± 1°C.
- AFNOR validated methods 3M 01/2 - 09/89A and B (all food types except shellfish): Incubate 24h ± 2h at 30°C ± 1°C.

E.Coli

- AOAC Official Method 991.14 (foods): Incubate 48h ± 2h at 35°C ± 1°C.
- NMKL Official Method 147.1993 Incubate 48h ± 2h at 37°C ± 1°C.

- Referirse a los anexos y hojas técnicas

ÁPENDICE N
CURVA DE CRECIAMIENTO COLIFORMES TOTALES/E.COLI



ÁPENDICE O
ESPECIFICACIONES TECNICAS EQUIPO INTERCAMBIADOR
DE TUBO EN TUBO TIPO HORQUILLA (2 PASOS)
A CONTRACORRIENTE.

ESPECIFICACION		VALOR	UNIDAD
Tamaño Nominal de la Camisa (tubo exterior)		2 ½	Pulg.
	Material Construcción	Acero Inox. AISI 304	Estándar
	Caudal Max.	70	Kg/min.
	Diámetro Externo	2,88	Pulg.
	Diámetro Interno	2,469	Pulg.
	Área de Flujo/Tubo	4,79	Pulg ² .
Tamaño Nominal Tubo (Interior)		1 ¼	Pulg.
	Material Construcción	Acero Inox. AISI 316L	Estándar
	Caudal Max.	25	Kg/min.
	Diámetro Externo	1,66	Pulg.
	Diámetro Interno	1,380	Pulg.
	Área de Flujo/Tubo	1,50	Pulg ² .
Longitud Efectiva/Tubo		12	Pie.
Superficie Total Transferencia de Calor		144	Pie.



APENDICE P
TABLA DE PROPIEDADES TERMOFISICAS
DE GASES Y LIQUIDOS.

T (°F)	ρ (lb _m /ft ³)	c_p (Btu/lb _m ·°F)	$\mu \times 10^{-5}$ (lb _m /ft sec)	$\nu \times 10^{-3}$ (ft ² /sec)	k (Btu/hr ft °F)	α (ft ² /hr)	Pr	$\beta \times 10^{-3}$ (1/°F)	$g\beta\rho^2/\mu^2$ (1/°F ft ³)
STEAM									
212	0.0372	0.493	0.86	0.234	0.0145	0.794	1.06	1.49	0.873×10^5
250	0.35	0.483	0.89	0.254	0.0155	0.92	0.994	1.41	0.698 "
300	0.327	0.476	0.96	0.294	0.0171	1.1	0.963	1.32	0.493 "
400	0.0289	0.472	1.09	0.377	0.02	1.47	0.924	1.16	0.262 "
500	0.0259	0.477	1.23	0.474	0.0228	1.85	0.922	1.04	0.148 "
600	0.0234	0.483	1.37	0.585	0.0258	2.29	0.92	1.944	88.9×10^3
800	0.0197	0.498	1.63	0.828	0.0321	3.27	0.912	1.794	37.8 "
1000	0.017	0.517	1.9	1.12	0.039	4.44	0.911	1.685	17.2 "
1500	0.0126	0.564	1.57	2.05	0.058	8.17	0.906	1.51	3.97 "

LIQUIDOS									
T (°F)	ρ (lb _m /ft ³)	c_p (Btu/lb _m ·°F)	$\mu \times 10^{-3}$ (lb _m /ft sec)	$\nu \times 10^{-5}$ (ft ² /sec)	k (Btu/hr ft °F)	$\alpha \times 10^{-3}$ (ft ² /hr)	Pr	$\beta \times 10^{-4}$ (1/°F)	$g\beta\rho^2/\mu^2$ (1/°F ft ³)
AGUA									
32	62.4	1.01	1.2	1.93	0.319	5.06	13.7	-0.35	
60	62.3	1	0.76	1.22	0.34	5.45	8.07	0.8	17.2×10^5
80	62.2	0.999	0.578	0.929	0.353	5.67	5.89	1.3	48.3 "
100	62.1	0.999	0.458	0.736	0.364	5.87	4.51	1.8	107 "
150	61.3	1	0.29	0.474	0.389	6.26	2.72	2.8	403 "
200	60.1	1.01	0.206	0.342	0.392	6.46	1.91	3.7	1.01 "
250	58.9	1.02	0.16	0.272	0.395	6.6	1.49	4.7	2.045 "
300	57.3	1.03	0.13	0.227	0.395	6.7	1.22	5.6	3.51 "
400	53.6	1.08	0.093	0.164	0.382	6.58	0.95	7.8	8.35 "
500	49	1.19	0.07	0.143	0.349	5.98	0.859	11	17.35 "
600	42.4	1.51	0.0579	0.137	0.293	4.58	1.07	17.5	30.3 "

