

TRABAJO DE PASANTÍA LARGA

MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL CHOCOLATE POR ALCALINIZACIÓN DEL LICOR DE CACAO

Presentado ante la Ilustre Universidad Central de Venezuela para optar al Título de Ingeniero Químico, por la bachiller Montero Mezones, Andreína Beatriz.

Caracas, Abril 2.004

TRABAJO DE PASANTÍA LARGA

MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL CHOCOLATE POR ALCALINIZACIÓN DEL LICOR DE CACAO

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Berenice Blanco (Académico)

TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Víctor Ormachea (Industrial)

Presentado ante la Ilustre Universidad Central
de Venezuela para optar al Título de Ingeniero
Químico, por la bachiller Montero Mezones,
Andreína Beatriz.

Caracas, Abril 2.004

Caracas, 16 de Abril de 2004

Los abajo firmantes, miembros del jurado designados por el Consejo de Escuela de Ingeniería Química, para evaluar el Trabajo de Pasantía Larga presentado por la bachiller Andreína Montero Mezones, titulado:

**“MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL CHOCOLATE POR
ALCALINIZACIÓN DEL LICOR DE CACAO”**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Químico y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.

Prof. Rosalba Sciamanna
Jurado

Prof. Jhonny Vasquez
Jurado

Prof. Berenice Blanco
Tutor Académico

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mi madre, por haber estado conmigo desde el comienzo de esta meta, por asesorarme académicamente en mis trabajos sin dejar de ser mamá, por apoyarme y darme todo lo que necesité en este recorrido, por estar siempre conmigo y darme el mejor de los ejemplos.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar doy gracias Dios, por haberme dado la vida, la salud y la fuerza necesaria para culminar esta etapa. Además de haberme dado un hogar, una familia y unos padres que supieron guiarme y apoyarme en todo momento y se esforzaron para darme una buena educación. Gracias a mi madre, que siempre está dispuesta a dar lo que se necesite tanto material como humanamente. También le doy gracias a Javier, que me da todo lo que está en sus manos y más y de alguna manera también recorrió este camino a mi lado.

Le doy gracias a mi familia y amigos que aunque no siempre estuvieron a mi lado físicamente nunca dejaron de darme su apoyo incondicional y ánimo para luchar.

Le doy gracias a la Universidad Central de Venezuela, porque en ella crecí y aprendí todo lo que hoy necesito para empezar una nueva etapa, porque cuenta con unas instalaciones acogedoras y está conformada por un grupo de profesores que dan de sí lo mejor. En especial a la profesora Berenice Blanco que me ayudó y asesoró hasta el final de este proyecto.

Gracias a Breick, por tomar en cuenta a los estudiantes y brindarles la oportunidad de realizar proyectos y participar directamente en las actividades de la industria, y además que permiten completar los requisitos académicos del plan de estudios.

Le doy gracias de manera muy especial a mi tía y amiga Janett, porque siempre estuvo allí para darme ánimo y apoyarme desde todo punto de vista.

Montero M., Andreína B.

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE ALCALINIZACIÓN DEL LICOR DE CACAO

Tutor Académico: Prof. Berenice Blanco. Tutor Industrial: Ing. Víctor Ormachea.
Pasantía Larga. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería
Química. Año 2004, 113 p.

Palabras Claves: Diseño Básico, Alcalinización, Licor de Cacao.

Resumen. En este trabajo se presenta el desarrollo del estudio de factibilidad y el diseño de una planta que permita la alcalinización del licor de cacao, que es empleado para la fabricación de los diferentes tipos de chocolates de la empresa Breick.

La planta de procesamiento de chocolates Breick, presenta dos graves problemas, uno de ellos es el de la astringencia que se encuentra en su materia prima, lo cual influye negativamente en la fabricación del producto. Además, las personas encargadas de la manufactura también se ven afectadas, debido a que esta astringencia perturba sus sentidos de la vista y el olfato.

El segundo, es el de un estancamiento en las ventas de chocolate, las cuales se quieren reactivar mediante la introducción al mercado de un nuevo producto: un chocolate con un sabor diferente al que ha estado acostumbrado el consumidor boliviano.

Como una alternativa para la solución de estos problemas se está estudiando la implementación de la alcalinización del licor de cacao en su proceso normal de producción; lo cual reducirá la astringencia y mejoraría el sabor del chocolate.

Para la producción de este chocolate alcalinizado se ha considerado la instalación de un anexo a una planta existente de producción de chocolate, a la cual suplirán como materia prima licor de cacao. Esta planta existente cuenta con una infraestructura que complementa los requerimientos de la nueva. La capacidad instalada será de 156.000 Kilogramos por año de cacao líquido alcalinizado, la cual corresponde a la capacidad de suministro del departamento de procesamiento del chocolate.

La inversión total asciende a US \$72.832, la cual corresponde al costo de las maquinarias, su importación y los costos totales de manufactura. La tasa interna de retorno de la inversión se ubica en 17%.

Índice de Contenido

CAPITULO I: PRESENTACION	10
Introducción	10
Planteamiento del Problema	12
Objetivos	13
Objetivo General	13
Objetivos Específicos	13
CAPITULO II: PROCESO DELCHOCOLATE	14
Introducción	14
Proceso Industrial.....	15
Usos del Licor de Cacao	18
Proceso al Álcali	19
Cambios Físico – Químicos durante la alcalinización	21
Propiedades del Chocolate.	22
CAPITULO III: METODOLOGÍA.....	24
Investigación acerca de la Alcalinización	24
Realización de las Prácticas de Laboratorio.....	24
Parte I: Caracterización de la Materia Prima	25
Parte II: Pruebas de Alcalinización.....	30
Realización de Prácticas Industriales.....	31
Elaboración del Diseño	31
CAPITULO IV: PLANTA DE PROCESAMIENTO DEL CHOCOLATE BREICK	35
Localización de la Planta.....	35
Capacidad Instalada y Utilizada	35
Infraestructura de Servicios.....	36
Factor de Servicio	36
Efluentes y Pérdidas del Proceso.....	36
Requerimiento de Almacén	37
Descripción del Proceso.....	37
Procesamiento de los granos del cacao (proceso ocasional).....	37
Procesamiento del Chocolate.....	38

Diagrama De Bloque Del Proceso.....	41
Diagrama de Flujo de Proceso	43
Planta #1: Procesamiento del Cacao (opcional).....	43
Planta #2: Procesamiento del Chocolate.....	45
Planta #3: Procesamiento de la Cocola	47
Planta #4: Envasado	48
CAPITULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	49
Estudio de Mercado	50
Descripción del Producto.....	51
Análisis de la Oferta y la Demanda	51
Demanda del Producto.....	51
Oferta del Producto	52
Mercado Potencial.....	52
Estudio Técnico.....	53
Bases de Diseño	53
1.- Capacidad Instalada y Utilizada	53
2.- Características y Condiciones de la Materia Prima	53
Calidad del Grano	53
Propiedades del Licor de Cacao Procesado en Breick	54
3. Especificación del Producto Final.....	55
4.- Infraestructura de Servicios.....	56
5.- Efluentes y Pérdidas del Proceso	56
6.- Requerimiento de Almacén	56
Filosofía de Diseño, Control, Seguridad y Protección	56
Sobrediseño de Equipos.	56
Flexibilidad Operacional.	57
Expansiones futuras.....	57
Materiales de construcción.....	57
Transmisión de Señales	57
Selección de la Tecnología	57
Descripción del Proceso.....	59

Diagrama De Bloque Del Proceso.....	60
Diseño de Equipos	62
Criterios de Selección de los tanques de Agitación.....	62
Hojas de Especificación	65
Diagrama de Instrumentación y Tuberías	69
Estudio Económico - Financiero.....	70
Evaluación Económica Financiera	70
Inversión Fija	71
Costos de Producción	72
Evaluación de Resultados	73
Flujo de Caja	74
Diseño de las Estrategias de Control	77
Planta de Procesamiento del Cacao	77
Planta de Procesamiento del Chocolate	78
Diagrama de Instrumentación y Tuberías	82
CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	87
CAPITULO VII: BIBLIOGRAFÍA	89
ANEXOS	91
Costos de Manufactura	92
Cálculos Tipo.....	95
Análisis de Sensibilidad: Tipo 1.....	109
Análisis de Sensibilidad: Tipo 2.....	110

Índice de Tablas

Tabla I: Proceso Industrial de la Fabricación del chocolate.....	17
Tabla II: Características Físico Químicas y microbiológicas del licor de cacao	18
Tabla III: porcentaje de ácidos orgánicos en cacao molido secado con aire y masa de cacao seca libre de grasa.	19
Tabla IV: Cantidad máxima permitida de álcalis en 100 kg. de cacao tostado y limpio.....	20
Tabla V: Beneficios Nutricionales Y Fisiológicos	23
Tabla VI: Beneficios Psicológicos	23
Tabla VII: Capacidad Instalada y Utilizada del departamento de procesamiento del cacao.....	35
Tabla VIII: Capacidad Instalada y Utilizada del departamento de procesamiento del chocolate	36
Tabla IX: Datos del mercado en América del Sur en 1997/98	50
Tabla X: Propiedades del licor de cacao procesado en Breick.....	54
Tabla XI: Características del agua para el consumo humano.....	54
Tabla XII: Límites de elementos del agua.....	55
Tabla XIII: Especificación del producto final	55
Tabla XIV: Características de los tanques de agitación.....	62
Tabla XV: Dimensiones para el casco del recipiente de alcalinización.....	63
Tabla XVI: Dimensiones para el casco del recipiente de dilución.....	63
Tabla XVII: Lista de Tuberías diseñadas.	64
Tabla XVIII: Estimación de los costos de los equipos.....	70
Tabla XIX: Estimación del costo C.I.F	70
Tabla XX: Estimación de los Costos Directos e Indirectos.	71
Tabla XXI: Estimación de los costos de producción	72
Tabla XXII: Lista de Instrumentación	86
Tabla XXIII: Costo de sueldo de operarios	92
Tabla XXIV: Costo de los servicios involucrados en la alcalinización.....	92
Tabla XXV: Costo de los insumos.	92
Tabla XXVI: Costo de sueldo de Supervisores y gerentes	93

Tabla XXVII: Costo de la materia prima.....	93
Tabla XXVIII: Costos totales de manufactura	93
Tabla XXIX: Instrumentación y precio de los equipos.....	94
Tabla XXX: Datos de Tuberías	106
Tabla XXXI: Costos Planta Álcali.....	107
Tabla XXXII: Costos Servicios e Insumos.....	108

CAPITULO I: PRESENTACION

Introducción

Frecuentemente el Ingeniero Químico debe someter a estudio procesos en los cuales se requiere mejorar la calidad del mismo, así como la del producto, por lo tanto es fundamental para este profesional la comprensión de las variables y procesos involucrados, para que estos sistemas alcancen las condiciones deseadas.

La masa o pasta de cacao es uno de los principales derivados del cacao; éste es el producto obtenido por la molienda o trituración del cacao descascarillado y tostado. A esta pasta líquida, o licor de cacao, es corrientemente “solubilizada” antes de ser enviada a la prensa para la extracción de la manteca. La “solubilización” consiste en añadir a la pasta una solución saturada de sales alcalinas, generalmente carbonato o bicarbonato potásico o sódico.

El licor de cacao que se destina a la transformación en manteca de cacao y torta se refina hasta obtener partículas muy pequeñas, mientras que si su destino es la fabricación de chocolate no es necesario molerlo tan finamente.

La alcalinización del licor de cacao es un proceso por el cual el licor de cacao es sometido, con el fin de mejorar sus propiedades e incrementar la calidad del chocolate producido.

La elaboración y tratamiento del licor de cacao es un proceso muy interesante y delicado; el cual ha sido ampliamente practicado para mejorar el color y desarrollar el sabor propio del chocolate. La mayor parte de los cacaos producidos a nivel mundial, requieren de este proceso para mejorar la calidad del producto.

El trabajo que se realizó esta enmarcado en las necesidades específicas de una planta, productora de chocolate, existente en Bolivia; que actualmente quiere evaluar la posibilidad de incorporar la alcalinización del licor de cacao en su proceso de producción, a fin de mejorar la calidad del chocolate y mantener su competitividad en el mercado.

El objetivo de este estudio es el de determinar las condiciones óptimas del proceso de alcalinización del licor de cacao y el diseño de una planta, así como la viabilidad de instalarla, para dicho proceso en la fábrica de chocolates Breick.

Actualmente, existen en funcionamiento todas las máquinas que permiten procesar el cacao como las: clasificadora, tostadora, peladora y los molinos; las cuales son utilizadas eventualmente, así como también, todas aquellas máquinas que permiten la manufactura del chocolate: las ollas de homogenización, prensa,

mezcladora, refinadora, conheadora, las moldeadoras y empaquetadoras, donde se ejecutan las diferentes operaciones diarias para la producción del chocolate.

Con este proyecto se va a instalar un anexo dentro de la misma área de la planta ya existente para alcalinizar el licor de cacao, y poder continuar con el actual proceso de fabricación.

Planteamiento del Problema

El presente trabajo está destinado a realizar el estudio de factibilidad y diseño de una planta de alcalinización del licor de cacao, el cual es utilizado como materia prima en la fabricación de los diferentes tipos de chocolates Breick.

El licor de cacao es el ingrediente principal en todos los tipos de chocolates; y de él es extraída la manteca de cacao y la torta de cacao.

Tanto el licor procesado en la planta como el importado del Ecuador presentan un grave problema de astringencia, la cual causa un mal sabor al producto así como molestias a los encargados de la fabricación, los cuales han manifestado irritación tanto de los ojos como en la garganta.

Este problema de astringencia y ácidos volátiles puede ser debido a la falta de normas de calidad en el cacao producido en Bolivia. El producto importado tampoco posee una calidad garantizada.

Otro grave problema que presenta la fábrica de chocolates Breick, es un estancamiento en sus ventas, el cual se ve agravado con la creciente importación de chocolates procedentes tanto de Latinoamérica como del resto del mundo y con el poderío que día a día adquieren las empresas transnacionales.

La alcalinización del licor de cacao es un proceso que permite disminuir la astringencia del licor, debido a diversas reacciones y cambio fisicoquímicos, entre las cuales están aquellas que permiten modificar el pH, originando un producto con nuevas características, como son: un cambio en el sabor, olor y color.

Además, se pretende con la aplicación de este proceso la creación de un nuevo producto, que será destinado a un mercado más selectivo y pueda competir con los chocolates importados de mayor calidad.

Objetivos

Con la finalidad de dar una respuesta a los problemas planteados en este trabajo se proponen los siguientes objetivos.

Objetivo General

- Determinación de las condiciones óptimas del proceso de alcalinización del licor de cacao y diseño de una planta para el mejoramiento de la calidad de los chocolates producidos en una planta existente en Bolivia.

Objetivos Específicos

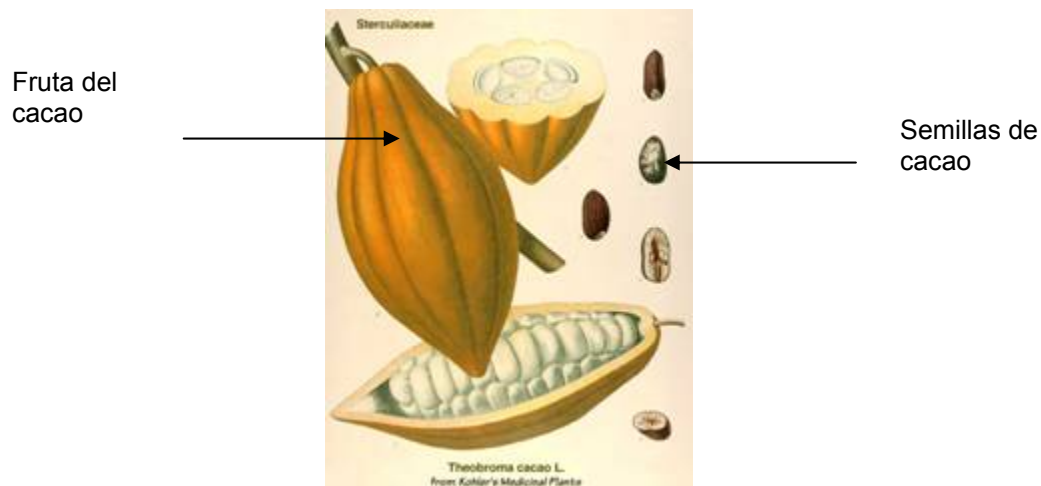
- Estudio de los tratamientos aplicados sobre el licor de cacao, para el mejoramiento de la calidad del chocolate.
- Estudio del efecto producido en el sabor y el color producidos en el chocolate al agregarle una solución de sales alcalinas.
- Estudio de la factibilidad técnica y el monto de inversión de instalar una planta de tratamiento del licor de cacao.
- Determinar la concentración necesaria de la solución alcalina para lograr un chocolate con unas especificaciones determinadas.
- Determinar las condiciones de operación del proceso de alcalinización empleado para cada producto.
- Realizar un análisis de costos y de factibilidad técnica de una planta de alcalinización del licor de cacao, entre los cuales se incluyen:
 1. Elaboración de los Diagramas de Flujo de Procesos (DFP) y Diagramas de Instrumentación y Tuberías (DTI).
 2. Dimensionamiento y especificación de los equipos que constituyen la planta.
 3. Diseñar las estrategias de control de la planta.

CAPITULO II: PROCESO DELCHOCOLATE

Introducción

El cacao, es un cultivo originario de América, fue descubierto hace aproximadamente 3000 años. El primer europeo en descubrir los granos de cacao fue Cristóbal Colón. Estos granos eran usados por los nativos como moneda. Al establecerse el proceso de colonización de los españoles en América Central y América del Sur, los primeros granos de cacao son llevados a Europa.

Figura 1: Fruta del Cacao



Existen tres grandes variedades de cacao:

El Cacao Criollo; cuyo nombre fue dado por los españoles al cacao cultivado por los indígenas. Sus frutos son alargados con surcos, de color verde al inicio y rojo cuando están maduros. Esta variedad produce un cacao de muy alta calidad, sin embargo la planta es poco productiva y poco resistente a las plagas. Se cultiva en América Central, Venezuela, Colombia y algunas regiones de Asia. Representando hoy en día sólo el 10% del cacao producido a nivel mundial.

El Forastero; posee frutos sin surcos, de color verde al inicio y amarillo cuando están maduros. Es el más cultivado. Se encuentra en Brasil, Ecuador, y diversos lugares de América Latina, el oeste de África, Java y Sri Lanka.

Trinitaria; parece provenir de cruces entre plantas forasteras de Amazonas y criollas de trinidad. Sus frutos, de un color violeta oscuro, dan un cacao de calidad.

La producción de cacao ha ido creciendo notablemente, actualmente se calcula que es alrededor de 2,5 millones de toneladas.