T (°F)	ρ (lb _m /ft ³)	c_p (Btu/lb _m ·°F)	$\mu \times 10^{-5}$ (lb _m /ft sec)	$\nu \times 10^{-5}$ (ft ² /sec)	k (Btu/hr ft °F)	$\alpha \times 10^{-3}$ (ft ² /hr)	Pr	$\beta \times 10^{-3}$ (1/°F)	$g\beta\rho^2/\mu^2$ (1/°F ft ³)
ANILINA									
60	64	0.48	305	4.77	0.101	3.29	52.3		
80	63.5	0.488	240	3.78	0.1	3.25	41.8		
100	63	0.49	180	2.86	0.1	3.24	31.8		
150	61.6	0.503	100	1.62	0.098	3.16	18.4	0.45	17.7×10^5
200	60.2	0.505	62	1.03	0.0962	3.1	12		
250	58.9	0.527	42	0.714	0.0947	3.05	8.44		
300	57.5	0.54	30	0.522	0.0931	2.99	6.28		

APENDICE Q

VISCOSIDADES DE LIQUIDOS

VISCOSIDADES DE LIQUIDOS*
Para usarse como Coordenadas con la Fig. 14

Líquido	X	Y	Líquido	X	Y
Acetaldehído	15.2	4.8	Cloruro Estánico	13.5	12.8
Acetato de Amilo	11.8	12.5	Cresol, meta	2.5	20.8
Acetato de Butilo	12.3	11.0	Dibromoetano	12.7	15.8
Acetato de Etilo	13.7	9.1	Dicloroetano	13.2	12.2
Acetato de Metilo	14.2	8.2	Diclorometano	14.6	8.9
Acetato de Vinilo	14.0	8.8	Difenilo	12.0	18.3
Acetona 100%	14.5	7.2	Eter Etilico	14.5	5.3
Acetona 35%	7.9	15.0	Etilbenceno	13.2	11.5
Agua	10.2	13.0	Etilenglicol	6.0	23.6
Acido Acético 100%	12.1	14.2	Fenol	6.9	20.8
Acido Acético 70%	9.5	17.0	Formiato de Etilo	14.2	8.4
Acido Butírico	12.1	15.3	Freon 11	14.4	9.0
Acido Clorosulfónico	11.2	18.1	Freon 12	16.8	5.6
Acido Fórmico	10.7	15.8	Freon 21	15.7	7.5
Acido Isobutírico	12.2	14.4	Freon 22	17.2	4.7
Acido Nítrico 95%	12.8	13.8	Freon 113	12.5	11.4
Acido Nítrico 60%	10.8	17.0	Freon 114	14.6	8.3
Acido Propiónico	12.8	13.8	Glicerina 100%	2.0	30.0
Acido Sulfúrico 110%	7.2	27.4	Glicerina 50%	6.9	19.6
Acido Sulfúrico 98%	7.0	24.8	Heptano	14.1	8.4
Acido Sulfúrico 60%	10.2	21.3	Hexano	14.7	7.0
Alcohol Alílico	10.2	14.3	Hidróxido de Sodio 50%	3.2	25.8
Alcohol Amílico	7.5	18.4	Yoduro de Etilo	14.7	10.3
Alcohol Butílico	8.6	17.2	Yoduro de Propilo	14.1	11.6
Alcohol Etilico 100%	10.5	13.8	Isobutano	14.5	3.7
Alcohol Etilico 95%	9.8	14.3	Mercurio	18.4	16.4
Alcohol Etilico 40%	6.5	16.6	Metanol 100%	12.4	10.5
Acido Clorhídrico 31.5%	13.0	16.6	Metanol 90%	12.3	11.8
Alcohol Isobutílico	7.1	18.0	Metanol 40%	7.8	15.5
Alcohol Isopropílico	8.2	16.0	Metiletilcetona	13.9	8.6
Alcohol Octílico	6.2	21.1	Naftaleno	7.9	18.1
Alcohol Propílico	9.1	16.5	Nitrobenceno	10.6	16.2
Amoniaco 100%	12.6	2.0	Nitrotolueno	11.0	17.0
Amoniaco 26%	10.1	13.9	Octano	13.7	10.0
Anhidrido Acético	12.7	12.8	Oxalato de Dietilo	11.0	16.4
Anilina	8.1	18.7	Oxalato de Dimetilo	12.3	15.8
Anisol	12.3	13.5	Oxalato de Dipropilo	10.3	17.7
Benceno	12.5	10.9	Pentacloroetano	10.9	17.3
Bióxido de Azufre	15.2	7.1	Pentano	14.9	5.2
Bióxido de Carbono	11.6	0.3	Propano	15.3	1.0
Bisulfuro de Carbono	16.1	7.5	Salmuera CaCl ₂ 25%	6.6	15.9
Bromo	14.2	13.2	Salmuera NaCl 25%	10.2	16.6
Bromotolueno	20.0	15.9	Sodio	16.4	13.9
Bromuro de Etilo	14.5	8.1	Tetracloroetano	11.9	15.7
Bromuro de Propilo	14.5	9.6	Tetracloroetileno	14.2	12.7
n-Butano	15.3	3.3	Tetracloruro de Carbono	12.7	13.1
Ciclohexanol	2.9	24.3	Tetracloruro de Titanio	14.4	12.3
Clorobenceno	12.3	12.4	Tribromuro de Fósforo	13.8	16.7
Cloroformo	14.4	10.2	Tricloruro de Arsénico	13.9	14.5
Clorotolueno, orto	13.0	13.3	Tricloruro de Fósforo	16.2	10.9
Clorotolueno, meta	13.3	12.5	Tricloroetileno	14.8	10.5
Clorotolueno, para	13.3	12.5	Tolueno	13.7	10.4
Cloruro de Etilo	14.8	6.0	Turpentina	11.5	14.9
Cloruro de Metilo	15.0	3.8	Xileno, orto	13.5	12.1
Cloruro de Propilo	14.4	7.5	Xileno, meta	13.9	12.1
Cloruro de Sulfurilo	15.2	12.4	Xileno, para	13.9	10.9

* De Perry, J. H., "Chemical Engineers' Handbook 3d. ed., McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1950.

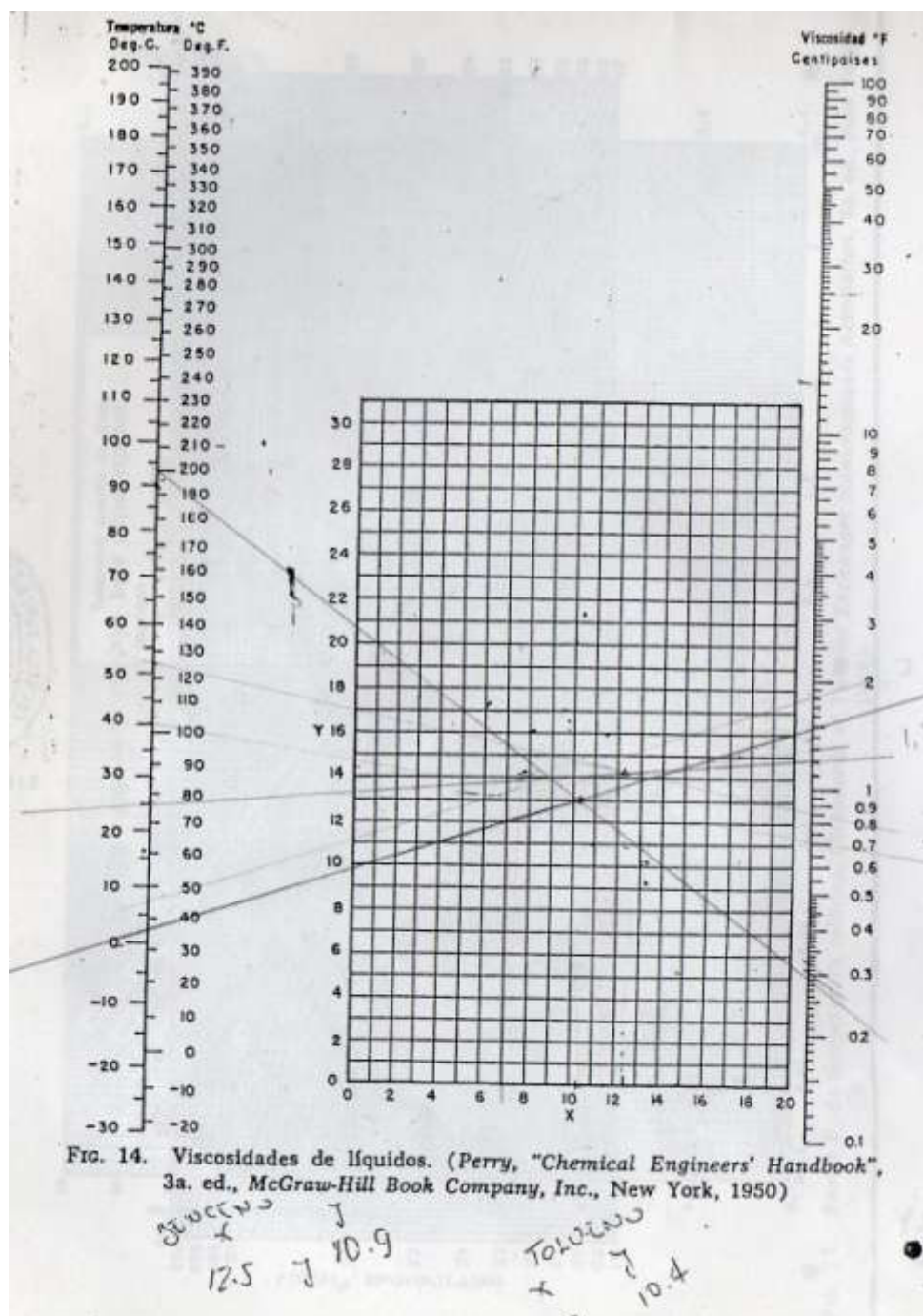