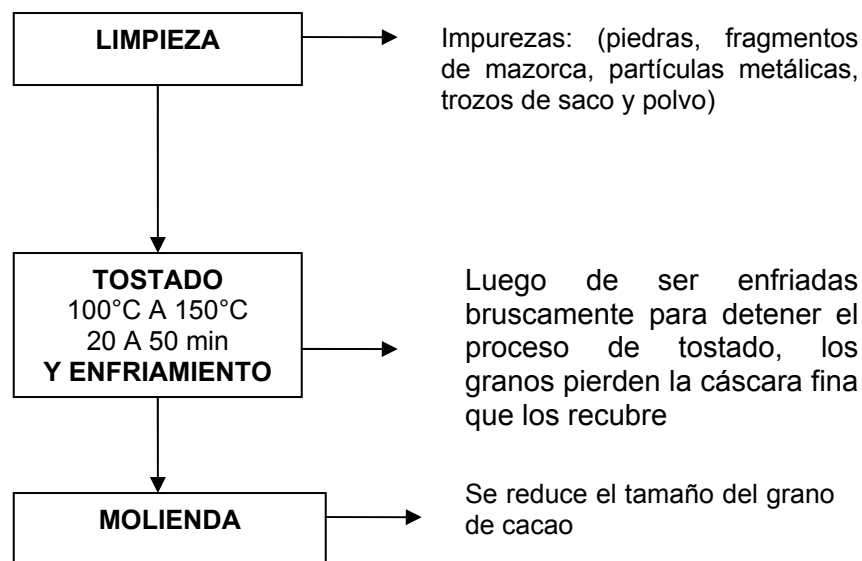
El principal producto del cacao es el chocolate, cuyas variedades más conocidas son:

- Bitter: licor de cacao, manteca de cacao, azúcar y vainilla.
- Leche: licor de cacao, manteca de cacao, azúcar, leche en polvo y vainilla.
- Blanco: manteca de cacao, azúcar, leche en polvo y vainilla.

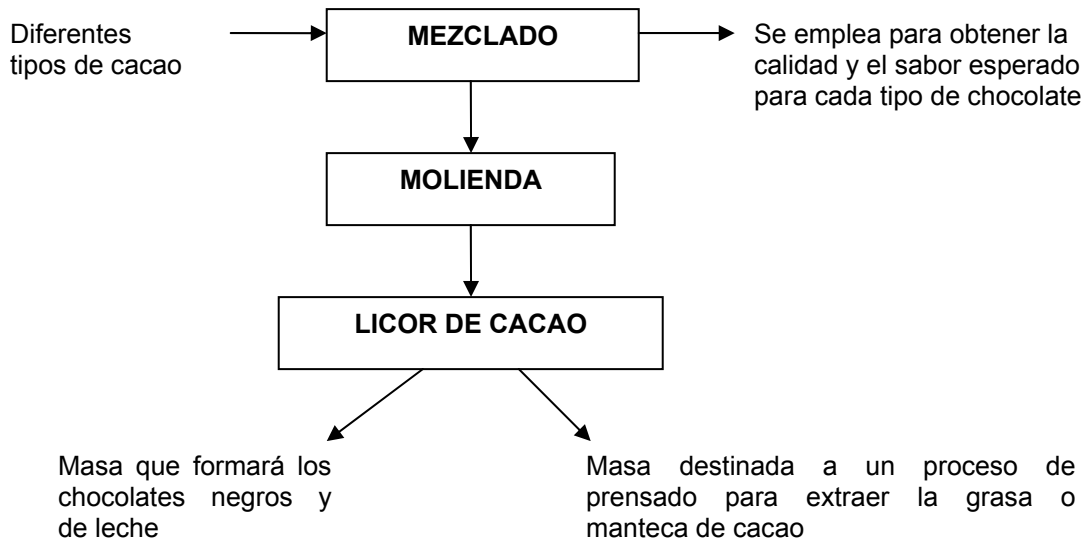
Proceso Industrial

La transformación del cacao y la producción de chocolate son dos procesos diferentes que, aunque ligados, requieren diferentes procedimientos para obtener los productos finales. La transformación de cacao significa básicamente convertir el cacao en grano en cacao sin cáscara, licor, manteca, torta y polvo. La fabricación de chocolate incluye la mezcla y refinado del licor de cacao, la manteca de cacao y otros ingredientes tales como la leche y el azúcar.

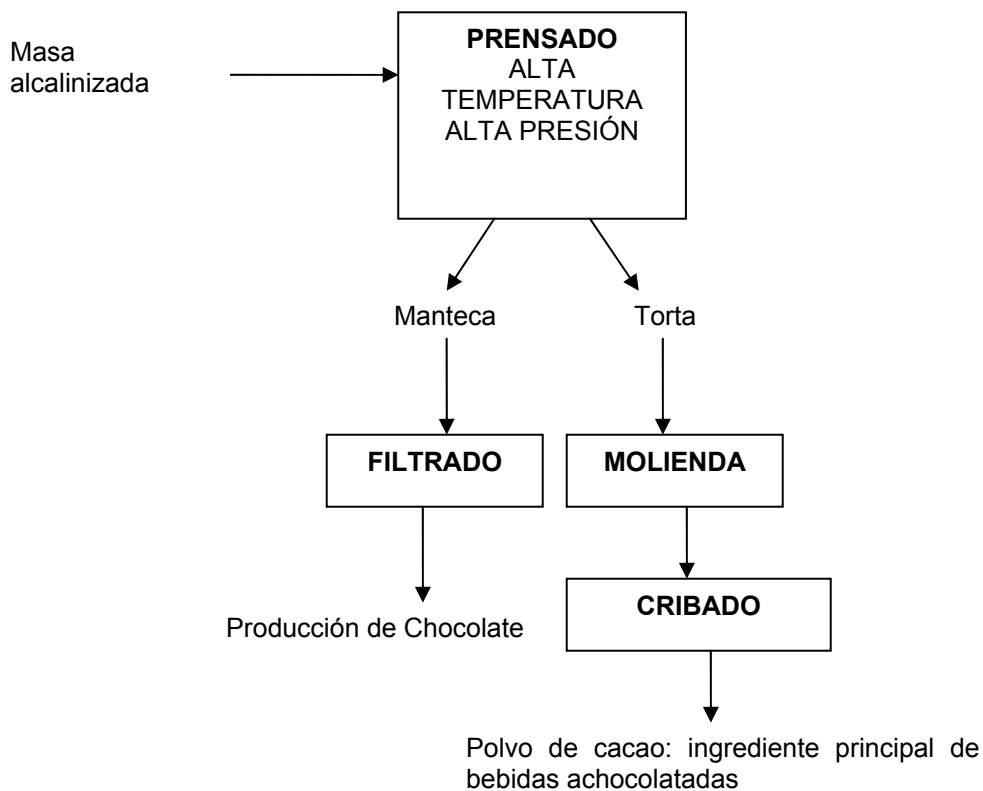
A continuación se presenta una esquematización del proceso industrial de la transformación del cacao:



Con el cacao limpio, tostado y triturado, se procede a hacer las masas que dan origen a los distintos tipos de chocolate; para esto se realizan 6 pasos: Mezclado, Molienda, Prensado, Amasado, Refinado y Conchado.

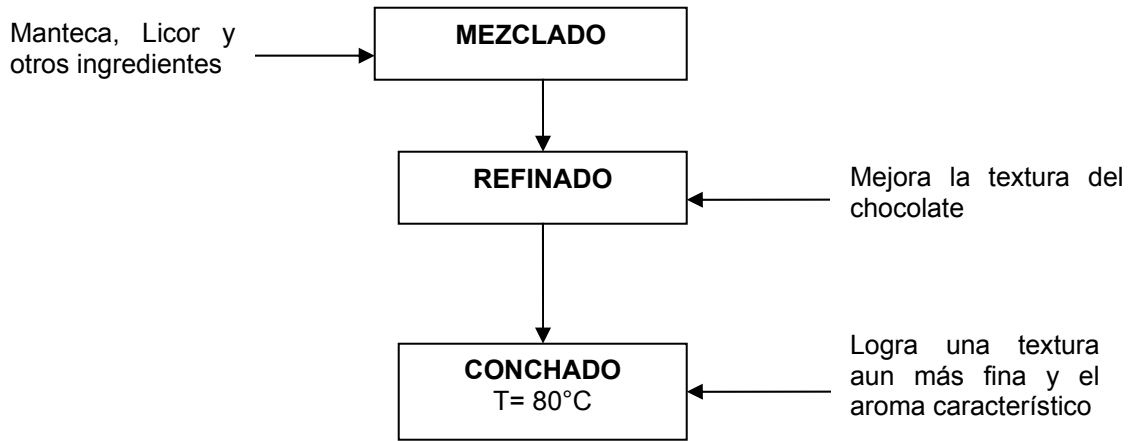


La masa destinada al proceso de prensado generalmente es alcalinizada, para mejorar sus propiedades.



A partir de este momento se tienen todos los ingredientes necesarios para la elaboración de la masa de chocolate, y se mezclan según recetas para la formación de los distintos tipos de chocolate; este proceso tiene lugar en unos

enormes baldes con aspas donde los ingredientes son amasados por largo tiempo para formar una masa homogénea.



Finalmente, la masa de chocolate está lista para darle la forma final.

A continuación se presenta una tabla detallada de los equipos y las características necesarios para llevar a cabo el proceso industrial, descrito anteriormente

Tabla I: Proceso Industrial de la Fabricación del chocolate

PROCESO	EQUIPO	CARACTERÍSTICAS
Limpieza	Tamices Metálicos Vibrantes con agitación continua	Las habas pasan por una sucesión de tamices, donde se hace un cepillado, luego un electroimán retiene las partículas metálicas y un sistema de aspiración elimina los residuos más pequeños.
Tostado y Enfriamiento	Tostador	Los granos son tostados a altas temperaturas. Luego, los granos son enfriados y por ventilación se eliminan los gérmenes y la cascarrilla.
Molienda	Molinos o Trituradores	En la primera etapa se utiliza un premolino o triturador donde es reducido el tamaño de los granos.
Mezcla	---	Se mezclan de 8 a 10 tipos de cacao diferentes en cantidades distintas. La mezcla puede hacerse directamente al introducir las cantidades correctas en el molino siguiente.
Molienda	Molino	La mezcla se pasa por una serie de molinos calientes para lograr que se vuelva fluida.
Prensa	Prensa Hidráulica	La masa alcalinizada se calienta y se coloca en la prensa con alta presión, donde se obtienen dos productos: manteca y torta de cacao.
Mezclado	Mezclador	En enormes baldes con aspas los ingredientes son amasados por largo tiempo para formar una masa homogénea.
Refinado	Refinador	La masa se hace pasar por una serie de cilindros rotativos, los cuales están más próximos a medida que los atraviesa.
Conchado	Conheadora	La masa es colocada en grandes ollas en las cuales el chocolate se calienta mientras es removido continuamente durante muchas horas.

Usos del Licor de Cacao

- Como producto terminado: En la presentación del chocolate amargo.
- Como producto para fines industriales: En la presentación de licor de cacao refinado.
- Como productos semielaborado: Para la obtención de manteca de cacao y cacao (cacao en polvo desengrasado); para la elaboración de chocolate y coberturas de chocolate como materia prima.

Las características físico químicas y microbiológicas del licor de cacao, más importante para destacar, ya que las mismas están establecidas como una norma que debe cumplir para la venta y distribución del mismo; se presentan en la tabla II.

Tabla II: Características Físico Químicas y microbiológicas del licor de cacao

Humedad %	1.5 máx.
PH (Solución 10%)	5.2-5.4
Grasa (%)	52-54
Fibra cruda (%)	4.7 máx.
Cenizas totales (%)	3.8 máx.
Cenizas solubles en agua	2.4
Proteína (%)	14
Carbohidratos (%)	18
Teobromina %	1.8-2.8
Microorganismos totales	10.000 máx.
Mohos y levaduras/gr	50 máx.
Coliformes totales U.F.C.	-3
Salmonella	Neg.
Coliforme Feecel	Neg.

Proceso al Álcali

La Tabla III muestra la distribución de los ácidos orgánicos en el cacao molido, la variación en la tasa de ácidos libres de los ácidos totales, y los valores de pH de los diferentes tipos de cacao. Mejores mezclas dan una gran uniformidad de ácidos contenidos en el licor de chocolate. Cuando se usa para la manufactura de polvo de cocoa, el licor es generalmente tratado con álcali para mejorar el color y desarrollar el sabor. (Minifie, 1989)

Tabla III: porcentaje de ácidos orgánicos en cacao molido secado con aire y masa de cacao seca libre de grasa.

	Bahía	Trinidad	Arriba I	Arriba II	P. Cabello	Java	Accra	St. Thomé
	Nibs %	Nibs %	Nibs %	Nibs %	Nibs %	Nibs %	Nibs %	Nibs %
Acetic	0.44	0.35	0.49	0.41	0.19	0.39	0.24	0.71
Citric	0.45	0.55	0.57	0.50	0.66	0.75	0.54	0.46
Oxalic	0.34	0.32	0.45	0.41	0.44	0.50	0.36	0.35
Total	1.23	1.22	1.42	1.32	1.29	1.64	1.14	1.52
Free acid x 100								
Total acid	91.2	85.8	71.5	64.5	72	51.5	88.1	87.7
pH	4.4	4.5	5.0	5.3	5.3	5.2	5.2	4.5

El cacao es susceptible de diversos tratamientos, como el de vapor, el remojo en agua o el tratamiento con soluciones de malta, dextrosa, enzimas. Sólidos de leche, jarabe de maíz, ácidos débiles o ácidos naturales que contiene el propio grano. Puede ser aireado, calentado, desodorado o sometido al tratamiento con gases, calor radiante o luz ultravioleta. El tratamiento más importante del chocolate y el cacao es el conocido con el nombre de método holandés o "proceso al álcali". (Kirk, 1962)

C. J. Houten, holandés, preparó el primer cacao por el método holandés, para lo cual agregó al cacao una solución débil de carbonato de potasio. Casi inmediatamente se pusieron objeciones al empleo de sustancias químicas en los alimentos y en la preparación de éstos, objeciones que persisten en algunos círculos a pesar de la aceptación de algunas sustancias químicas en ciertos alimentos. Con todo, tiene tanta aceptación entre los consumidores el cacao alcalinizado que ocupa lugar importante en la industria de productos alimenticios.

El método fue usado por primera vez en 1828 y la cocoa tratada podía ser descrita como "Alcalizada," "Dutched," o "Soluble," pero el último término es estrictamente incorrecto debido a que no hay un incremento de la solubilidad de la cocoa alcalinizada, pero algunas evidencias del mejoramiento de la dispersabilidad o suspensión en agua es aparente. (Minifie, 1989)

Sin embargo, esta afirmación del tratamiento es justificada debido al incremento de la digestibilidad de las proteínas y a una reducción en la astringencia proviene de una parcial condensación de los taninos. La última reacción es responsable del enriquecimiento del color. El alcance de cual de estos cambios tomará lugar dependerá del grado de alcalinización.

El proceso al álcali consiste en tratar el cacao mondado y fragmentado, cacao licuado (pasta de cacao) o el cacao en polvo, con carbonato u óxido de magnesio, o una combinación de dichos álcalis. La cantidad total de ellos (calculada a base de 100 partes de cacao tostado y limpio) no tiene mayor valor neutralizante que el de tres partes de carbonato potásico anhidro. En la Tabla IV se ven los equivalentes de neutralización de estos álcalis.

Tabla IV: Cantidad máxima permitida de álcalis en 100 kg. de cacao tostado y limpio.

	Carbonato, Kg.	Bicarbonato, Kg.	Hidróxido, Kg.	Óxido, Kg.
Potasio	3.00	4.36	2.43	--
Sodio	2.30	3.64	1.74	--
Magnesio	1.83	--	--	0.88
Amonio*	2.08	3.43	1.52	--

* El peso equivalente de amoníaco seco, NH₃, sería de 0.74 Kg. por 100 Kg. de cacao tostado y limpio

La cantidad de álcali usado para la preparación de cacao soluble es ajustado para originar una parcial mejora que complete la neutralización.

El álcali puede ser introducido antes del tostado o en la etapa de molido, pero es mas económico mezclarlo con el licor de cacao.

En muchos países la cantidad de álcali y de los componentes químicos para ser usados son controlados por leyes, pero no la manera en la cual ellos son usados.

Es relativamente escasa la literatura acerca del tratamiento al álcali del cacao pues muchos fabricantes tanto estadounidenses como europeos la han mantenido en secreto. Aunque el tema principal es bastante sencillo, hay muchas variaciones de procedimiento.

De lo que va dicho se infiere que siendo tan variable la forma de alcalizar se tienen muy diversos resultados, algunos de los cuales son apropiados para determinado fin. No se puede decir que un cacao o un procedimiento sea el mejor sin tomar en cuenta el efecto que se desee producir para determinadas circunstancias.

Cambios Físico – Químicos durante la alcalinización

Se tienen sospechas de que se producen complejas reacciones químicas y cambios físicos durante la alcalinización. Son reacciones de las sustancias del cacao con el álcali, pero hay que tener presente que el propio disolvente (el agua) puede ser el agente en algunas de ellas, y que en otras acaso sea un catalizador. También es probable que el soluto actúe independientemente del disolvente en algunos casos y sea del todo inactivo en otros, salvo en presencia del disolvente. Asimismo, hay que considerar los efectos del calor, el aire, la luz, la hidratación y deshidratación y las reacciones secundarias con productos de algunas de las reacciones primarias (Kirk, 1962):

- 1) Absorción de agua e hinchazón (hidratación) de las paredes celulares, las proteínas, el almidón y la fibra; operación mecánica de disgregación del fragmento o la partícula de cacao.
- 2) Neutralización de ácidos del vegetal (acético, cítrico, tartárico, tánico, etc.)
- 3) Hidrólisis de almidones, glucósidos naturales y resinas; formación de compuestos más simples, algunos de los cuales son de naturaleza ácida o anfotérica.
- 4) Neutralización de compuestos secundarios y formación de sales.
- 5) Reducción de taninos a sustancias menos astringentes, algunas de las cuales obran como compuestos de polihidroxibenceno y absorben oxígeno del aire.
- 6) Hidrólisis de ésteres que hace posible la reacción entre agentes del sabor.
- 7) Formación de sales básicas con teobromina, por ejemplo, teobrominato de sodio.
- 8) Desnaturalización de proteínas, esto es, descomposición de éstas en aminoácidos y amoniaco libre; formación de globulina y probablemente otras reacciones proteínicas.
- 9) Liberación de dióxido de carbono de los carbonatos que se usan en el proceso.
- 10) Reacciones de empardecimiento (de Maillard) probablemente en azúcares reductores y proteínas, que originan colores y sabores.
- 11) Reacción de hidratos de carbono con los agentes alcalinos para producir ácidos débiles como el místico y probablemente el húmico, con los que se forman sales.
- 12) Degeneración celulósica, de la que se tienen algunas pruebas, y conversión en sustancias que tiene sabor parecido al de la vainilla, y en sustancias caramélicas de color pardo rojizo oscuro y sabor a caramelo.
- 13) Neutralización de ácidos grasos libres para formar jabones alcalinos; probablemente hidrólisis, descomposición o destrucción parcial de lecitina.

Propiedades del Chocolate.

El chocolate contiene unas 600 sustancias químicas, a algunas de ellas se le han atribuido propiedades curativas.

- Contiene sustancias llamadas polifenoles (flavonoide), sustancias que se dicen que pueden combatir el cáncer y las enfermedades cardiovasculares y también proteger el sistema inmunológico. Estas sustancias antioxidantes, evitan que el colesterol malo (LDL), se fije sobre las paredes de las arterias.
- Contiene además, fósforo, magnesio, hierro, potasio, calcio, vitamina E, tiamina y riboflavina, cafeína, teobromina y taninos.
- Es rico en antioxidantes naturales.
- El consumo de chocolate no tiene relación con el acné.
- El chocolate contiene algunas aminas, en particular la feniletilamina que provoca un incremento momentáneo en la presión arterial y en el nivel de glucosa sanguínea.
- Una teoría sugiere que, cuando se come chocolate, se liberan del cerebro trazas de beta-endorfina, causando una sensación placentera.
- Entre las sustancias contenidas en el chocolate - más de 300 - se encuentran estimulantes como la cafeína y la teobromina. Esta última ayuda a estimular el ritmo cardíaco

El Chocolate deleita los sentidos a todas las edades y contribuyen así al placer indispensable para un bienestar perfecto. Si se consume razonablemente, pueden formar parte de una dieta sana y equilibrada, ya que proporciona energía y nutrientes en forma de alimentos de sabor delicioso, prácticos y agradables; el chocolate puede aumentar el rendimiento mental y físico.