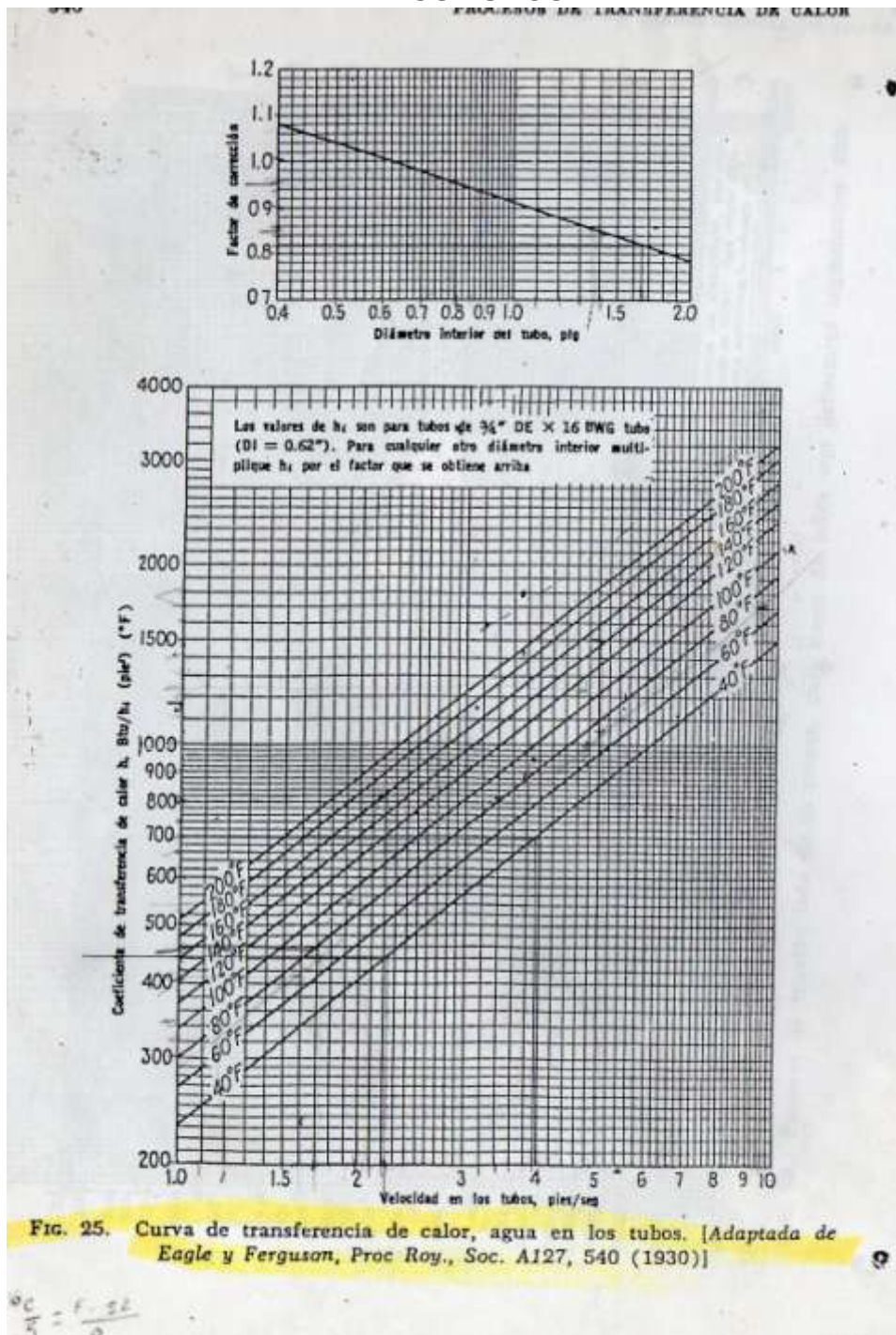