A continuación se presentarán tablas donde se muestren los beneficios nutricionales y fisiológicos relacionados con el chocolate y los beneficios psicológicos.

Tabla V: Beneficios Nutricionales Y Fisiológicos

BENEFICIOS	NUTRICIONALES Y FISIOLÓGICOS
Ingredientes de Alta Calidad Nutricional	Leche, cereales, almidones, huevos, nueces, cacao, frutas
Fuente de Nutrientes	Proteínas, calcio, magnesio y riboflavina.
Fuente Concentrada de Energía	Elevado contenido de carbohidratos y lípidos.
Energía Rápida	Satisface la necesidad de proporcionar energía al sistema muscular rápidamente pero por su alto contenido de grasa requiere de un esfuerzo digestivo.
Resistencia Física	Los deportistas utilizan los alimentos basados en carbohidratos para mantener y reponer las reservas de energía muscular (glucógeno), y así obtener energía y resistencia.
Colesterol	Bitter: no contiene colesterol Leche: 10mg. por cada 100g (aportados por la leche) Las grasas totales, presentes en el chocolate un 27 %, están en gran parte constituidas por manteca de cacao, rica en grasas poli - insaturadas, mucho menos dañinas para las arterias.
Relajante Muscular	El cacao y el chocolate bitter también llamado negro contienen alrededor de 500 miligramos de magnesio por cada cien gramos, actuando como un relajante natural. Es también una buena fuente de vitaminas E, que desempeña una acción antioxidante, mientras que el blanco contiene un gran porcentaje de calcio.
Estimula el Esfuerzo Mental	Contiene teobromina (un estimulante del sistema nervioso). Adicionalmente aporta micronutrientes tales como potasio, fósforo, calcio, hierro, complejo B.
Acné	Está determinado científicamente que el chocolate no es determinante en la aparición o en el incremento del acné juvenil. El acné es un problema relacionado con hormonas más que con la alimentación.

Tabla VI: Beneficios Psicológicos

BENEFICIOS	PSICOLÓGICOS
• Placer	Para que una dieta contribuya a mantener la salud y el bienestar, es vital que incluya alimentos agradables de comer. Los chocolates son uno de los grandes placeres de la comida.
Dulzor	El dulzor es parte esencial del placer que proporcionan los chocolates.
Satisfacción	Los chocolates se usan preferiblemente como deliciosa auto recompensa o como pequeña pero perfecta satisfacción de los deseos
Rendimiento mental	Los chocolates pueden mejorar el rendimiento mental, gracias a la rápida disponibilidad de sus hidratos de carbono (azúcares y almidones)
Humor y estrés	Una pausa para comer un chocolate puede mejorar el humor y aliviar la tensión.

CAPITULO III: METODOLOGÍA

Para la realización de este Trabajo, se siguieron los siguientes pasos:

Investigación acerca de la Alcalinización

En esta etapa se realizó la recolección y el estudio de trabajos relacionados con el proceso de transformación del cacao, la fabricación del chocolate, la alcalinización; así como el material necesario para la elaboración del diseño y el estudio de factibilidad.

Debido a que el proyecto se realizaría en otro país, primero se realizó una investigación bibliográfica, sin estudiar los documentos de la planta. Esta información fue recopilada de la siguiente manera:

1. Se visitaron las bibliotecas existentes en la UCV como son: la Biblioteca de la Escuela de Ingeniería Química, la Biblioteca Central, la Biblioteca de Tecnología de Alimentos; también se visitó la Biblioteca Central de la USB. Donde se recopilaron y estudiaron los procesos de transformación del cacao, la fabricación del chocolate y el proceso de alcalinización al cual es sometido el chocolate.
2. En la Biblioteca “Rafael Martín”, de la Escuela de Ingeniería Química se recopiló el material necesario para la elaboración del diseño y del estudio de factibilidad, entre los cuales se encuentran guías para la realización de DFP y DTI, normas para la realización de un diseño de una planta, guías para la realización de flujos de cajas y estimación de costos, entre otros.
3. Se recopilaron las normas Covenin relacionadas al chocolate y al cacao, así como los métodos para realizar pruebas a éstos alimentos.
4. Se realizó la revisión de los principales criterios de diseño de los equipos que conformarían la planta de alcalinización.

Realización de las Prácticas de Laboratorio.

El objetivo de las prácticas de laboratorio fue el de determinar las características de la materia prima, así como realizar diferentes pruebas para obtener diferentes grados de alcalinización del licor de cacao. Para cada prueba se realizaron tres tomas de muestras con igual número de mediciones, para tener un valor estadísticamente correcto. El procedimiento detallado de las prácticas fue el siguiente:

Parte I: Caracterización de la Materia Prima:

1. Determinación de la Ceniza (%): Se determinaron las cenizas totales, siguiendo el procedimiento descrito a continuación:

Materiales: para la realización de la determinación de la ceniza se emplearon los siguientes materiales:

- Tres (3) crisoles limpios de fondo plano.
- Una balanza analítica.
- Una mufla
- Una estufa eléctrica.
- Una hornilla eléctrica.
- Una espátula.
- Una pinza.
- Un desecador.
- Un cronómetro.

Procedimiento:

- a) Se encendió la mufla y se esperó que la temperatura se estabilizara en 550°C.
- b) Se lavaron los crisoles, enjuagándolos con agua destilada y alcohol. Se utilizaron un total de tres crisoles por muestras para validar los resultados estadísticamente
- c) Los crisoles se colocaron en la hornilla y se esperó que se secarían.
- d) Los crisoles se marcaron y colocaron en la mufla, con ayuda de una pinza por 15 minutos.
- e) Se colocaron los crisoles en un desecador.
- f) Se esperó que se enfriaran y luego se pesaron.
- g) Se anotó el peso de los crisoles vacíos en una tabla.
- h) Se pesaron, en los crisoles, la cantidad de alimento adecuado (aproximadamente 1 gramo).
- i) Se calentó hasta que la masa se carbonizara en una vitrina con ayuda de una hornilla.
- j) Se pasaron los crisoles a la mufla hasta que se quemó todo el carbono (aproximadamente 4 horas).
- k) Se colocaron los crisoles con las cenizas en un desecador.
- l) Se esperó que se enfriaran y posteriormente se pesaron.
- m) Se determinó el porcentaje de cenizas totales de la muestra original.

Cálculos:

$$\%ceniza = \frac{m_i - m_f}{m_i} * 100$$

2. Humedad (%): Se empleó el método de secado en cápsula abierta.
Materiales: para la realización de la determinación de la humedad se emplearon los siguientes materiales:
- Tres cápsulas Pietri de fondo plano y unos 7 cm. de diámetro.
 - Una balanza analítica.
 - Una estufa eléctrica.
 - Una hornilla eléctrica.
 - Una espátula.
 - Una pinza.
 - Un desecador.
 - Un cronómetro.
- a) Se encendió la estufa y se esperó que la temperatura se estabilice en 40°C.
- b) Se lavaron las cápsulas, enjuagándolos con agua destilada y alcohol. Se utilizaron un total de tres cápsulas por muestras para validar los resultados estadísticamente.
- c) Se colocaron las cápsulas en una estufa, controlada termostáticamente a la temperatura de secado elegida, durante 20 minutos.
- d) Se colocaron las cápsulas en un desecador.
- e) Se esperó que se enfriara y luego se pesaron.
- f) Se anotaron los pesos de las cápsulas vacías en una tabla.
- g) Se pesó la cantidad conveniente de muestra en cada una de las cápsulas.
- h) Se distribuyó bien la muestra sobre el fondo de la cápsula.
- i) Se colocaron las cápsulas en la estufa.
- j) Se esperó el tiempo oportuno de secado (30 min.).
- k) Se colocaron en el desecador.
- l) Se pesaron las cápsulas inmediatamente después que se enfriaran.
- m) Se repitieron todos los pasos hasta conseguir una pesada constante, colocando la cápsula en la estufa por intervalos de una hora.

Cálculos:

$$\text{Humedad}(agua)(\%) = \frac{m_i - m_f}{m_i} \times 100$$

donde:

Humedad (%): humedad contenida en el alimento (%)

m_i : masa inicial de la muestra (g)

m_f : masa final de la muestra (g)

$$\text{Sólidos totales (\%)} = 100 - \text{humedad (\%)}$$

3. pH: Se empleó un método eléctrico que ofrece mayor exactitud; empleando como instrumento un pH- metro. Se midió la diferencia de potencial entre un electrodo patrón de calomelanos y un electrodo de vidrio por balanceo en un potenciómetro.

Materiales: para la realización de la determinación del pH se emplearon los siguientes materiales:

- Potenciómetro para medir el pH.
- Vasos de precipitados de 200 ml.
- Cilindro graduado de 100 ml.
- Una balanza analítica.
- Papel de filtro para filtración rápida.
- Embudos de vidrio.
- Agitador.
- Pipetas volumétricas.
- Termómetro.
- Una estufa eléctrica.
- Una espátula.
- Una pinza.

Reactivos:

- Solución tampón de pH 4 y 7.

Procedimiento:

Preparación de la Muestra:

- a) Se lavó todo el material, enjuagándolo con agua destilada y alcohol.
- b) Se colocaron los vasos precipitados en una estufa, controlada termostáticamente a la temperatura de secado elegida, durante 20 minutos.
- c) Se colocaron los vasos precipitados en un desecador.
- d) Se esperó que se enfriara y luego se pesaron.
- e) Se anotaron los pesos de los vasos precipitados en una tabla.

- f) Se pesaron 10 g. de muestra en cada vaso precipitado de 200 ml.
- g) Se agregó 90 ml. de agua destilada.
- h) Se homogeneizó la solución hasta que quedara libre de grumos.
- i) Se filtró la suspensión.
- j) Luego se dejó que el filtrado alcanzará una temperatura de 25°C aproximadamente.

Determinación de pH.

- k) Se sumergieron los electrodos del potenciómetro en un vaso de precipitado que contenía agua destilada.
- l) Se conectó el aparato y se llevó el control a posición “neutral”, se esperó 5 minutos hasta que se estabilizó.
- m) Se sacaron los electrodos del agua destilada y se secaron con una toalla de papel fino.
- n) Se sumergieron los electrodos del potenciómetro en un vaso de precipitado que contenía la solución tampón de pH 4.
- o) Se calibró el aparato de acuerdo al pH de la solución tampón (pH 4)
- p) Se devolvió el control a la posición “neutral”.
- q) Se sacaron los electrodos de la solución tampón.
- r) Se lavaron con agua destilada y se secaron con una toalla de papel fino.
- s) Se verificó la temperatura de la muestra que se medirá.
- t) Se sumergieron los electrodos en la muestra
- u) Se leyó el valor del pH se la muestra.
- v) Se regresó el control a la posición “neutral”.
- w) Se sacaron los electrodos.
- x) Se lavaron con agua destilada y se secaron con una toalla de papel fino.
- y) Se repitieron los pasos “s” al “x” para dos muestras restantes.

4. Grasa: La determinación de la grasa en el licor se realizó por el método de extracción directa de un disolvente descrito a continuación:

Materiales: para la realización de la determinación de la grasa se emplearon los siguientes materiales:

- Extractores continuos de tipo Soxhlet – Belton. (Tres (3) extractores).
- Tres soportes universales.

- Pinzas
- Tres matraces de fondo redondo.
- Tres mantas eléctricas
- Sistemas de refrigeración (tres, 3)
- Papel de Filtro.
- Éter de petróleo como agente disolvente.
- Un evaporador

Procedimiento:

- a) Se lavó todo el material, enjuagándolo con agua destilada y alcohol.
- b) Se colocaron los matraces y los extractores en una estufa, controlada termostáticamente a la temperatura de secado elegida, durante 20 minutos.
- c) Se colocaron los matraces en un desecador.
- d) Se esperó que se enfriara y luego se pesaron.
- e) Se anotaron los pesos de los matraces en una tabla.
- f) Se dobló el papel de filtro en forma de “cartucho”.
- g) Se pesó aproximadamente 2 gr. de la muestra sobre el papel de filtro.
- h) Se cerró el cartucho de forma que la muestra no pudiera salir.
- i) Se introdujeron los cartuchos en el extractor.
- j) Los matraces se llenaron de solvente a una altura un poco mayor de la mitad.
- k) Se procedió a armar el equipo de la siguiente forma:
 - a. Se conectó el sistema de refrigeración al grifo para utilizar el agua como agente refrigerante.
 - b. El sistema refrigerante se conectó a los extractores y éstos a los matraces.
 - c. Los matraces fueron colocado sobre mantas eléctricas las cuales permitían la evaporación del solvente.
- l) Se esperó aproximadamente 5 horas de extracción.
- m) Se apagaron las mantas.
- n) Se retiraron los matraces, uno a la vez.
- o) Se colocaron en el evaporador, para recuperar el solvente.
- p) Se pesaron los matraces, debido a que la grasa quedaba depositada.

- q) Se calculó el porcentaje de grasa extraída por diferencia de peso en los matraces.

Parte II: Pruebas de Alcalinización

Para la alcalinización del licor de cacao, se utilizó como agente alcalinizante Carbonato de potasio (K_2CO_3), y las pruebas para determinar la concentración adecuada fueron las siguientes:

1. Determinación la concentración de la solución de álcali:

Materiales:

- Vasos precipitados de 500 ml.
- Agitador
- Balanza analítica.
- Recipiente para hacer baño de Maria
- Espátula
- Termómetro.

Procedimiento

- a) Se lavó todo el material, enjuagándolo con agua destilada y alcohol.
- b) Se colocaron los vasos precipitados en una estufa, controlada termostáticamente a la temperatura de secado elegida, durante 20 minutos.
- c) Se colocaron los vasos precipitados en un desecador.
- d) Se esperó que se enfriara y luego se pesaron.
- e) Se anotaron los pesos de los vasos precipitados en una tabla.
- f) Se pesaron 50gr. de licor de cacao en un vaso de precipitado.
- g) Se coloca a baño de Maria controlando la temperatura a $50^{\circ}C$.
- h) En otro vaso de precipitado se preparó una solución saturada de álcali (1,5 gr. que representa 3% en peso).
- i) Se agregó el álcali y se agitó fuertemente.
- j) Se mantuvieron las condiciones (temperatura y agitación) hasta que la mezcla se homogeneizó.
- k) Se midió el tiempo.
- l) Se repitió el mismo procedimiento anterior pero variando la concentración del álcali para que representara el 2,5%; 2%; 1,5% 1% y 0,5%

m) Se empleó una solubilidad del álcali de 1,3 gr. sto / gr. ste.

2. Luego se caracterizaron todas las muestras de alcalinización de las distintas pruebas, siguiendo el mismo procedimiento de la caracterización de la materia prima (licor de cacao sin alcalinizar).
3. Una vez hallada la concentración ideal, se realizaron las mismas pruebas de alcalinización pero variando la temperatura y midiendo el tiempo en que la mezcla se homogeneizaba.

Realización de Prácticas Industriales

El objetivo de estas prácticas era la selección del grado de alcalinización deseado y comprobar su efecto en el sabor del chocolate final. Como la empresa sólo deseaba disminuir la astringencia como objetivo primordial, se utilizó la concentración del álcali que condujera al pH más próximo a 7, debido a que generalmente para un licor de usos diversos es el pH más adecuado (DESROSIER, 1997).

1. La primera prueba consistió en alcalinizar 100 kilos de licor de cacao, para lo cual se empleó una de las ollas de homogenización y se requirió la ayuda del personal para realizar un mejor mezclado. El álcali se disolvió en una olla con ayuda de una estufa con agitación manual. Luego se dejó la mezcla por 8 horas para que perdiera toda su humedad y se determinó el pH, con ayuda de un pH – metro de bolsillo. La mezcla obtenida fue mezclada con chocolate previamente preparado.
2. La segunda prueba consistió en alcalinizar una tonelada de licor de cacao y fabricar chocolate para comprobar el sabor final del mismo y su comportamiento en la conchadora. Se preparó de la misma forma explicada anteriormente y se fabricó chocolate siguiendo el procedimiento de fabricación empleado por chocolates Breick.

Elaboración del Diseño

La elaboración del diseño se dividió en varias partes:

1. Elaboración de los documentos de la planta existente: se realizaron los documentos necesarios de la planta de transformación del cacao como de la planta procesadora de chocolate, entre ellos se encuentran:
 - a. Balance de Masa y Energía.
 - b. Diagrama de Flujo de Proceso.
 - c. Diagrama de Instrumentación y Tuberías.

-
2. Elaboración de los documentos y parámetros necesarios para el diseño de la planta de alcalinización del licor de cacao.
 - a. Capacidad de la Planta: se estableció la cantidad total de licor de cacao alcalinizado a obtener en una carga. A partir de los parámetros de producción fijados por la empresa.
 - b. Características y condiciones de la alimentación: se especificaron las características de la alimentación y las condiciones del proceso, así como también se especificaron la de los tratamientos de la prealimentación, como temperatura, presión, concentración.
 - c. Especificaciones del producto: se indicaron las especificaciones del producto obtenidas a partir de las pruebas de laboratorio y las condiciones a las cuales entra al siguiente equipo (el cual puede ser: prensa, mezcladora o tanque de almacenamiento).
 - d. Características de los servicios industriales: se establecieron las características y condiciones de los servicios industriales: electricidad y agua.
 - e. Factor de servicio: se especificó, en base anual, el tiempo en el cual la planta no operará.
 - f. Requerimientos de Almacén: se establecieron las capacidades de almacenamiento requeridas para la materia prima y los productos intermedios.
 - g. Normas y códigos aplicables: se definió el marco general para el diseño, haciendo referencia a las especificaciones de ingeniería y a las normas y códigos aplicables.

 3. Elaboración de la filosofía de diseño, control, seguridad y protección: se definieron parámetros básicos en relación con: sobrediseño de equipos, flexibilidad operacional, grado de automatización, señalización y transmisiones de señales.

 4. Elaboración de la descripción del proceso: tiene la finalidad de mostrar las características fundamentales del proceso para que la interpretación del diagrama de flujo de proceso (DFP) sea más fácil. Se incluyó la información relevante del proceso, así como las condiciones de operación, características y equipos involucrados.

 5. Elaboración del diagrama de Flujo del Proceso (DFP): se representaron esquemáticamente el proceso, incluyendo las condiciones de operación normal y el control básico. También se indicaron los efluentes (líquidos, gases y / o sólidos) emanados del proceso y su disposición. En el

diagrama se incluyó el balance de masa e información para el diseño y especificación de equipos.

6. Dimensionamiento y elaboración de las hojas de especificaciones de los equipos de la planta: se realizó el dimensionamiento y especificación de todos los equipos de la planta, incluyendo los diámetros de las líneas y cabezales principales de acuerdo con las normas y códigos aplicables.

Tanque de Agitación: para el diseño del tanque de agitación principal (licor de cacao) y para el diseño del mezclador (disolución del álcali en agua) se recopiló toda la información del proceso (propiedades de las compuestos), así como las características de los tanques de agitador y tipos de agitador, para poder definir el tipo de agitador a emplear.

Tuberías: el diseño de tuberías que conforman la planta, se realizó siguiendo como premisa principal, las dimensiones de las tuberías ya existentes, para las corrientes que se conectaban con los equipos de la planta de procesamiento del chocolate. Para el dimensionamiento de nuevas tuberías, se recurrió a la guía de diseño y dimensionamiento de tuberías y se seleccionó de acuerdo a una tabla para fluidos líquidos (agua) las dimensiones de las mismas y las cuales fueron reportadas.

Bombas: para seleccionar y especificar las bombas en primer lugar se recopiló las propiedades del líquido a ser bombeado, en condiciones críticas, en condiciones de operación normal, las cuales fueron: densidad, temperatura, viscosidad, así como el flujo requerido por el proceso. Luego, se realizaron los cálculos necesarios para definir la especificación.

Intercambiadores de Calor: para el diseño y la determinación del intercambiador de calor a utilizar, primero se recopilaron los datos necesario de la corriente a utilizar, se calculó el calor necesario para elevar la temperatura y se procedió a determinar el tipo de intercambiador y a realizar los cálculos necesarios para su especificación.

7. Elaboración de las Estrategias de Control: la realización de las estrategias de control se dividió en dos secciones. La primera, era diseñar las estrategias de control de la Planta de Alcalinización del Licor de Cacao, la cual se basó en estudiar el proceso y definir las variables a controlar, luego se definieron los parámetros y el tipo de controlador a emplear. Luego, la segunda sección, se realizó un diseño de una estrategia de control a proponer para la automatización del resto de las plantas, para lo cual se estudió el funcionamiento de los equipos, las variables más importantes a controlar y se definieron, igualmente, los parámetros y el tipo de controlador a emplearse. Posteriormente, se realizó un lista de instrumentos de control a emplear y se estimó el costo que representaría emplear esta estrategia de control a toda la planta de fabricación de chocolates Breick.

8. Elaboración de diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI): se empleó como guía el Diagrama de Flujo de Proceso realizado anteriormente. Se presentan las dimensiones e identificaciones de las principales tuberías de proceso, indicando, diámetro y las características más relevantes de los equipos de la planta. En este diagrama se muestra la nomenclatura ISA para el sistema de control de la planta, indicando tipo de medidores y controladores tipo de señal (eléctrica o neumática).

9. Elaboración del Estudio de Mercado: para realizar el estudio de mercado se procedió a recopilar la información necesaria suministrada por la empresa de chocolates Breick, como encuestas y estudios de mercados anteriores. Además, se utilizó información suministrada por la Organización Mundial del Cacao en cuanto al consumo por país. De esta manera se realizó un análisis de la oferta y de la demanda de chocolates en Bolivia y de su posible incremento anual.

10. Elaboración del Estudio Financiero Económico: para la elaboración del estimado de costo, primeramente se recopiló la información de los costos de los equipos y su valor en los puertos, luego se cálculo según porcentajes investigados y ajustes realizados por la empresa el valor de la importación, de los costos de mantenimiento, y asociados a los gastos de la planta en general. El estimado de los costos realizado es de clase 5.

CAPITULO IV: PLANTA DE PROCESAMIENTO DEL CHOCOLATE BREICK

Localización de la Planta

La localización de la planta de producción de la empresa está ubicada en Departamento de La Paz, Provincia Murillo, ciudad de La Paz, zona Villa el Carmen, Bolivia.

Capacidad Instalada y Utilizada

La capacidad instalada y utilizada de las diferentes plantas que se encuentran en la fábrica de chocolates Breick, se muestra a continuación:

Tabla VII: Capacidad Instalada y Utilizada del departamento de procesamiento del cacao

Planta	Capacidad Instalada	Capacidad Utilizada
Clasificadora/ seleccionadora semiautomática	1000Kg./día	230 Kg./día
Tostadora	400 Kg./ día	200 Kg./día
Descascarilladora/ peladora	400 Kg./ día	197 Kg./día
Molino de pines	1000 Kg./ día	175 Kg./día
Molino de Bolas	1000 Kg./ día	173 Kg./día

Tabla VIII: Capacidad Instalada y Utilizada del departamento de procesamiento del chocolate

Planta	Capacidad Instalada	Capacidad Utilizada
Ollas de Homogenización (2 unidades)	1000 Kg./ día 2000 Kg./ día	140 Kg./día
Prensa	1000 Kg./ día	83 Kg./día
Mezcladora	250Kg./hora	170 Kg./día
Refinadora de Rodillos	250 Kg./ hora	170 Kg./día
Conchadora	4000 Kg./ hora	165 Kg./día
Moldeadoras (2 unidades)	2000 Kg./ día 1000 Kg./ día	160 Kg./día
Empaquetadoras (tabletas, bombones, grageas)	1000 Kg./ día 250 Kg./ día 500 Kg./ día	160 Kg./día

Infraestructura de Servicios

La planta existente está ubicada en la ciudad de La Paz, por lo que cuenta con suficiente capacidad de los servicios de energía eléctrica, telefonía y comunicación vial y agua.

Factor de Servicio

Actualmente en el la fábrica se trabaja 1 turno por día para un total de 8 horas por día y 22 días por mes, durante 12 meses al año, exceptuando un mes de 26 días destinados a la producción de pascua, donde se realizan dos turnos por día para un total de 15 horas por día. Obteniéndose un factor de servicio de 27%.

La planta opera 260 días al año con una producción anual de 120 toneladas distribuidas en diferentes productos de chocolates.

Efluentes y Pérdidas del Proceso

El proceso productivo no genera ningún tipo de desecho nocivo líquido, sólido o gaseoso. Los únicos desechos generados (no nocivos) son sólidos y se refieren a la cáscara del cotiledón separada durante el proceso de descascarillado del grano. Las aguas servidas generadas por los servicios de aseo personal se envían al sistema municipal de recolección de aguas servidas existente, mediante un tendido de tuberías.

Requerimiento de Almacén

La planta cuenta con los siguientes equipos de almacenamiento:

Almacenamiento de la materia prima con capacidad de 35 toneladas:

- Se almacenan leche, azúcar, cacao, en sus respectivos empaques como fueron adquiridos.
- Se almacenan envoltorios, etiquetas, cajas y todo el material necesario para el empaquetado y embalaje.

Almacenamiento intermedio:

- Licor y manteca, los cuales se guardan en bolsas de polietileno y cajas.

Almacén de los productos con capacidad de 25 toneladas:

- Tabletas, bombones, grageas y jarabe, los cuales se almacenan empaquetados y / o embalados.

Descripción del Proceso

El proceso de obtención de chocolate puede describirse de acuerdo a las siguientes etapas que conforman el proceso:

Procesamiento de los granos del cacao (proceso ocasional)

ETAPA 1: Preparación de la materia prima.

- **Selección / Clasificación de los granos:** Los granos de cacao se introducen en la máquina clasificadora S -101, donde se hace una selección por peso, obteniéndose dos clasificaciones. Este proceso es semiautomático, y para su funcionamiento se requiere de tres trabajadores que lo manejen. Este equipo cuenta con una recirculación de los granos manual, para una mejor clasificación y a su salida se almacenan directamente por gravedad en el almacén de granos clasificados B -101 para el tueste.

ETAPA 2: Torrefacción.

- **Proceso de torrefacción:** Los granos de cacao se cargan dentro del tostador RR-101, en donde se modifican las características de grano (color, volumen, contextura), así como también su composición debido a las transformaciones químicas que ocurren durante el proceso, originando el aroma y el sabor característico del grano.

Para lograr que el grano se tueste uniformemente dentro del tostador se debe incrementar progresivamente la temperatura y así obtener las características físicas del grano y lograr que se lleven a cabo las transformaciones químicas.

Luego de esperar el tiempo óptimo requerido para lograr que el grano este perfectamente tostado, se abre la compuerta del tostador que permite

desalojar los granos de cacao tostados al enfriador por aire E-101, el cual tiene en su interior una serie de alabes estratégicamente posicionados que permite mantener en constante movimiento los granos de cacao tostados y facilita el paso de aire entre los intersticios de los mismos. Seguidamente los granos son llevados a la peladora o descascarilladora S-102 mediante el uso de un transportador de aire soplado X-101.

ETAPA 3: Descascarillado.

Descascarilladora / Peladora: Los granos de cacao tostados pierden su cáscara fácilmente; la descascarilladora S-102 separa los cotiledones (nib) y la cáscara a través de tamices mediante un proceso de vibración. Los nib son transportados hasta los molinos mediante un transportador de aire soplado X-102.

ETAPA 4: Molienda.

- **Molino de Pines:** los cotiledones tostado se descargan al molino A-101, el cual tiene como función principal reducir el grano hasta llegar a un tamaño de partícula de 152 μ m. aproximadamente. Aquí el cacao se convierte en una pasta espesa que se transporta a través de la bomba reciprocante (desplazamiento positivo) P-101A/B, la cual envía dicha pasta hacia el molino de bolas A-102.
- **Molino de Bolas:** su función principal es hacer una masa más uniforme, con un tamaño de grano de 13 μ m. aproximadamente. El licor de cacao obtenido se transporta hasta las ollas de homogenización T-201A/B mediante un deslizamiento por el sistema de transporte X-203.

Procesamiento del Chocolate

La materia prima base es el licor de cacao comprado al Ecuador. Cuando se procesa cacao en la planta el licor se une con éste.

ETAPA 5: Homogenización

- **Proceso de Homogenización:** El licor de cacao es introducido manualmente a las ollas; pero ocasionalmente cuando se procesa cacao éste desciende del molino de bolas A-102 directamente a las ollas de homogenización T-201A/B. El licor es batido durante un tiempo aproximado de 8 horas a una temperatura de 115°C, con el objetivo de disminuir la humedad presente en el licor y llevarlo a las condiciones necesarias para los siguientes equipos, como a la prensa hidráulica S-203, mediante la inyección de la bomba P-202A/B; o para el almacén de licor T-304, manualmente.

ETAPA 6: Prensado

- **Proceso de Prensado:** El proceso de prensado básicamente consiste en separar del licor de cacao la manteca. La cantidad de manteca de cacao extraída dependerá de la presión ejercida por la prensa hidráulica. De esta manera se obtienen dos productos: manteca de cacao y torta de cacao (residuo obtenido de la extracción de la grasa al licor de cacao). La manteca de cacao es transportada manualmente al mezclador ME-201, donde se unirá con los demás ingredientes necesarios para hacer el chocolate, como azúcar, licor de cacao, leche, entre otros. La torta de cacao, se transportará manualmente al molino de cocoa A-304, para producir la cocoa (ingrediente básico para las bebidas achocolatadas).

ETAPA 7: Mezclado

- **Proceso de Mezclado:** para realizar las diferentes clases de chocolates (de leche, bitter, blanco), se emplea la mezcladora de moletas ME-201, que con ayuda de sus grandes rodillos amasa y mezcla los ingredientes. Luego que los ingredientes se encuentren bien unidos, mediante el tornillo sin fin X-204, la mezcla es transportada a la refinadora A-203

ETAPA 8: Refinado

- **Refinado:** La mezcla de chocolate “migaja”, es pasada a través de rodillos para reducir el tamaño de partícula al deseado. Estos rodillos giran a gran velocidad y están muy próximo uno del otro. La refinadora A-203 cuentan con 5 rodillos. La migaja pulverizada cae directamente al tanque T-201 por gravedad. De donde es transportada manualmente de nuevo a la mezcladora, donde se le agrega el emulsificante. Luego es transportada manualmente a la concheadora T-203

ETAPA 9: Conchado

- **Conchado:** en el conchado el chocolate desarrolla sus características propias (textura, aroma, sabor), este proceso consiste básicamente en colocar la masa en grandes ollas en las cuales el chocolate se mantiene a una temperatura de 80°C donde es agitado continuamente por muchas horas.

ETAPA 10: Preparación de la Cocoa

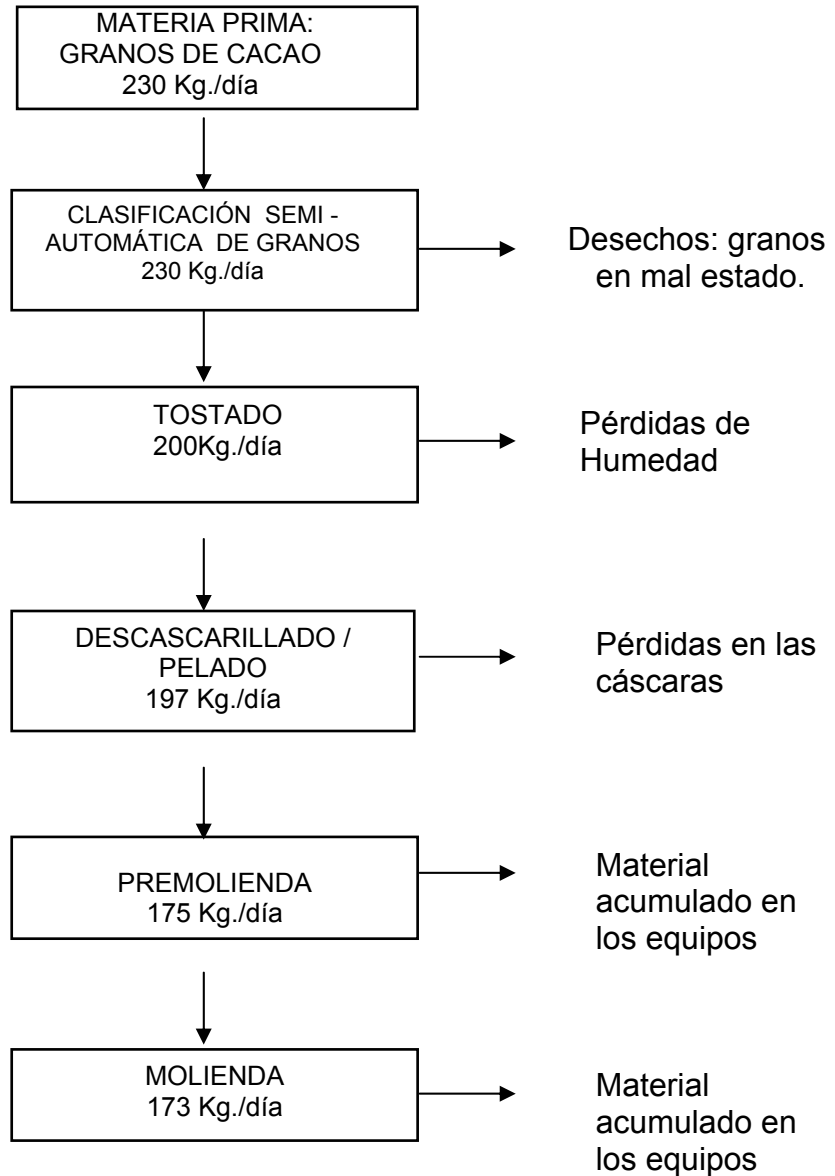
- **Proceso de molienda:** la torta seca que se obtuvo en la prensa S-203, es transportada manualmente al molino de cocoa A-304, donde es pulverizada y luego envasada en bolsas de polietileno, para su almacén y distribución.

ETAPA 11: Moldeado y envasado

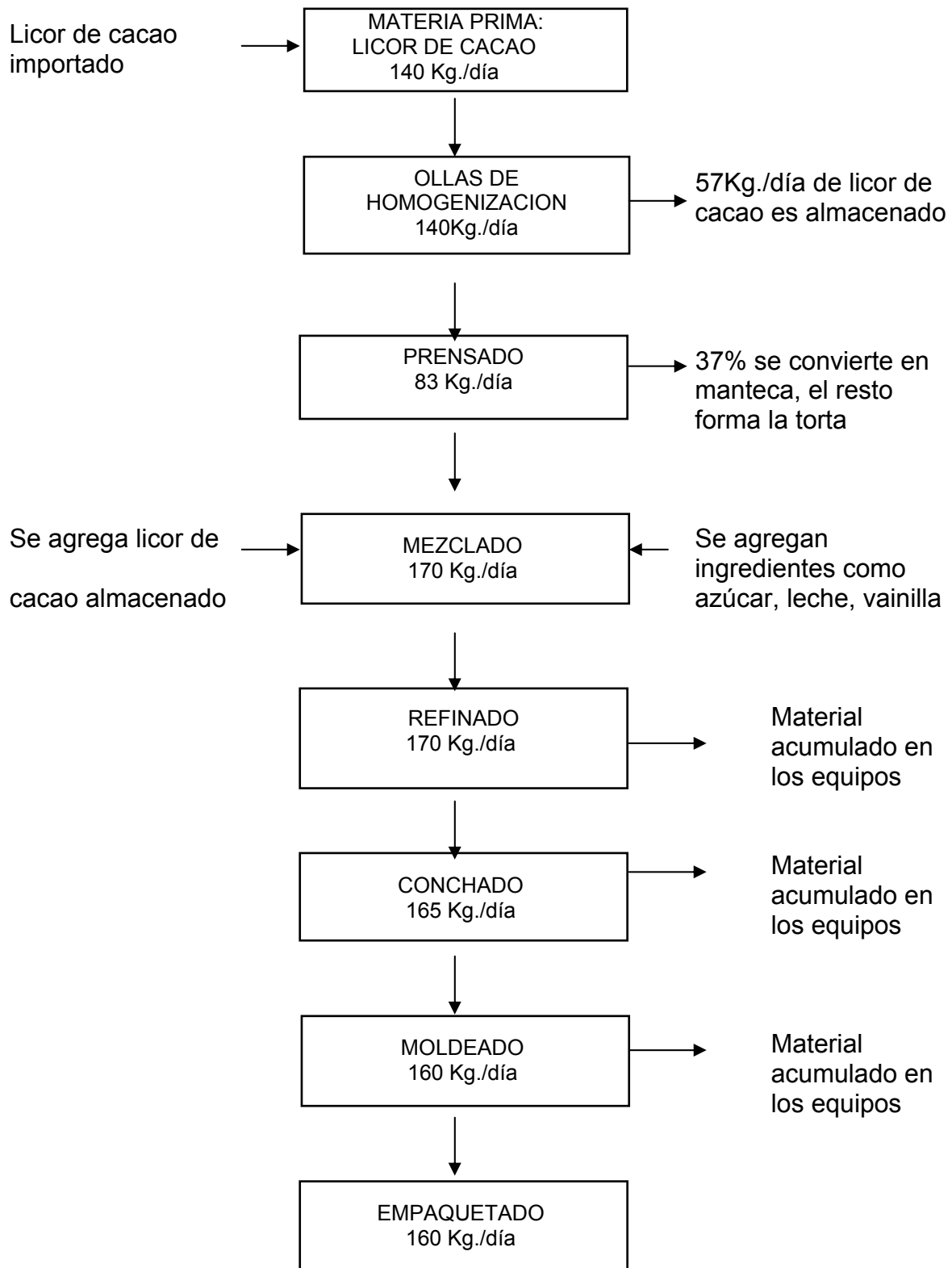
- **Proceso de Moldeado:** La masa de chocolate fluye hacia la máquina moldeadora AA-401, con ayuda de las bombas P-203 A/B, donde primeramente llega a unos tanques y a partir de éstos es dosificada en los diferentes moldes.
 1. **Endurecimiento de la barra:** los moldes llenos se deslizan a través de un túnel de enfriamiento, éstos son agitados suavemente para asegurar una distribución uniforme del chocolate.
 2. **Rellenos:** para los chocolates rellenos, en los molde enfriados se les agrega el relleno y luego otra capa de chocolate, en un proceso similar.
- **Envasado:** el chocolate es removido de los moldes y transportado manualmente o mediante el uso de correa a la máquina empaquetadora AX-401 (tabletas, bombones y grageas), donde es envuelto y empaquetado para su futura distribución.