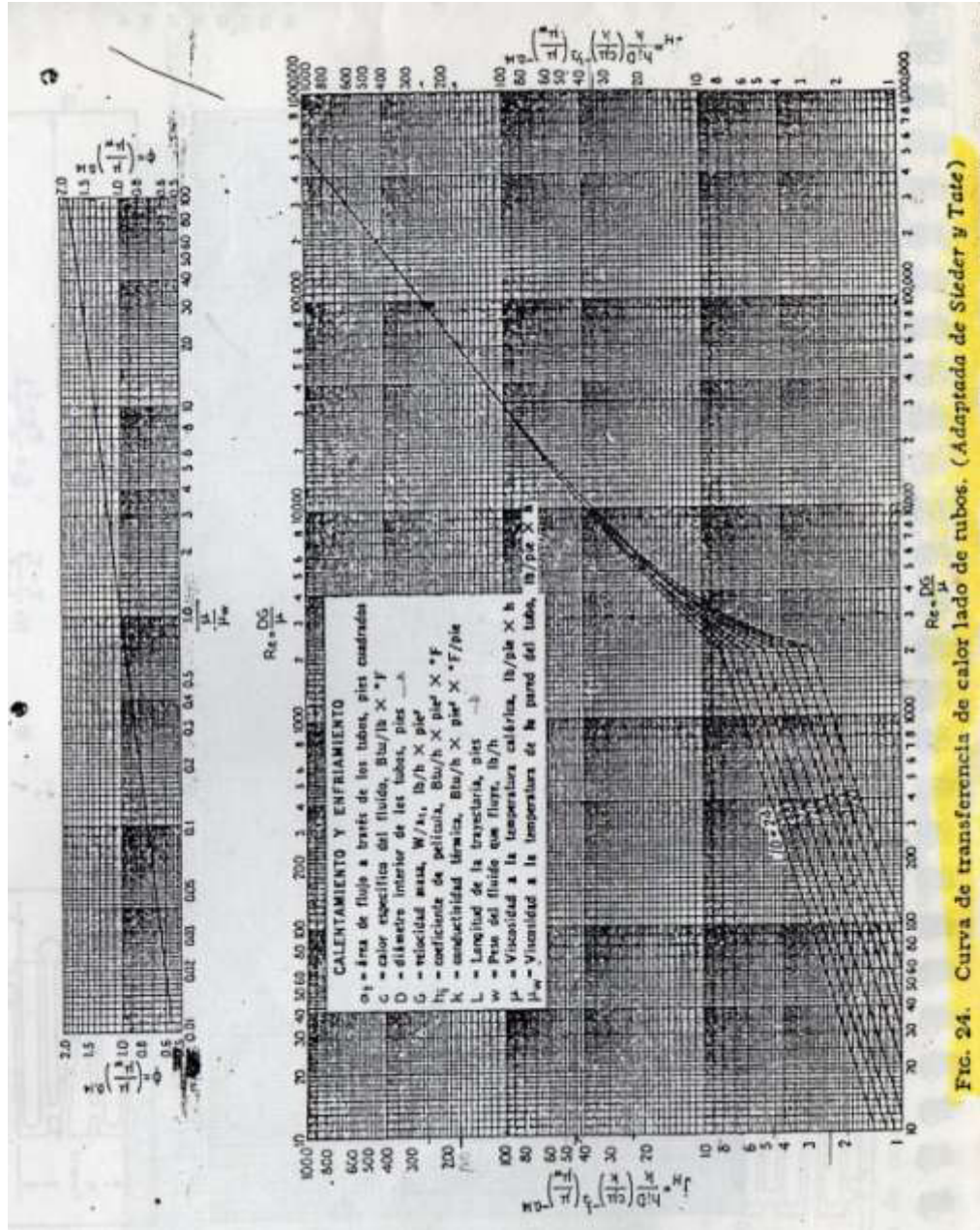