Diagrama De Bloque Del Proceso

Planta de Procesamiento del Cacao (ocasional):



Planta de Procesamiento y Envasado del Chocolate:



Es importante destacar que la planta de procesamiento del cacao es operada ocasionalmente, cuando se necesita mayor cantidad de materia prima o cuando hay escasez del licor de cacao. Debido a que la producción de esta planta es ocasional, este balance de masa no se relaciona con los de las plantas posteriores.

Para realizar el Balance de masa asumieron las siguientes premisas:

Premisa 1:

En la seleccionadora se pierde el 9% en peso debido a que son granos grado I (mohosos 3%, pizarrosos 3% y planos, germinados o dañados 3%)

Premisa 2:

En la tostadora se pierde 5% del peso en pérdida de humedad y otras transformaciones

Premisa 3:

En la peladora o descascarillado se pierde el 11,25% en peso de la cáscara, quedando el grano con un máximo de 1,75% de cáscara.

Premisa 4:

En todos los equipos se pierde un 1%, debido al material que queda acumulado en el equipo.

Premisa 5:

A las ollas de homogenización se les agrega 140Kg de licor comprado a otra empresa. En estas ollas si pierde el 2% del peso entre la humedad y el material acumulado.

Premisa 6:

Los números en letra cursiva es el porcentaje contenido de manteca de cacao.

Premisa 7:

En todos los equipos se habla del grano de cacao y por eso no se diferencia entre la manteca, el licor y la torta, en cambio en la prensa como hay una separación física se coloca su masa

Premisa 8:

De las ollas de homogenización, sólo es prensada la cantidad necesaria para producir manteca de cacao y torta o cocoa. La cantidad de licor no prensada es mezclada directamente para producir chocolate.

Premisa 9:

La Torta contiene un 22% de manteca

Premisa 10:

En la mezcladora entran diferentes ingredientes para hacer el chocolate, se supone que se esta haciendo chocolate con amargo y los porcentajes son los siguientes.

Licor 32%

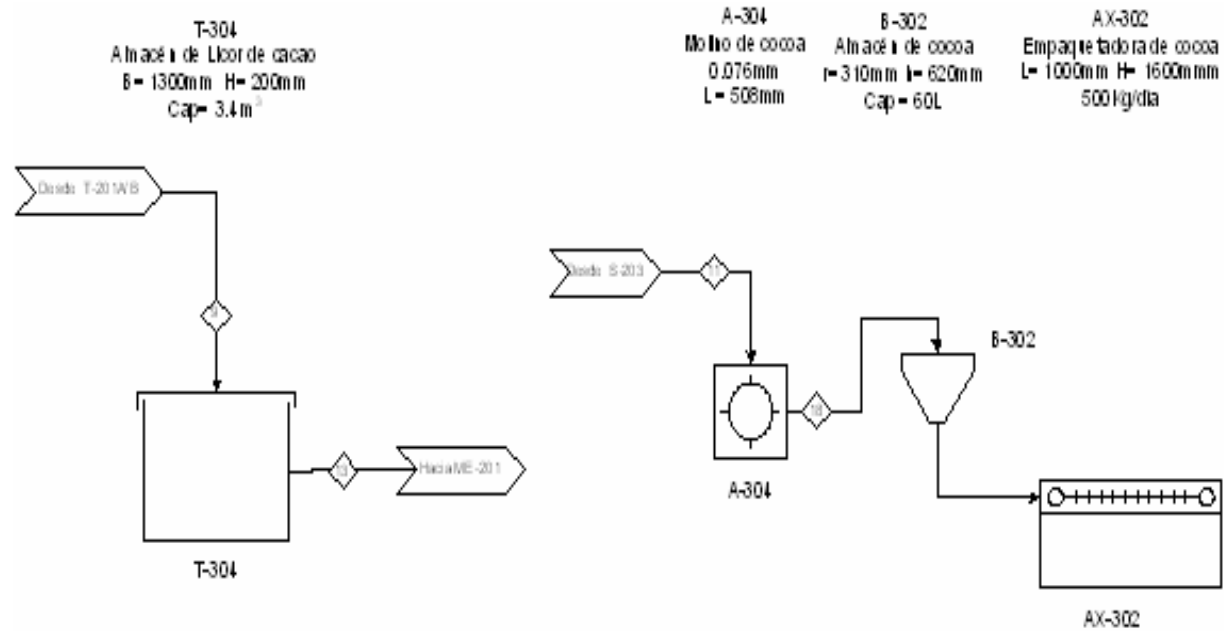
Azúcar 50%

Manteca 18%

Lecitina

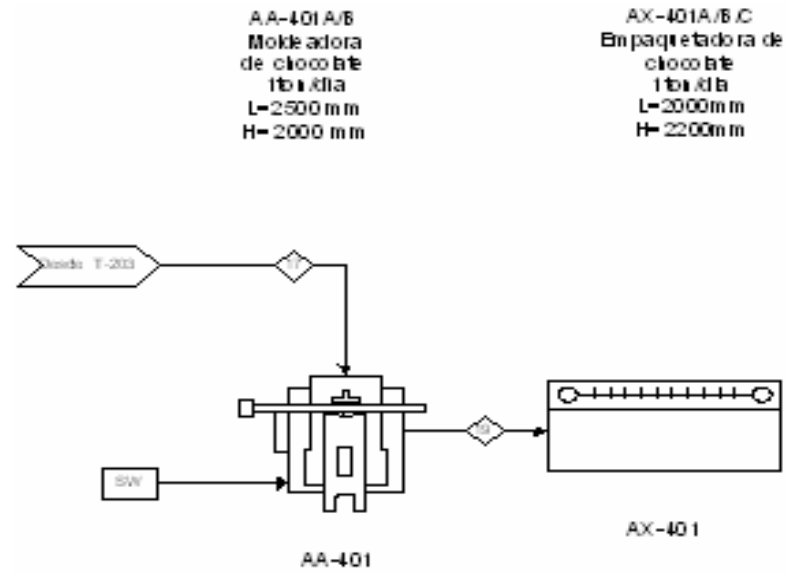
Vainilla

Planta #3: Procesamiento de la Cacao



Corriente	9	11	13	18
Manteca	82	49	32.8	-
Licor	138,6	-	55,6	-
Cocoa	-	83	-	51,8
Temperatura °C	50	50	40	20
Presión mmHg	515	10800	515	515

Planta #4: Envasado



Corriente	17	19
Chocolate	165,5	163,9
Temperatura °C	25	25
Presión mmHg	515	515

CAPITULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el Estudio de Factibilidad y Diseño de una Planta de Alcalinización del Licor de Cacao, mediante la metodología expuesta anteriormente, seguidos de una explicación de los mismos.

Es importante destacar que los resultados expuestos están divididos en tres grandes grupos, los cuales están integrados por un Estudio de Mercado, el Estudio Técnico y el Estudio Económico – Financiero.

Para el Estudio de Mercado es analizada la oferta y la demanda del producto; dicho estudio esta basado en datos suministrado por la empresa, por medio de una encuesta realizada a una determinada muestra de la población.

En el Estudio Técnico, donde se presentan las bases del diseño y el diseño de los equipos; para lo cual fueron aplicadas las normas de PDVSA, en cuanto a diseño de equipo e instrumentación y respetando las normas establecidas para productos alimenticios.

Por último, se encuentra el estudio Económico Financiero, en el cual se determina los costos y la rentabilidad del proceso; por medio de dos indicadores económicos como son el valor presente neto y la tasa interna de retorno. Donde también es incluido un análisis de sensibilidad.

Finalmente, se puede decir que la factibilidad de introducir una mejora en el proceso de producción del chocolate para la obtención de un producto de mejor calidad, es fundamental para competir con los productos internacionales y con miras de introducirse a otros mercados.

La puesta en marcha de esta planta cumplirá no sólo con el objetivo de mejorar la calidad del chocolate producido actualmente, sino que esta mejora se logra a un bajo costo de inversión y mantenimiento, además de no requerir personal capacitado adicionalmente para su utilización.

Estudio de Mercado

El chocolate ha alcanzado comercializarse en la mayoría de las regiones del mundo pero el nivel de consumo varía ampliamente. Las naciones desarrolladas generalmente tienen niveles altos de consumo de chocolate comparado con los países del subdesarrollo.

En su Boletín Trimestral de Estadísticas de Cacao, la **ICCO** (Organización Internacional del Cacao) publica estimaciones del consumo anual (se incluye el cacao de confitura y otros productos que contienen cacao). Las estimaciones para 1998/99 muestra que el consumo de cacao mundial era alrededor de 0.525 kilogramos por cabeza (o 0.972 kilogramos por cabeza que excluye China, India e Indonesia cuyas grandes poblaciones tienen un efecto desproporcionado en el consumo mundial per cápita). Hay, sin embargo, enormes variaciones en los niveles de consumo entre las regiones. Los países de Europa consumen alrededor de 1.729 kilos por persona, América 1.299 kilos, Asia y Oceanía 0.093 kilos y África 0.146 kilos.

Tabla IX: Datos del mercado en América del Sur en 1997/98

País	Consumo Kg/pers
Argentina	0.880
Bolivia	0.411
Brasil	0.744
Chile	0.744
Colombia	1.073
Ecuador	0.370
Guatemala	0.053
México	0.424
Panamá	0.703
Perú	0.280
Uruguay	0.713
Venezuela	0.311

América Latina tiene un mercado de \$10bn, repartido en un 60% en chocolate y 40% en confitería. Hubo un crecimiento sostenido del mercado hasta 1997, en línea con el desarrollo económico general de la región y la inflación más bajo en los dos países consumidores más importantes - Argentina y Brasil.

Como en el resto de la demanda mundial, la confitería depende de la evolución positiva de indicadores macroeconómicos importantes. El mercado del chocolate y el de las confecciones ha crecido 60% aproximadamente. Se están sucediendo cambios significantes en el mercado como resultado de estrategias llevadas a cabo por las marcas internacionales importantes. Estos cambios han obligado a las marcas locales y regionales, a formar multinacionales. A pesar de los esfuerzos de multinacionales, los consumidores latinoamericanos todavía escogen y consumen sus marcas tradicionales. El acceso al mercado latinoamericano es difícil, el continente es inmenso y el transporte por tierra es por consiguiente difícil. La población tiene concentraciones urbanas y también es dispersa. Además existen grandes variaciones en el poder adquisitivo entre los centros urbanos y rurales.

Descripción del Producto

El producto a fabricarse es el Licor de cacao Alcalinizado cuyo uso está dirigido esencialmente como insumo para la fabricación de diferentes tipos de chocolates. El producto es materia prima para la fabricación del chocolate en sus diversas presentaciones, dentro de la misma fábrica. Con este proceso se dará inicio a un nuevo estilo de chocolates que pretende llegar a los consumidores más exigentes del mercado y solucionar los problemas de astringencia existentes.

Análisis de la Oferta y la Demanda

Demanda del Producto

Para poder realizar un estudio de la demanda nacional de chocolate es necesario conocer el consumo per-cápita de Bolivia, según estudios realizados por la **ICCO** (Organización Internacional del Cacao) para el año 1998 este se encontraba por el orden de los 0,411 Kg. / persona anuales. Suponiendo que este consumo se ha mantenido para el año 2.001, se realizó un promedio de éste y se obtuvo que cuando Bolivia tenía una población de 8.274.325 habitantes su consumo anual para el año 2.001 fue de 3401 toneladas. Para determinar el consumo durante el periodo de vida útil de la planta se realizó una proyección del crecimiento poblacional, asumiendo una tasa de crecimiento anual de 2.3%, obteniéndose así que la población para el año 2005 (primer año de producción de la planta) será de 8.858.486 habitantes y por la tanto el consumo para ese año será de aproximadamente de 3641 ton si se mantiene el mismo consumo per-cápita. En conclusión se escaló la población desde el año 2001 hasta el 2005 para obtener el nuevo consumo (demanda) durante el periodo de vida útil de la planta.

Luego de realizar este análisis es importante mencionar que el consumo de chocolates presentó un crecimiento ascendente, lo cual se considera importante para la empresa productora. Esto refleja que para el año 2005 habrá una demanda insatisfecha de 240 TN y si se continúan aplicando las mismas consideraciones, cada año aumentará el porcentaje de demanda insatisfecha para la población.

Oferta del Producto

Actualmente la oferta del producto en el mercado esta representada por las siguientes marcas: Nestle, Garoto, Donofrio, Breick, Privilegio, Mackintosh, Snikers, Golazo, Hereseys. Kicoco, Ambrosoli, entre otros. Según datos de la propia empresa, la planta de chocolates Breick, ocupa un cuarto lugar en la distribución del mercado por marca.

Actualmente la empresa produce 120 ton. anuales en diversa gama de productos, y quedando 3281 ton para cubrir por las otras empresas.

La oferta se basó en datos reportados por la empresa del año 2002 para la ciudad de Cochabamba y luego se extrapolaron hasta el 2005 suponiendo que las plantas no aumentan su capacidad.

Del anterior análisis de la oferta, se puede decir que la producción y distribución de chocolates en Bolivia esta enmarcado por un gran número de compañías, de las cuales las más importante empresa boliviana es Breick; dicha empresa cuenta con una capacidad instalada adecuada para competir con las empresas internacionales, de acuerdo al consumo del país. Los precios y la calidad empleados por la empresa son competitivos, pero el mercado está limitado a la población en general y no se encuentran productos para un mercado más selectivo.

Mercado Potencial

Al hacer un análisis de la tendencia de la oferta y la demanda, se puede observar que para el año 2005 existe una demanda insatisfecha de 240 toneladas, de las cuales chocolates Breick podrá cubrir el 18% de dicha demanda, esto representa 44 toneladas adicionales a su producción actual; lo que deja un nicho potencial de mercado del 82% que permitirá absorber futuras expansiones de la oferta -generadas por expansiones de las plantas existentes o por construcción de nuevas plantas- así como amortiguar los efectos que pudieran ejercer contracciones no esperadas de la demanda del mercado sobre la capacidad instalada de producción estimada en el proyecto.

Estudio Técnico

Bases de Diseño

1.- Capacidad Instalada y Utilizada

La capacidad que se va a instalar es de 156.000 Kg. de licor de cacao líquido alcalinizado a ser procesada por año, equivalentes a 600 Kg. por día, la cual se corresponde con la capacidad instalada del departamento de procesamiento del chocolate en cuanto a suministro de esta materia.

A pesar que la cantidad adicional de producción es de 44 toneladas; esta capacidad instalada corresponde a la producción total de la planta, 164 ton. Suponiendo que se alcalinizará todo el licor para obtener manteca de cacao alcalinizada, torta de cacao alcalinizada y licor de cacao alcalinizada.

2.- Características y Condiciones de la Materia Prima

Calidad del Grano

Los estándares Internacionales para cacao requieren que el cacao de calidad negociable sea fermentado, completamente seco, libre de granos con olor a humo, libre de olores anormales y de cualquier evidencia de adulteración. Debe encontrarse razonablemente libre de insectos vivos, de granos partidos, fragmentos y partes de cáscara y razonablemente uniforme en tamaño.

En todo el mundo, los estándares contra los cuales se mide el cacao son los del cacao de Ghana. El cacao se clasifica sobre la base de la cuenta de los granos defectuosos en la prueba de corte. Los granos defectuosos no deben exceder los siguientes límites:

Grado I:

Granos mohosos, máximo 3%

Granos pizarrosos, máximo 3%

Granos planos, germinados o dañados por insectos, máximo en total 3%.

Grado II:

Granos mohosos, máximo 4%

Granos pizarrosos, máximo 8%

Granos planos, germinados o dañados por insectos, máximo en total 6%.

Los granos utilizados en la fábrica de chocolates Breick, son granos de calidad Grado I.

Propiedades del Licor de Cacao Procesado en Breick

Tabla X: Propiedades del licor de cacao procesado en Breick

Características	Licor de Cacao (sin alcalinizar) procesado en Breick:	Licor de Cacao (sin alcalinizar) (COVENIN)
% Humedad	1.03	2.0 máx.
Sólidos Totales (%)	98.97	-
% Ceniza	3.00	6.5 máx.
% Grasa	58.86	47.0 min.
pH	5.3	5.5 min.

Estas propiedades del licor de cacao fueron obtenida experimentalmente mediante a las pruebas de laboratorio realizadas, según la metodología explicada anteriormente. Como se puede observar, las características del licor de cacao procesado en Breick, se ajustan a lo que se establece en la norma COVENIN para el licor de cacao, igualmente con otras normas internacionales como las características establecidas en la Tabla I; exceptuando el pH, que para el licor de cacao procesado en Breick resulta inferior al mínimo permitido.

INSUMOS:

A continuación se presentan los insumos necesarios para la elaboración del Licor de Cacao Alcalinizado:

- **Carbonato de potasio (K_2CO_3):** Agente alcalinizante, aprobado por las normas alimenticias, en una proporción de 1,5% (m/m) necesario para aumentar el pH del licor.
- **Agua potable del tipo 1:** Se requerirá para disolver el álcali que se hará reaccionar con el licor de cacao. En las tablas y se observan las características del agua, así como también los límites de algunos compuestos contenidos en el cuerpo de agua para el consumo humano.

Tabla XI: Características del agua para el consumo humano

Parámetro	Límite o rango máximo
Oxígeno disuelto (O.D.)	> 4,0 mg/l *
pH	[6,0 – 8,5]
Color Real	< 50, U Pt-Co
Turbiedad	< 25, UNT
Fluoruros	< 1,7 mg/l
Organismos coliformes totales	Promedio mensual < 2000 NMP / 100 ml
Dureza (expresada en $CaCO_3$)	500 mg/l

Las aguas no deberán exceder, además, los siguientes límites:

Tabla XII: Límites de elementos del agua

Elementos o compuestos	Límites (mg/l)
Aceites minerales	0,3
Aluminio	0,2
Arsénico total	0,05
Bario total	1,0
Cadmio total	0,01
Cianuro total	0,1
Cloruros	600
Cobre total	1,0
Cromo total	0,05
Detergentes	1,0
Dispersantes	1,0
Extracto de carbono al cloroformo	0,15
Fenoles	0,002
Hierro total	1,0
Manganeso total	0,1
Mercurio total	0,01
Nitritos + Nitratos (N)	10,0
Plata total	0,05
Plomo total	0,05
Selenio	0,01
Sodio	200
Sólidos disueltos totales	1500
Sulfatos	400
Zinc	5,0
Biocida	
Órgano fosforados y Carbamatos	0,1
Órgano clorados	0,2

3. Especificación del Producto Final

Se producirá un licor de cacao alcalinizado con las siguientes propiedades:

Tabla XIII: Especificación del producto final

% Humedad	Sólidos Totales (%)	% Ceniza	% Grasa	pH
12.44	87.56	3.95	56.66	6.9

Estas nuevas características del licor mejorarán su sabor, disminuirán su astringencia, tanto en la manteca como en el licor, se obtendrá un cacao en polvo soluble (en realidad no hay ningún aumento de solubilidad del polvo, pero las partículas adquieren la propiedad de permanecer en suspensión mucho más tiempo), facilitando su empleo en la fabricación de bebidas y cambiará el color del licor de cacao. Al alcalinizar el licor de cacao procesado en Breick con la concentración de álcali escogida, todas sus propiedades fisicoquímicas varían, pero no está estipulado en ninguna norma las características que debe poseer el licor alcalinizado, pero si la concentración máxima permitida de álcali que se le puede agregar.

4.- Infraestructura de Servicios

Los servicios industriales requeridos para la producción del licor de cacao alcalinizado son:

- **Electricidad:** Abastecida por la compañía de electricidad ELECTROPAZ en sus dos tipos bifásica y trifásica en los voltajes de 110 V y 220V y fuerza motriz de 360 V
- **Agua de servicio:** Proveniente de AGUAS DEL ILLIMANI.
- **Vapor de agua:** proveniente de una caldera de la misma planta y siendo vapor de baja. 4 Bar. y 290°F
- **Gas:** abastecido por la compañía YPFB

5.- Efluentes y Pérdidas del Proceso

El proceso productivo no genera ningún tipo de desecho nocivo líquido, sólido o gaseoso. Al incorporar la planta de alcalinización el volumen de aguas servidas va a aumentar, pero este incremento puede ser cubierto por dicho sistema de recolección de aguas servidas.

6.- Requerimiento de Almacén

Al instalar la planta de alcalinización, el licor de cacao se puede almacenar junto con los productos intermedios, ya que no requiere de condiciones especiales diferentes a la del licor sin alcalinizar. Los químicos necesarios para la alcalinización requieren ser almacenados en envases herméticos para evitar el contacto con la humedad; además debe ser en acceso controlado, debido a que su uso es vigilado por el gobierno.

Filosofía de Diseño, Control, Seguridad y Protección

Sobrediseño de Equipos.

En el diseño de los equipos necesarios para la planta de alcalinización del licor de cacao, se consideró un sobrediseño del 66%, el cual corresponde a la capacidad instalada del departamento de procesamiento del chocolate.

La planta de alcalinización del licor de cacao cuenta con un sobrediseño correspondiente al departamento de procesamiento del chocolate, para garantizar su funcionamiento en caso de un aumento en la capacidad de producción de chocolate, evitando que dicha planta se convierta en el punto de estancamiento de la compañía.

Flexibilidad Operacional.

Para definir la flexibilidad operacional, se consideran los siguientes aspectos:

La capacidad instalada de la planta es de 264 Ton/año, y la capacidad requerida para cubrir la demanda es de 164 Ton/año. De acuerdo a esto, se tiene una flexibilidad operacional del 39%, que permitiría reponer la producción ante una parada eventual de la misma.

La planta cuenta con equipos de respaldo, en caso de las bombas, para garantizar la continuidad de la producción en caso de fallas. Estas bombas estarán conectadas en paralelo, para facilitar la sustitución en caso de avería.

Expansiones futuras.

No se tienen previstas expansiones futuras de la planta, ya que se cuenta con una capacidad instalada mucho mayor a la capacidad utilizada.

Materiales de construcción.

Los equipos diseñados para la planta de alcalinización del licor de cacao son de acero inoxidable sanitario SA-316, ya que la materia procesada y el producto final son para el consumo humano.

Transmisión de Señales.

En el sistema de control de la planta, se emplea un solo tipo de señal: señal eléctrica. Este tipo de señal, también llamada presión de aire, opera en un rango de 4 a 20 mA.

Selección de la Tecnología

Debido a que es relativamente escasa la literatura acerca del tratamiento al álcali del cacao, ya que muchos fabricantes tanto estadounidenses como europeos lo han mantenido en secreto; se describirán brevemente las tecnologías y los métodos encontrados:

1. Alcalinización del Nib (habas descascarilladas):

Consiste básicamente en remojar el nib en una solución de álcali y luego pasarlo a secadoras y tostadoras. Generalmente se trata el nib bajo presión y a elevada temperatura (ya que se requiere considerable tiempo para absorber y aumentar la mitad de su propio peso) y de esta manera la penetración del álcali es mejor y en menor tiempo.

2. Alcalinización del Licor de Cacao:

Consiste básicamente en mezclar una solución del álcali con el licor a una temperatura suficientemente alta para garantizar la evaporación del agua, pero cuidando no dañar las propiedades organolépticas del chocolate. Generalmente se alcanzan temperaturas de 115 °C (240 F).

Existen dos típicos procesos para la alcalinización del licor de cacao:

Proceso por Cargas (Batch Process): la solución de álcali es añadida a un tanque de licor agitando el tiempo necesario para eliminar la humedad.

Proceso Flash ("Flash Process"): la solución de álcali se alimenta continuamente dentro de un delgado flujo de licor.

3. Alcalinización de la Torta de Cacao:

Consiste básicamente en la absorción del álcali por la torta de cacao. Generalmente se emplea una secadora giratoria a vacío y requiere de muchas horas para sacar toda la humedad.

4. Alcalinización del Grano Entero

A pesar que actualmente es raramente empleado, consiste básicamente en que los granos crudos son tratados con una solución de álcali en un tostador, el cual es normalmente un tambor tostador, y mucho del álcali es absorbido por la cáscara del grano. La penetración en el nib es muy pobre.

Descripción del Proceso

El proceso de alcalinización del licor de cacao se describe a continuación de acuerdo a las etapas que conforman el proceso:

ETAPA DE ALCALINIZACIÓN:

- **Preparación del Álcali:** el álcali proveniente del almacén es pesado, de acuerdo a la cantidad de licor que se desea alcalinizar en una proporción de 1,5% en peso. Luego es introducido a la tolva B-503 para dosificar su introducción a la mezcladora MA-502. El agua potable es calentada a 80°C en el intercambiador de calor E-502 e introducida a la mezcladora, mediante la bomba P- 504 La cantidad de agua se controlará a través de un controlador de nivel. La mezcla se agitará el tiempo necesario y luego será bombeada al tanque de alcalinización R-501, mediante la bomba P-505.
- **Proceso de Alcalinizado:** El licor es previamente introducido al tanque de alcalinización R-501, donde será derretido mediante el calor proporcionado por la chaqueta de vapor. Manteniendo al licor a una temperatura de 115°C, la cual será controlada con un controlador de temperatura. Luego se introducirá el álcali diluido y la mezcla se batirá por 8 horas fuertemente para facilitar el mezclado. Este proceso garantizará un mezclado uniforme así como también la reducción de la humedad, por tratarse de una mezcladora abierta a la atmósfera. El licor alcalinizado, puede ser transportado manualmente a la mezcladora, para producir chocolate; también puede ser usado en la prensa, para obtener manteca de cacao alcalinizada y cocoa soluble.

Diagrama De Bloque Del Proceso
Planta de Alcalinización del Licor de Cacao

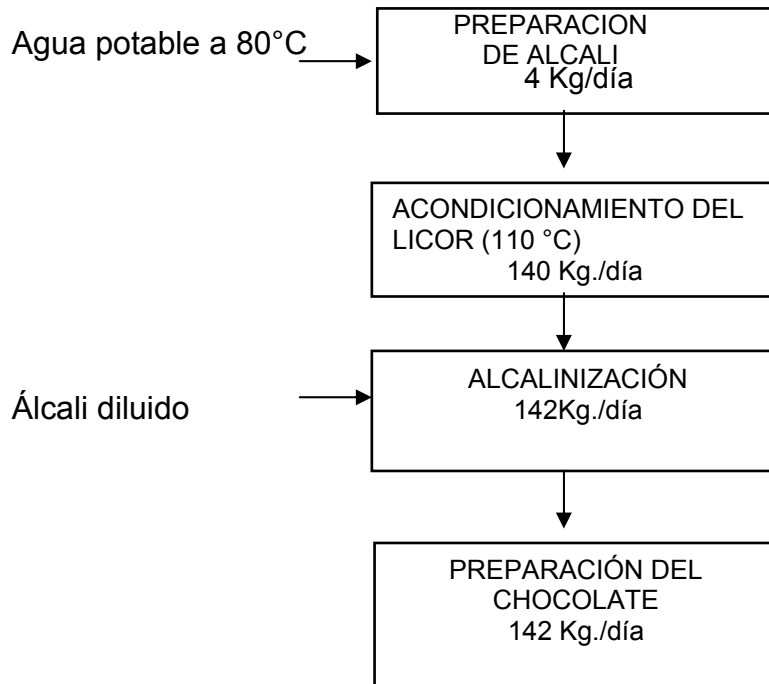
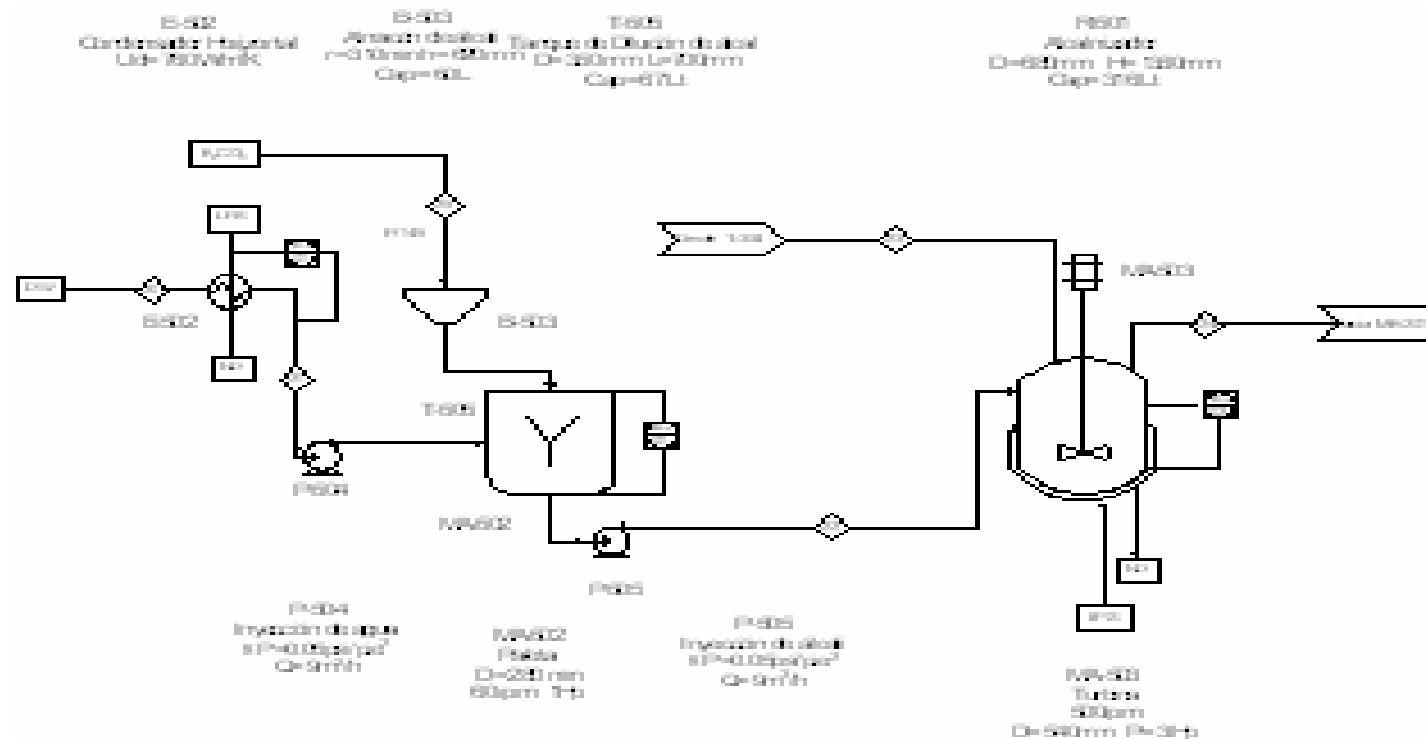


Diagrama de Flujo de Proceso

Planta de Alcalinización del Licor de Cacao



Corrientes	20	21	22	23	24	25
Licor				140	141	
Agua	2.1	2.1	4.2			
Álcali						2.1
Temperatura °C	20	80	80	115	100	20
Presión mmHg	515	515	515	515	515	515

Diseño de Equipos

A continuación se presenta un criterio de selección de los tanque de agitación, entre lo que se destaca la velocidad, el tipo de flujo, los fluidos para los cuales son adecuados entre otras características. También se presentan los equipos seleccionados con sus principales características definidas.

Criterios de Selección de los tanques de Agitación

Tabla XIV: Características de los tanques de agitación

Paletas	Hélice	Turbina
Velocidades bajas o moderadas (entre 20 y 150 rpm)	Velocidad elevada (entre 400 y 1750 rpm)	Velocidades intermedias y elevadas
Pueden estar inclinada, frecuentemente verticales	Las hélices pueden ser normal de tres palas, de cuchilla o protegida.	Las paletas pueden ser rectas o curvas, inclinadas o verticales
Las paletas pueden ser planas, inclinadas o tipo anclas.	Dos agitadores pueden operar en sentido opuesto o en "push-pull."	El rodete puede ser abierto, semicerrado o cerrado.
La longitud del rodete es del orden del 50 al 80% el diámetro del tanque.	El diámetro raramente es mayor de 45 cm. independientemente del tamaño de tanque	El diámetro del rodete es del orden del 30 al 50% del diámetro del tanque.
Son corrientes los agitadores formados por 2 ó 3 paletas.	Se emplean para líquidos poco viscosos.	Son eficaces para un amplio intervalo de viscosidades
Impulsan el líquido radial y tangencialmente.	Flujo axial	Las corrientes principales son radiales y tangenciales.

Para el proceso de alcalinización se seleccionó un tanque con agitador tipo turbina y para la dilución del álcali un tanque con agitador tipo paleta. La selección del mezclador específico se realizó a través de tablas encontradas en el (Perry, 1981), donde se clasificaron los problemas de mezclas según los materiales a mezclar como por consistencia.

Tanque de Alcalinización

Tipo de Tanque:

- Mezclador de turbina con paletas directrices fijas.
- El fondo del tanque, por colocarse un rodete en el fondo de recipiente, debe ser en forma de plato para que dirija la circulación hacia arriba al salir del elemento mezclador.
- La cantidad de rodetes a utilizar es de 3, con un número de palas de 6.

- El tipo de rodete va ser abierto de palas verticales.
- La velocidad de operación será de 500 rpm
- Posee placas deflectoras, las cuales son 4 paletas directrices de 10 cm. de ancho.

Características:

- Pueden usarse uno o más impulsores o rodetes.
- Intensa acción cortante del rodete.
- Pronunciada circulación tangencial – radial.
- Buena circulación en los puntos alejados del rodete.
- Adecuado para materiales de viscosidad baja o media (hasta 200.000 cp.)

Tabla XV: Dimensiones para el casco del recipiente de alcalinización

Volumen del tanque (lt)	Diámetro interno (cm)	Diámetro externo (cm)	Espesor de la pared (mm)	Longitud del tanque (m)
493	68	69	3.2	1.36

Tanque de disolución del Álcali

Tipo de Tanque:

- Mezclador con paletas con lengüetas o dedos fijos intercaladas.
- La cantidad de rodetes a utilizar es de 1, con un número de palas de 2.
- El tipo de rodete: paletas planas.

Características:

- Puede ser horizontal o vertical.
- Pueden usarse uno o más impulsores o rodetes.
- Las lengüetas facilitan la mezcla.
- Adecuado para una amplia variedad de densidades (poco densos, densos, pastas y amasados)

Tabla XVI: Dimensiones para el casco del recipiente de dilución

Volumen del tanque (lt)	Diámetro interno (cm)	Diámetro externo (cm)	Espesor de la pared (mm)	Longitud del tanque (cm)
67	35	36	3.2	70

Intercambiador de Calor

- Tipo de intercambiador: Condensador Horizontal
- Doble Tubo
- Medio de calentamiento: vapor de agua de baja presión.
- Fluido: agua potable

Tuberías

Las tuberías fueron diseñadas con la finalidad de mantener el mismo tamaño y las mismas características de las tuberías instaladas. Se tomaron en cuenta tres tipos de fluidos diferentes, por lo cual se diseñaron tres tipos de tuberías. En general, los criterios aplicados al diseño de tuberías fueron los siguientes:

- El material de las tuberías fue acero inoxidable SA-316, debido a que se procesa productos alimenticios.
- No se utilizó material aislante, sin embargo, para mantener el calor del fluido se emplearán resistencias que son fabricadas y diseñadas en la propia empresa.
- Para tuberías de flujo de líquido la caída de presión se encuentra en el rangos de 0,5 psi y 2 psi/100 pies.
- Para tuberías de flujo de líquido con altas concentraciones de agua la velocidad > 5 pies/seg.
- Para tuberías de flujo gaseoso, la caída de presión se encuentra en permitida no debe ser mayor de 0,5psi/100pies.

Tabla XVII: Lista de Tuberías diseñadas.