FIG. 14. Viscosidades de líquidos. (Perry, "Chemical Engineers' Handbook", 3a. ed., McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1950)

APENDICE R **CURVA DE TRANSFERENCIA DE CALOR-AGUA** **EN LOS TUBOS.**



APENDICE S CURVA DE TRANSFERENCIA DE CALOR DE TUBOS.



APENDICE T
FACTORES DE OBSTRUCCION
EN LOS TUBOS.

TABLA 12. FACTORES DE OBSTRUCCION *

Temperatura del medio calefactor	Hasta 240°F		240-400°F †	
Temperatura del agua	125°F o menos		Más de 125°F	
Agua	Velocidad del agua, pps		Velocidad del agua, pps	
	3 pies o menos	Más de 3 pies	3 pies o menos	Más de 3 pies
Agua de mar	0.0005	0.0005	0.001	0.001
Salmuera natural	0.002	0.001	0.003	0.002
Torre de enfriamiento y tanque con rocío artificial:				
Agua de compensación tratada	0.001	0.001	0.002	0.002
Sin tratar	0.003	0.003	0.005	0.004
Agua de la ciudad o de pozo (como Grandes Lagos)	0.001	0.001	0.002	0.002
Grandes Lagos	0.001	0.001	0.002	0.002
Agua de río:				
Mínimo	0.002	0.001	0.003	0.002
Mississippi	0.003	0.002	0.004	0.003
Delaware, Schylkill	0.003	0.002	0.004	0.003
East River y New York Bay	0.003	0.002	0.004	0.003
Canal sanitario de Chicago	0.008	0.006	0.010	0.008
Lodosa o turbia	0.003	0.002	0.004	0.003
Dura (más de 15 granos/gal)	0.003	0.003	0.005	0.005
Enfriamiento de máquinas	0.001	0.001	0.001	0.001
Destilada	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
Alimentación tratada para calderas	0.001	0.0005	0.001	0.001
Purga de calderas	0.002	0.002	0.002	0.002

† Las cifras de las últimas dos columnas se basan en una temperatura del medio calefactor de 240 a 400°F. Si la temperatura de este medio es mayor de 400°F, y si se sabe que el medio enfriador forma depósitos, estas cifras deben modificarse convenientemente.