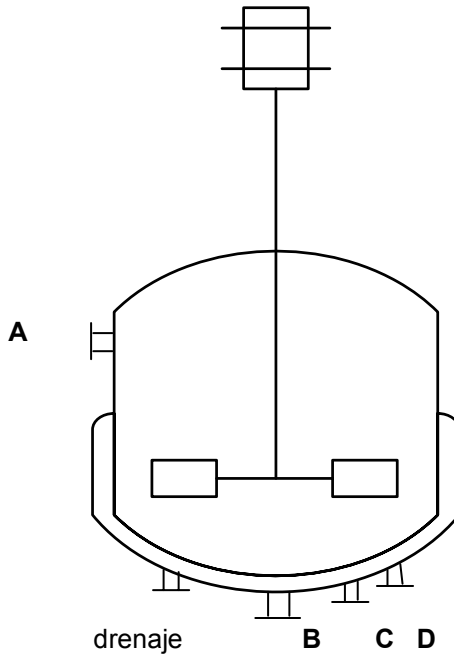
PLANO	TUBERÍA		VA P LIQ	SERVICIO	DESCRIPCIÓN		ΔP(psi/100pie)	TEMP(°C) Diseño / Operación
					DESDE	HASTA		
Nº	Ced	D						
5	40	4"	L	Proceso	---	E - 502	2	30 / 15
5	40	4"	L	Proceso	E - 502	T - 505	2	90 / 80
5	40	4 "	L	Proceso	T - 505	R - 501	2	90 / 80
5	40	4"	L	Proceso	T - 102	B - 101	2	90 / 80
5	40	0.5"	V	Calentamiento	---	E-502	0.5	153 / 143
5	40	0.5 "	V	Calentamiento	---	E-502	0.5	153 / 143
5	40	1 "	L	Drenaje	R - 501	---	2	90 / 80

Se escogió un diámetro de 4 plg., y una velocidad de 5-7 pie/seg, donde el máximo DP= 2psi/100pie

Hojas de Especificación

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	ESPECIFICACION DE PROCESO REACTOR	HOJA N°: de
--	--	----------------

GENERAL			DETALLES MECANICOS		
Identificación:	R-501		Boquillas		
N° de unidades	1		Identif.	Tamaño, plg	Servicio
Planta	5		A	4	Entrada de álcali
Servicio	Alcalinización		B	4	Salida de licor alcalinizado
Fluido	Licor de Cacao		C		
Diámetro, m	68		D		
Altura, m	1,36		E		
Capacidad, Lt	316		Válvulas de Seguridad		N/A
Nivel líquido, max/nor/min, m	1,36	1	0,068	Venteo	N/A
Tipo	Agitador Turbina		Boca de Visita, plg		N/A
			Drenajes, plg		4
CONDICIONES DE PROCESO			DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN		
Presión de Operación, psi	14,7		Presión de Diseño, psi	14,7	
Temperatura de Operación, °C	115		Temperatura de Diseño, °C		
Viscosidad a T. de operación, Cp	49		Material de Construcción	SA-316	
G.E a T. de operación	1,282		Aislamiento/espesor, mm	N/A	
Presión de Vapor a T. de oper., psia			Espesor de la Pared, mm	3,2	



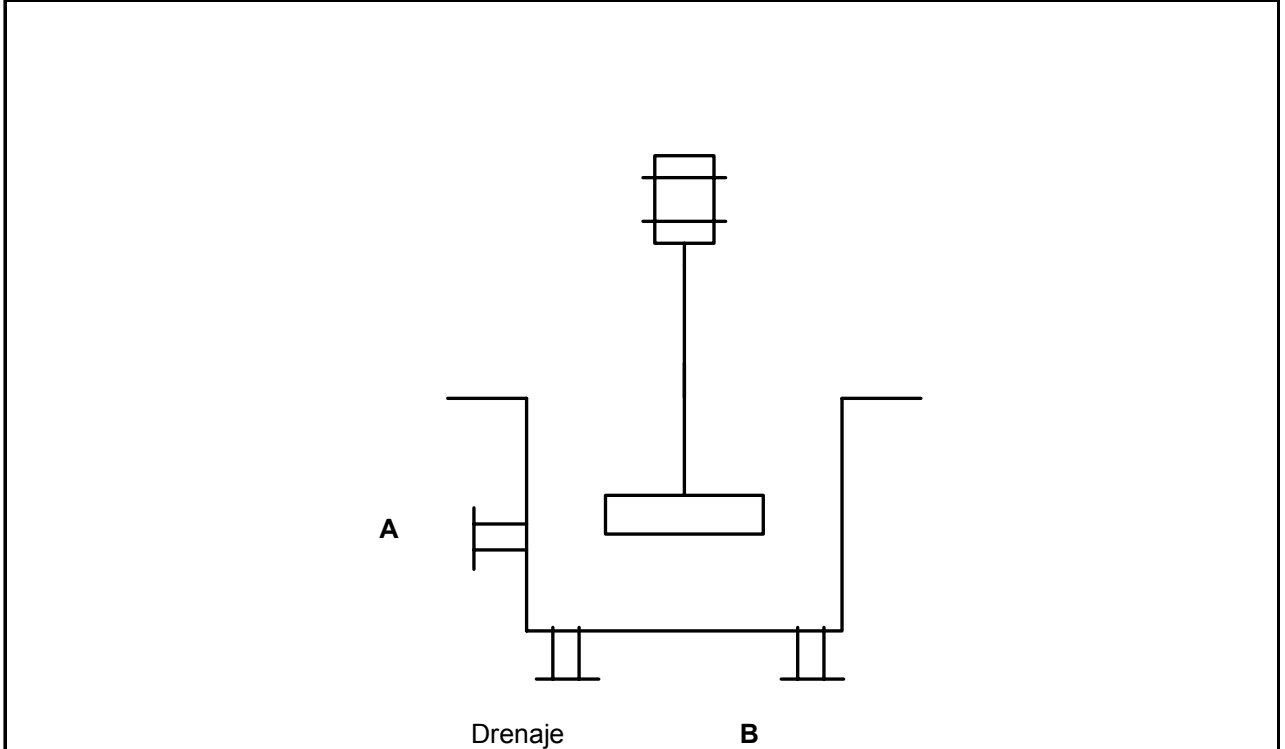
OBSERVACIONES:

PLANOS DE REFERENCIA	PROYECTO:	HOJA N°:
		de
	REALIZADO POR:	FECHA:
	REVISADO POR:	FECHA:
	APROBADO POR:	FECHA:
	ESPECIFICACION N°	REV. N°

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	ESPECIFICACION DE PROCESO TANQUE	HOJA N°: de
---	--	----------------

GENERAL		DETALLES MECANICOS		
Identificación:	T-505	Boquillas		
N° de unidades	1	Identif.	Tamaño, plg	Servicio
Planta	5	A	4	Entrada de álcali
Servicio	Dilución	B	4	Salida de álcali
Fluido	agua potable	C		
Diámetro, m	0,35	D		
Altura, m	0,7	E		
Capacidad, Lt	67	Válvulas de Seguridad		N/A
Tipo	Agitador Paleta	Venteo		N/A
		Boca de Visita, plg		N/A
		Drenajes, plg		4

CONDICIONES DE PROCESO		DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN	
Presión de Operación, psi	14,7	Presión de Diseño, psi	14,7
Temperatura de Operación, °C	85	Temperatura de Diseño, °C	90
Viscosidad a T. de operación, Cp		Material de Construcción	SA-316
G.E a T. de operación	1,505	Aislamiento/espesor, mm	N/A
Presión de Vapor a T. de oper., psia		Espesor de la Pared, mm	3,2

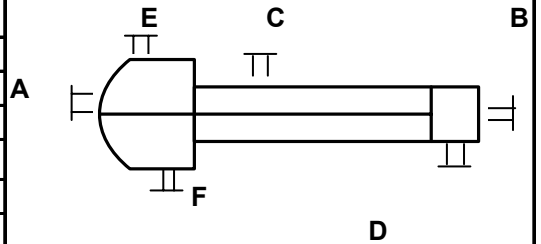


OBSERVACIONES:

PLANOS DE REFERENCIA	PROYECTO:	HOJA N°:
	Planta de Alcalinización del Licor de Cacao	de
	REALIZADO POR:	FECHA:
	REVISADO POR:	FECHA:
	APROBADO POR:	FECHA:
	ESPECIFICACION N°	REV. N°

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	ESPECIFICACIÓN DE PROCESO INTERCABIADOR DE CALOR	HOJA N°: de
---	---	----------------

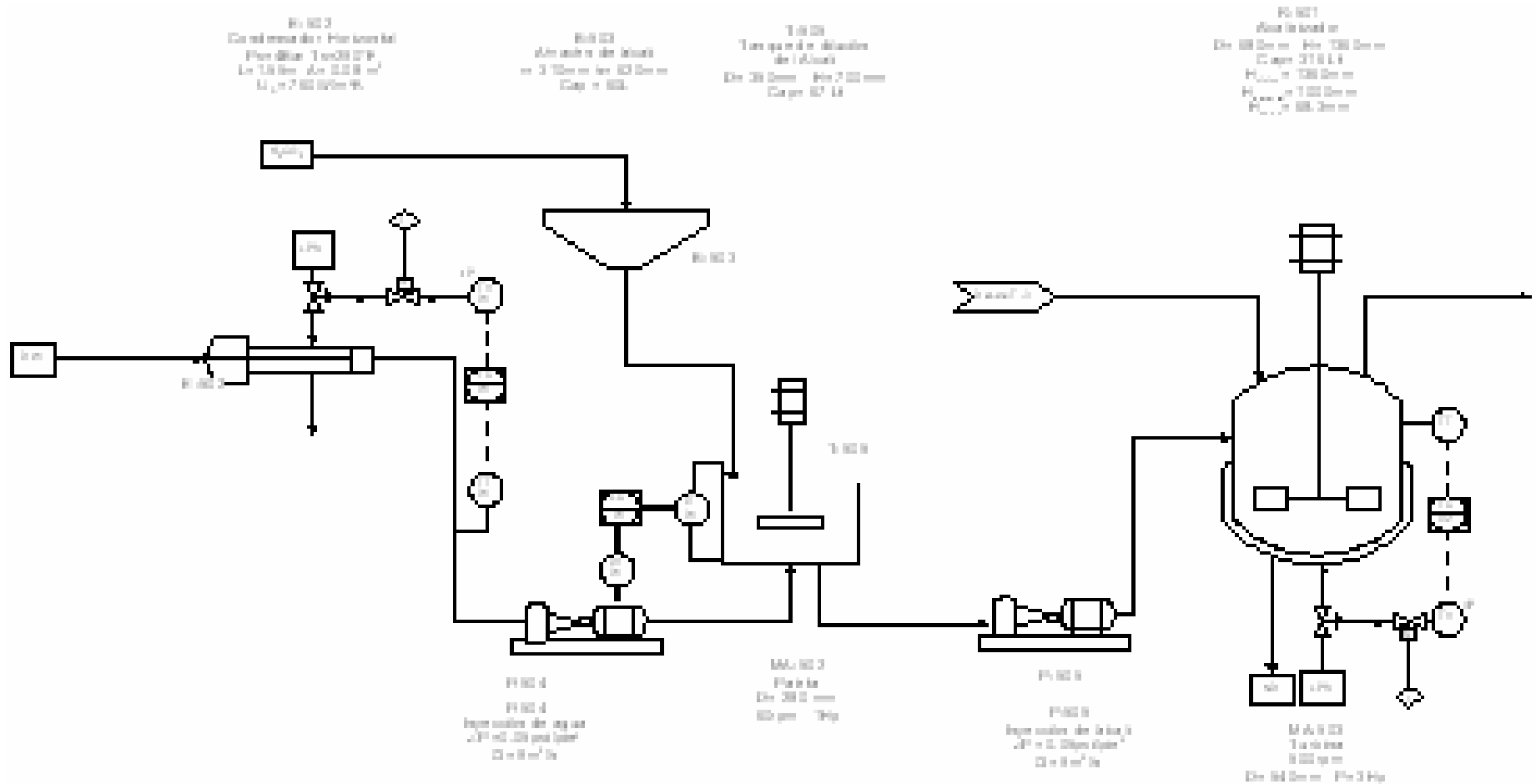
GENERAL		
Identificación:	R-501	
N° de unidades	1	
Planta	5	
Servicio	Calentador	
Fluido	Agua Potable	
Diámetro interno, m	0,015748	
Longitud, m	1,55	
DETALLES MECANICOS		
Boquillas		
Identif.	Tamaño, plg	Servicio
A	4	Entrada de Agua
B	4	Salida de Agua potable
C	0,5	Entrada de Vapor
D	0,5	Salida de Condensado
E	0,5	Válvulas de Seguridad
Venteo	N/A	
Boca de Visita, plg	N/A	
F	4	Drenajes, plg
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN		
Presión de Diseño, psi	58	
Temperatura de Diseño, °C	90	
Material de Construcción	SA-316	
Aislamiento/espesor, mm	N/A	
Espesor de la Pared, mm	1,651	
CONDICIONES DE PROCESO		
Presión de Operación, psi	58	
Temperatura de Operación, °C	150	
Viscosidad a T. de operación, Cp	0,5566	
G.E a T. de operación	0,999	



OBSERVACIONES:

PLANOS DE REFERENCIA	PROYECTO:	HOJA N°:	
		de	
		REALIZADO POR:	FECHA:
		REVISADO POR:	FECHA:
	APROBADO POR:	FECHA:	
	ESPECIFICACIÓN N°	REV. N°	

Diagrama de Instrumentación y Tuberías



Estudio Económico - Financiero

Evaluación Económica Financiera

El estudio económico es de gran importancia ya que permite conocer la rentabilidad del proyecto. Para llevarlo a cabo, se recopiló información sobre la inversión inicial de la planta (costos de los principales equipos involucrados en el proceso y los costos indirectos de instalación) y los costos totales de manufactura; con ello se construyó el flujo de caja neto de la planta, y se determinó la TIR Y EL VPN, al usar una TREMA del 10%

Tabla XVIII: Estimación de los costos de los equipos

Equipos	Unidades	Precio (\$)
Tanque de alcalinización	1	11700
Tanque de disolución del álcali	1	3300
Almacén del Álcali	1	1200
Intercambiadores de calor	1	1300
Bomba centrífuga	2	1100
Costos FOB de los equipos (total)		19700

Para determinar el costo de los equipos se recurrió a la búsqueda de los precios en los Estados Unidos de América, a pesar de no ser cotizados por un empresa que los fabrique, son un estimado válido para la realización de éste estimado de costo clase 5. El equipo más costoso es el tanque de alcalinización, y su elevado precio se debe al requerimiento de un motor de 3 hp para impulsar su agitador de turbina.

Tabla XIX: Estimación del costo C.I.F

	% del costo FOB	Valor en \$
Costo FOB		19700
Fletes terrestres, despacho	10	1970
Valor FOB puerto de embarque	110	21670
Flete marítimo	20	3940
Costo en puerto		25610
Seguro	0,55	141
Impuestos	21	4226
Valor C.I.F		29977

Los costos C.I.F. (cost insurance freight), representa el precio de la planta en el puerto de despacho, debido a que involucra los costos de fletes, de impuestos, de seguro, etc. Para establecer estos costos, los porcentajes fueron basados en la investigación realizada para la estimación de costos clase 5. El impuesto establecido es el aplicado en Bolivia para este tipo de importación y se asumió que los equipos llegaran por Chile, en el puerto libre de la ciudad de Iquique. Por lo cual, no se requiere impuesto adicional.

Inversión Fija

Esta inversión incluye los costos directos, indirectos y los de contingencia. Para calcular los costos directos fue necesario determinar el costo de cada uno de los equipos de la planta (Costo FOB), para luego obtener el valor CIF en puerto. Por otro lado, la estimación de los demás costos directos e indirectos representan un porcentaje de los costos CIF, los cuales fueron reajustados bajo criterio de la empresa, y la estimación de los costos de contingencia se hace a partir de los costos directos e indirectos, tal como se muestra en la Tabla XX:

Tabla XX: Estimación de los Costos Directos e Indirectos.

Estimación de Costos Directos	
Transporte de equipos (0,025*C.I.F.) \$	778
Instalación de equipos (0,39*C.I.F) \$	12140
Instrumentación (0,28*C.I.F) \$	8716
Tuberías (0,31*C.I.F) \$	9650
Instalaciones eléctricas (0,08*C.I.F) \$	2490
Aislamientos de equipos (0,8*C.I.F.)\$	2490
Costos directos (\$)	67394
Estimación de Costos Indirectos	
Ingeniería y supervisión (0,10*FOB) \$	1970
Estimación de Costos de Contingencia	
Contingencias 0,05*(D+I) \$	3468
Costo Total de la Planta (US \$)	72832

La estimación de la inversión fija representa costos que están asociados con la instalación para la puesta en marcha de los equipos. Estos costos para los índices económicos de Bolivia, resultan relativamente inflados, pero para la obtención de un costo más ajustado, se requerirá de estudios financieros económicos de menor clase. Para el realizado, clase 5, se puede permitir este grado de inflación.

Costos de Producción

Estos costos involucran: los costos totales de manufacturas, los cuales se dividen en: costos directos, costos fijos y costos generales de manufactura. Dentro de los costos directos se encuentran los costos de los sueldos de operarios, los de materia prima, los de servicios industriales e insumos. Mientras que los otros costos indirectos se estiman como un porcentaje de los costos de los sueldos de los operarios y de la inversión fija, tal como se muestra en la Tabla XXI.

Tabla XXI: Estimación de los costos de producción

Costos directos de manufactura	
Materia prima	(Cmp)
Servicios industriales e insumos	(Csei)
Sueldo de operarios	(Cs)
Sueldo de Supervisores y Gerentes	$(1,18 \cdot Cs)$
Mantenimiento y reparaciones	$(0,06 \cdot CI)$
Suministros Operativos	$(0,09 \cdot CI) \$$
Costos fijos de manufactura	
Depreciación (10% FOB)	1970 \$
Impuestos locales y Seguro	0,34CI
Gastos generales de planta	$0,708 \cdot Cs + 0,009 \cdot CI$
Costos generales de manufactura	
Costos administrativos	$0,177 \cdot Cs + 0,009 \cdot CI$
Distribución y ventas	$0,11 \cdot CTM$
Investigación y desarrollo	$0,05 \cdot CTM$
Publicidad y marketing	$0,11 \cdot CTM$

Los criterios utilizados para la realización del flujo de caja fueron los siguientes:

- El precio de venta del chocolate actualmente es de 7,1 \$/ton. dicho precio fue inflado al año en el cual se espera la venta del producto.
- La tasa de inflación fue de 3%.
- Para los costos de materia prima, se utilizó la cantidad necesaria de licor de cacao para producir las 44 toneladas de chocolates, incluyendo la cantidad de licor necesaria para obtener la manteca. Sin embargo, no se incluyó en las ventas el precio de la cocoa, producto obtenido después de prensar la manteca.

- Para los costos de insumos, se calculó en base a los costos totales de la planta, el porcentaje que representaba el producir sólo 44 toneladas.
- Para el sueldo de mano de obra, igualmente se utilizó sólo un porcentaje de los empleados totales de la fábrica.

Evaluación de Resultados

Parámetro	
Inversión Inicial	72832
VPN	24794\$
TIR	17%

Al hacer el análisis del flujo de caja acumulado se observa que la Inversión se recupera al quinto año.

Se obtuvo un valor presente neto de 247943 \$ y una tasa interna de retorno de 17% la cual esta por encima de la terna utilizada, lo que indica que el proyecto resulta rentable para este estudio de clase 5.

Esto también significa que se requiere un estudio con una mejor profundización para determinar con exactitud su rentabilidad y los precios exactos de la instalación.

Flujo de Caja

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Año	2004	2005	2006	2007	2008	2009	20010	20011	20012	20013	20014
Capacidad (TON/año) chocolate		44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
Precio (\$/TON) Chocolate		7532,39	7758,36	7991,11	8230,85	8477,77	8732,10	8994,07	9263,89	9541,80629	9828,06048
Precio (\$/TON) Azucar		1385,90	1427,48	1470,30	1514,41	1559,84	1606,64	1654,84	1704,48	1755,61666	1808,28516
(+) Ventas (\$/año)		331425,16	341367,91	351608,95	362157,22	373021,94	384212,60	395738,97	407611,14	419839,48	432434,66
(-) Materia Prima (\$/año)		119239,80	122816,99	126501,50	130296,55	134205,45	138231,61	142378,56	146649,91	151049,411	155580,893
(-) Costo de los servicios industriales e insumos		18786,00	19349,58	19930,07	20527,97	21143,81	21778,12	22431,47	23104,41	23797,54	24511,47
(-) Sueldos de Operarios (\$/año)		22800,00	23484,00	24188,52	24914,18	25661,60	26431,45	27224,39	28041,12	28882	29749
sueldo de supervisores y gerentes		26904,00	27711,12	28542,45	29398,73	30280,69	31189,11	32124,78	33088,53	34081,18	35103,62
(-) Mantenimiento y Reparaciones (\$/año)		4369,92	4501,02	4636,05	4775,13	4918,38	5065,93	5217,91	5374,45	5535,68	5701,75
(-) Suministros Operativos (\$/año)		6554,88	6751,53	6954,07	7162,69	7377,58	7598,90	7826,87	8061,68	8303,53	8552,63
(-) Depreciación (\$/año)		1970,00	1970,00	1970,00	1970,00	1970,00	1970,00	1970,00	1970,00	1970	1970
(-) Seguro (\$/año)		2330,62	2330,62	2330,62	2330,62	2330,62	2330,62	2330,62	2330,62	2330,624	2330,624
(-) Gastos Generales de Planta (\$/año)		42361,92	43632,78	44941,76	46290,01	47678,71	49109,08	50582,35	52099,82	53662,81	55272,70
(-) Gastos administrativos (\$/año)		4372,49	4503,66	4638,77	4777,94	4921,27	5068,91	5220,98	5377,61	5538,94	5705,11
(-) Distribución y Ventas (\$/año)		25818,88	26593,44	27391,25	28212,98	29059,37	29931,15	30829,09	31753,96	32706,58	33687,78
(-) Investigación y desarrollo (\$/año)		11735,85	12087,93	12450,57	12824,08	13208,81	13605,07	14013,22	14433,62	14866,63	15312,63
(-) Marketing y Publicidad(\$/año)		25818,88	26593,44	27391,25	28212,98	29059,37	29931,15	30829,09	31753,96	32706,58	33687,78
Gastos		313063,24	322326,11	331866,88	341693,87	351815,66	362241,11	372979,33	384039,69	395431,86	407165,80

En este análisis de sensibilidad, se estudia lo que podría ocurrir si se presenta una variación en el mercado y que efecto produce en el proyecto. Se muestra lo que pasaría de tener una inflación del 5% en el costo de la materia prima y manteniendo el precio con un aumento del 3% por año; con éstas características se puede ver el punto crítico de cada variable, es decir, el valor en el cual se recupera la inversión pero no se genera ganancias. Se obtiene un TIR de 0% y un VPN negativo, sin embargo la inversión es recuperada en el octavo año.