APENDICE U
TABLAS DEMANDA PROYECTADAS CAPACIDAD
INSTALADA ACTUAL Y AUMENTADA.

DEMANDA PROYECTADA BAJO CAPACIDAD INSTALADA ACTUAL									
Ventas 2010				Demanda 2014			Demanda 2018		
Meses	PRODUCCION 2010	INDICES ESTACIONALES	Dias trabajados Promedios (2010)	PRODUCCION 2014 (Proyectada)	Volumen requerido diario Kg	Paradas (Dia)	PRODUCCION 2018 (Proyectada)	Volumen requerido diario (Kg)	Paradas (Dia)
Enero	5127,88	1,0104	20	7653	382,64	1,91	10246	512,32	2,56
Febrero	5916,40	1,1658	21	8830	420,46	2,10	11822	562,96	2,81
Marzo	7100,52	1,3991	23	10597	460,73	2,30	14188	616,88	3,08
Abril	4535,99	0,8938	21	5769	322,35	1,51	9064	431,51	2,16
Mayo	4535,99	0,8938	21	5769	322,35	1,51	9064	431,51	2,16
Junio	4535,99	0,8938	22	5769	307,70	1,54	9064	411,99	2,06
Julio	5056,05	0,9962	20	7546	377,28	1,89	10103	505,15	2,53
Agosto	4535,99	0,8938	22	5769	307,70	1,54	9064	411,99	2,06
Septiembre	4535,99	0,8938	22	5769	307,70	1,54	9064	411,99	2,06
Octubre	4858,60	0,9573	21	7251	345,28	1,73	9708	462,30	2,31
Noviembre	4535,99	0,8938	20	5769	338,47	1,59	9064	453,19	2,27
Diciembre	5626,82	1,1087	22	8397	381,70	1,91	11243	511,07	2,56
Promedio Dias Trabajados:			21,25	Promedio Lotes Requeridos/Dia:		1,78	Promedio Lotes Requeridos/Dia:		2,38

DEMANDA PROYECTADA BAJO CAPACIDAD INSTALADA AUMENTADA								
Demanda 2014			Demanda 2018			Demanda 2030		
PRODUCCION 2014 (Proyectada)	Volumen requerido diario Kg	Paradas (Dia)	PRODUCCION 2018 (Proyectada)	Volumen requerido diario (Kg)	Paradas (Dia)	PRODUCCION 2030 (Proyectada)	Volumen requerido diario (Kg)	Paradas (Dia)
7653	382,64	0,96	10246	512,32	1,28	18028	901,38	2,25
8830	420,46	1,05	11822	562,96	1,41	20800	990,46	2,48
10597	460,73	1,15	14188	616,88	1,54	24963	1085,33	2,71
5769	322,35	0,81	9064	431,51	1,08	15947	759,37	1,90
5769	322,35	0,81	9064	431,51	1,08	15947	759,37	1,90
5769	307,70	0,77	9064	411,99	1,03	15947	724,85	1,81
7546	377,28	0,94	10103	505,15	1,26	17775	888,75	2,22
5769	307,70	0,77	9064	411,99	1,03	15947	724,85	1,81
5769	307,70	0,77	9064	411,99	1,03	15947	724,85	1,81
7251	345,28	0,66	9708	462,30	1,16	17081	813,37	2,03
5769	338,47	0,85	9064	453,19	1,13	15947	797,33	1,99
8397	381,70	0,95	11243	511,07	1,28	19782	899,16	2,25
Promedio Lotes Requeridos/Dia:		0,89	Promedio Lotes Requeridos/Dia:		1,19	Promedio Lotes Requeridos/Dia:		2,10

COTIZACIONES EQUIPOS PROPUESTOS.

[illegible]

PROFORMA No. 007

Guayaquil, 12 de Julio del 2014

Señor (es): AGROANGE S.A.
Atención: Sr. Miguel Moreno P.
Ciudad: Guayaquil

Me es grato cotizar lo siguiente:

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	V. UNITARIO	TOTAL
TANQUE ENCHAQUETADO EN ACERO INOX.	1	\$ 1,220.00	\$ 1,220.00
ALSI 304. CAPACIDAD: 200 LITROS			
CON TUBERIA DE ENTRADA Y SALIDA DE 2			
PULGADAS Y LLAVE DE PASO DE BOLA DE .			
1,5 PULGADAS. FABRICACION NACIONAL			

SUBTOTAL: \$ 1,220.00**IVA 12%:** \$ 146.40**TOTAL:** \$ 1,366.40

Son: UN MIL TRECIENTOS SESENTA Y SEIS con 40/100

NOTA:

Tiempo de Entrega: 2-3 días, una vez recibida la O/C
(Favor enviar orden de compra a nombre de CODIMARKEN por este medio)

Forma de Pago: Contraentrega

Atentamente:

Andrés Cabezas
GERENTE GENERAL
CODIMARKEN

EQUIPOS INDUSTRIALES, AUTOMATIZACION Y SERVICIO TECNICO

Dirección: Avenida Apurimac 788 y Guillermo Irujo
Teléfono (593) 46 047833 / (593) 42 84883
e-mail: comercial.codimark@gmail.com

PROFORMA No. 009



Gusyaquí, 12 de Julio del 2014

Señor (es): AGROANGE S.A.
Atención: Sr. Miguel Moreno P.
Ciudad: Gusyaquí

Me es grato cotizar lo siguiente:

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	V. UNITARIO	TOTAL
HOMOGENIZADOR-MEZCLADOR DE LIQUIDOS	1	\$ 1,371.42	\$ 1,371.42
DE ALTA CIZALLADURA EN LINEA			
ACERO INOXIDABLE AISI 304			
MODELO BRU-60			
CAPACIDAD: 0-1,5m3/h			
Velocidad: 2800 RPM			
MARCA: BLS (CHINA)			

SUBTOTAL: \$ 1,371.42

IVA 12%: \$ 164.57

TOTAL: \$ 1,533.99

Son: UN MIL QUINIENTOS TREINTA Y CINCO con 99/100

NOTA:

Tiempo de Entrega: 2-3 días, una vez recibida la O/C
(Favor enviar orden de compra a nombre de CODIMARKEN por este medio)

Forma de Pago: Contraentrega

Atentamente;



Andrés Cabezas
GERENTE GENERAL
CODIMARKEN

EQUIPOS INDUSTRIALES, AUTOMATIZACIÓN Y SERVICIO TÉCNICO

Dirección: General Aponte 208 y Guillermo Davis
Teléfono: (503) 48 04283 / (503) 47 81488
E-mail: comercial.codimarken@gmail.com

PROFORMA No. 010

Gueyagui, 12 de Julio del 2014

Señor (es): AGROANGE S.A
Atención: Sr. Miguel Moreno P.
Ciudad: Gueyagui

Me es grato cotizar lo siguiente:

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	V. UNITARIO	TOTAL
SISTEMA DE ENVASADO POR VALVULA	1	\$ 825.00	\$ 825.00
SELENOIDE Y CONTROL DE PESO POR VISOR			
CHEQUEADOR DE PESO Y CELDAS DEL CARGA			
Incluye:			
1. Valvula selenoide directa de 2 vias en	1		
en acero y bronce. NPT: 1 pulg. (Rosca)			
1. Visor-Chequeador de peso de 4 digitos	1		
con funcion control de peso. A. Inox.			
1. Plataforma de Acero Inox.	1		
Dimensiones (AxHxL): 50x2x60 cm			
4 celdas de carga. Cap: 50kg.	4		
Incluye instalacion y primer mantenimient			

SUBTOTAL: \$ 825.00**IVA 12%:** \$ 99.00**TOTAL:** \$ 924.00

Son: NOVECIENTOS VEINTICUATRO con 00/100

NOTA:

Tiempo de Entrega: 2-3 días, una vez recibida la O/C
(Favor enviar orden de compra a nombre de CODIMARKEN por este medio)

Forma de Pago: Contraentrega

Atentamente:

Andres Cabezas
GERENTE GENERAL
CODIMARKEN

GRUPOS INDUSTRIALES, AUTOMATIZACION Y SERVICIO TECNICO

Dirección: Barrio Apartado 708 y Saladero Davis
Teléfono (503) 40 04780 / (503) 42 94880
e-mail: comercial.codimarken@gmail.com