El otro caso estudiado es la disminución del 3.5% en el precio de ventas, obteniéndose igualmente una TIR de 0%, un VPN negativo y la recuperación de la inversión inicial sucede en el último año. Como se puede observar esta variable es muy sensible, ya que sólo se permite una variación muy pequeña en su precio.

Diseño de las Estrategias de Control

A continuación se presentan las estrategias de control diseñadas como una propuesta para la automatización y seguridad del proceso, tanto en la planta de procesamiento del cacao, procesamiento del chocolate como en la de procesamiento de cocoa y envasado. Todas las plantas, por ser operaciones por carga, cuentan con el sistema interlock.

Planta de Procesamiento del Cacao

Esta planta está constituida por cinco equipos, excluyendo a los equipos de transporte. De los cuales, solamente a dos equipos (tostador y molino) se les diseñaron las estrategias de control. Para la seleccionadora/clasificadora y la descascarilladora, por ser equipos semiautomáticos, no se les diseñaron estrategias de control, así como tampoco al almacén de granos limpios.

- Tostador RR – 101: la estrategia de control de este equipo se basa en un control de temperatura para el interior del tostador y un control de relación para el combustible y el flujo de aire suministrado. La razón fundamental por la que se aplica este tipo de controlador es para mantener la relación aire/combustible para el proceso de combustión en un valor óptimo.

El Tostador RR – 101 contará con un controlador de temperatura, el cual consiste en un transmisor TT-103 cuya función es la de medir la temperatura en el interior del tostador y transmitir la señal al controlador TC – 103, el cual de acuerdo al set- point (sp) establecido, emitirá una señal que ira al transductor TY – 103, donde el mismo transformará dicha señal de eléctrica a neumática para abrir o cerrar la válvula que determina el flujo introducido de combustible.

Si la temperatura es más baja que el sp la válvula abrirá y si la temperatura es más alta, la válvula cerrará. La válvula TCV – 103 falla cerrar, debido a razones de seguridad, y protección del equipo, planta, personal y ambiental.

El control de relación funciona como sigue:

Se tomó como corriente salvaje la del flujo de gas natural, al cual se le medirá el flujo mediante el transmisor FT – 101 y la medición será transmitida a la estación de relación FY – 101, la cual multiplicará esta señal por una ganancia ajustable. El valor de esta ganancia K_R es el valor de la relación deseado. La señal de salida de la estación de relación es usada entonces como sp del controlador de flujo, el cual ajustará el flujo de la corriente manipulada (corriente de aire).

La ganancia K_R se calcula como:

$$K_R = R^* K_B / K_A$$

donde K_A es la ganancia del transmisor de flujo de la corriente de gas natural y K_B es la ganancia del transmisor de flujo de la corriente de aire.

- Molino A – 101: en el molino es importante controlar la temperatura, ya que se necesita alcanzar cierta temperatura para garantizar que la pasta no se solidifique y se mantenga fluida para que pueda ser bombeada; pero si esta temperatura se eleva demasiado puede ocasionar daños en la materia, como también en el equipo.
El Molino A – 101 contará con un controlador de temperatura, el cual consiste en un transmisor TT-104 cuya función es la de medir la temperatura en el interior del molino y transmitir la señal al controlador TC – 104, el cual de acuerdo al set- point (sp) establecido, emitirá una señal que ira al transductor TY – 104, donde el mismo transformará dicha señal de eléctrica a neumática para abrir o cerrar la válvula que determina el flujo introducido de vapor.
Si la temperatura es más baja que el sp la válvula abrirá y si la temperatura es más alta, la válvula cerrará. La válvula TCV – 104 falla cerrar, debido a razones de seguridad, y protección del equipo, planta, personal.
- Molino A – 102: se aplica la misma estrategia anterior.

Planta de Procesamiento del Chocolate

Esta planta está constituida por seis equipos, excluyendo a los equipos de transporte. De los cuales, solamente a dos equipos (refinador y prensa) no se les diseñaron las estrategias de control.

- Ollas de Homogenización T – 201A/B: en las ollas es importante controlar la temperatura y el nivel, la primera para garantizar la reducción de la humedad y la segunda para evitar daños en la bomba.
Las Ollas T – 201A/B contarán con un controlador de temperatura, el cual consiste en un transmisor TT-205 y TT – 206 cuya función es la de medir la temperatura en el interior de las ollas y transmitir las señales a los controladores TC – 205/206, los cuales de acuerdo al set- point (sp) establecido, emitirán una señal que irá a los transductores TY – 205/206, donde los mismos transformarán dichas señales de eléctrica a neumática para abrir o cerrar las válvulas que determinan el flujo introducido de vapor.
Si la temperatura es más baja que el sp las válvulas abrirán y si la temperatura es más alta, las válvulas cerrarán. Las válvulas TCV – 205/206 fallan cerrar, debido a razones de seguridad, y protección del equipo, planta y personal.
También contarán con un controlador de nivel conectado a las bombas, para apagar las mismas cuando el nivel sea muy bajo.

- Mezclador ME – 201: contará con un indicador de nivel que advertirá la cantidad de líquido por arriba del set – point para evitar pérdidas de la mezcla.
- Tanque T – 202: contará con un controlador de nivel que advertirá la cantidad de líquido por arriba del set – point para evitar pérdidas de la mezcla.
- Concheadora T – 203: contará con un controlador de temperatura, el cual consiste en un transmisor TT-207 cuya función es la de medir la temperatura en el interior del tanque y transmitir la señal al controlador TC – 207, el cual de acuerdo al set- point (sp) establecido, emitirá una señal que ira al transductor TY – 207, donde el mismo transformará dicha señal de eléctrica a neumática para abrir o cerrar la válvula que determina el flujo introducido de vapor. Si la temperatura es más baja que el sp la válvula abrirá y si la temperatura es más alta, la válvula cerrará. La válvula TCV – 207 falla cerrar, debido a razones de seguridad, y protección del equipo, planta, personal.
- Moldeadora AA – 401: contará con un controlador de temperatura, el cual consiste en un transmisor TT- 408 cuya función es la de medir la temperatura en el interior de la moldeadora y transmitir la señal al controlador TC – 408, el cual de acuerdo al set- point (sp) establecido, emitirá una señal que ira al transductor TY – 408, donde el mismo transformará dicha señal de eléctrica a neumática para abrir o cerrar la válvula que determina el flujo introducido de vapor. Si la temperatura es más baja que el sp la válvula abrirá y si la temperatura es más alta, la válvula cerrará. La válvula TCV – 408 falla abrir, para mantener el chocolate a baja temperatura.

Para la instalación de estos sistemas de control, se estimó el precio de los transmisores y válvulas de control, para los controles de temperatura, y para flujo y nivel de todo el sistema de control, por conseguirse el mismo en paquetes de todo incluido. El precio detallado de cada instrumento se encuentra en la sección de anexos.

Funcionamiento del sistema Interlock en los procesos controlados

Inicialmente todas las válvulas motorizadas del sistema se encuentran cerradas.

1. Carga de la materia prima en el Tostador RR-101

- 1.1 La carga que se encuentra en el almacén de granos limpios es introducida al tostador.
- 1.2 Cerrar herméticamente el tostador RR-11.

2. Funcionamiento del Extractor (Interlock 1):

- 2.1 Encender el tostador
- 2.2 Abrir la válvula solenoide S-103.
- 2.3 Esperar 20 min para el desarrollo del tostado.
- 2.4 Cerrar la válvula solenoide S-103.

3. Carga de cacao tostado en el Molino A-102 (Interlock 2):

- 3.1. Encender el Molino
- 3.2. Abrir la válvula solenoide S-104.
- 3.3. Esperar 20 min para el desarrollo de la molienda.
- 3.4. Cerrar la válvula solenoide S-104.

4. Carga de pasta de cacao Molino A-102 (Interlock 3):

- 4.1 Encender el Molino
- 4.2 Abrir la válvula solenoide S-105.
- 4.3 Esperar 20 min para el desarrollo de la molienda.
- 4.4 Cerrar la válvula solenoide S-105.

5. Carga de licor de cacao en las Ollas T-201A/B (Interlock 4):

- 5.1 Cargar el licor de cacao en las ollas.
- 5.2 Encender el motor de las ollas.
- 5.3 Abrir la válvula solenoide S-205 y S- 206.
- 5.4 Esperar 8 horas para la total pérdida de humedad.
- 5.5 Encender las bombas P- 202A/B.
- 5.6 Esperar 15 min para el desalojo del tanque
- 5.7 Apagar las bombas P-202A/B.
- 5.8 Cerrar la válvula solenoide S-205 y S-206

6. Carga de chocolate en la Conheadora T-203 (Interlock 5):

- 6.1 Cargar el chocolate en las ollas.
- 6.2 Encender el motor de las ollas.
- 6.3 Abrir la válvula solenoide S-207.
- 6.4 Esperar 24 horas para el desarrollo del conchado.
- 6.5 Abrir la válvula solenoide S-408
- 6.6 Encender las bombas P- 203A/B.
- 6.7 Encender las moldeadoras AA-401A/B
- 6.8 Esperar 15 min para el desalojo del tanque
- 6.9 Apagar las bombas P-203A/B.
- 6.10 Cerrar la válvula solenoide S-207.

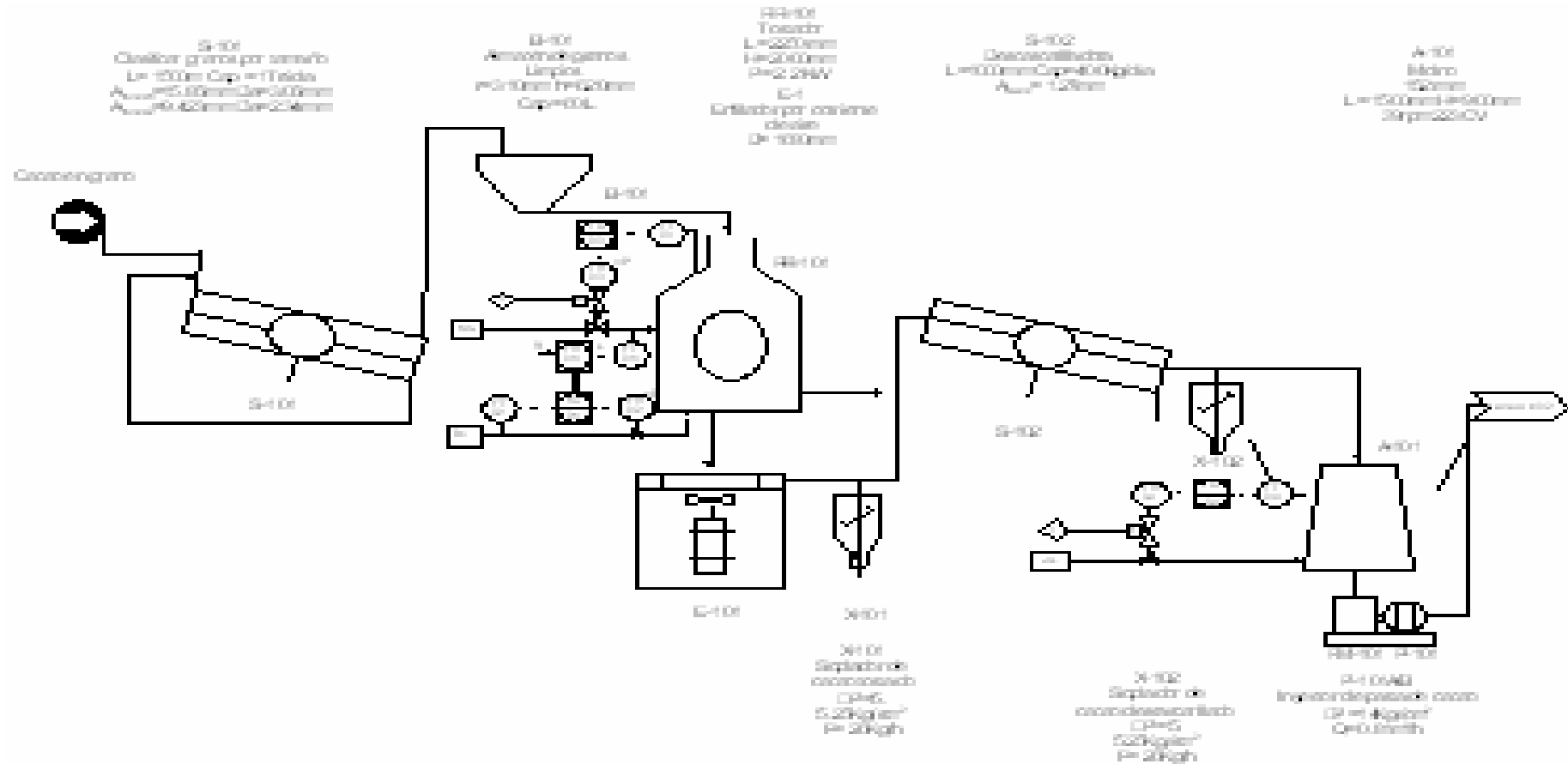
-
- 7. Carga de chocolate en las Moldeadoras AA-401A/B (Interlock6):**
 - 7.1 Esperar 8 horas para el desarrollo del moldeado.
 - 7.2 Cerrar la válvula solenoide S-408

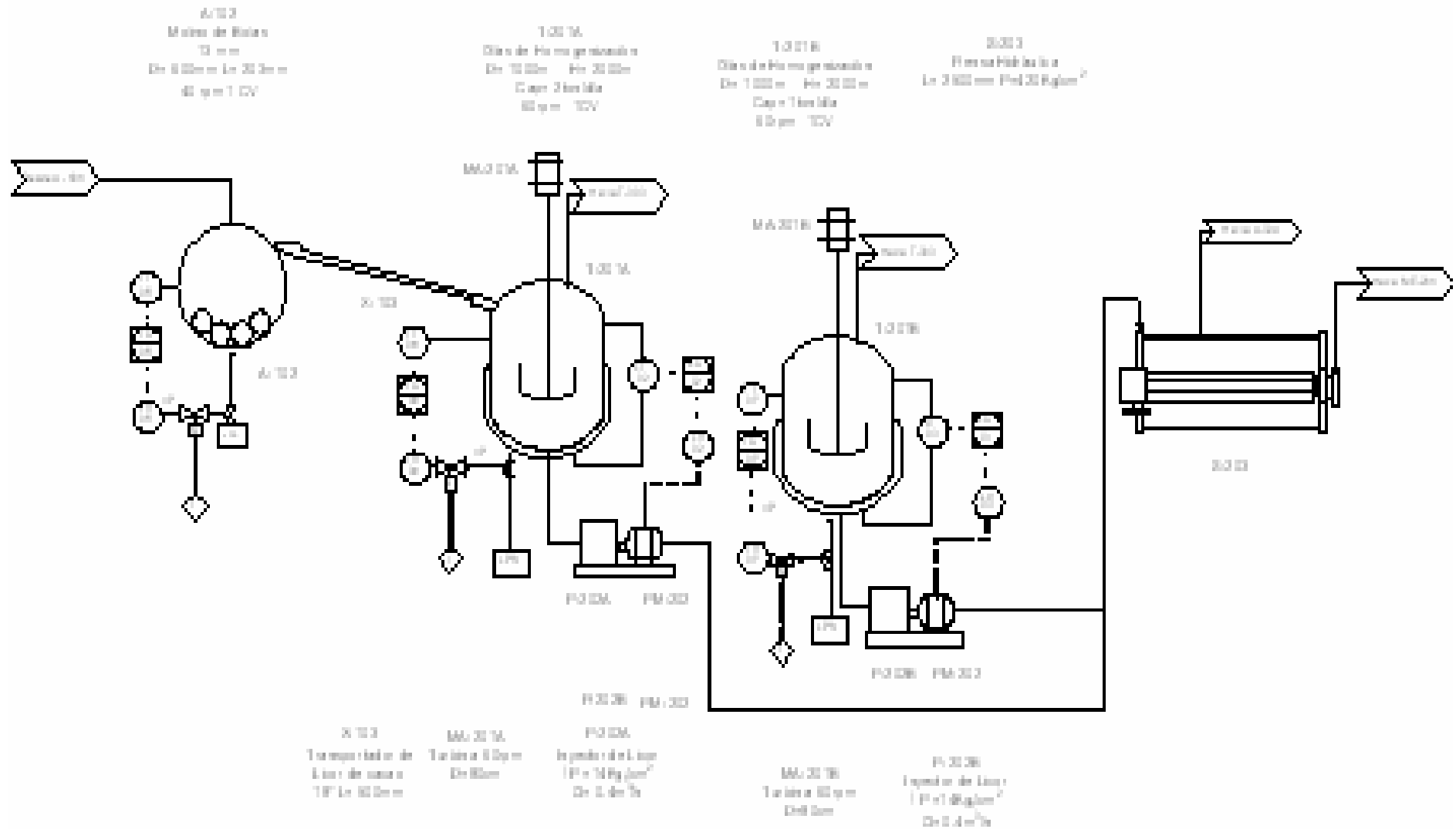
 - 8. Calentamiento de agua potable condensador E-502 (Interlock 7):**
 - 8.1 Abrir la válvula solenoide S-501.
 - 8.2 Abrir el suministro de agua potable.
 - 8.3 Encender las bombas P- 504.
 - 8.4 Esperar 10 min para el calentamiento de toda el agua necesaria.
 - 8.5 Cerrar el suministro de agua potable
 - 8.6 Apagar las bombas P-202A/B.
 - 8.7 Cerrar la válvula solenoide S-501

 - 9. Carga de álcali en el tanque T-505 (Interlock 8):**
 - 9.1 Encender el motor del tanque
 - 9.2 Cargar el licor en el reactor R-501
 - 9.3 Agregar el álcali del almacén de álcali.
 - 9.4 Abrir la válvula solenoide S-502.
 - 9.5 Esperar 10 min para la dilución.
 - 9.6 Encender las bombas P- 505.
 - 9.7 Esperar 5 min para el desalojo del tanque
 - 9.8 Apagar las bombas P-505.
 - 9.9 Cerrar la válvula solenoide S-502.

 - 10. Carga de licor de cacao en las Reactor R-501 (Interlock 9):**
 - 10.1 Encender el motor del reactor.
 - 10.2 Abrir la válvula solenoide S-503.
 - 10.3 Esperar 8 horas para la total alcalinización.
 - 10.4 Esperar 15 min para desalojar el licor alcalinizado.
 - 10.5 Cerrar la válvula solenoide S-503.

Diagrama de Instrumentación y Tuberías





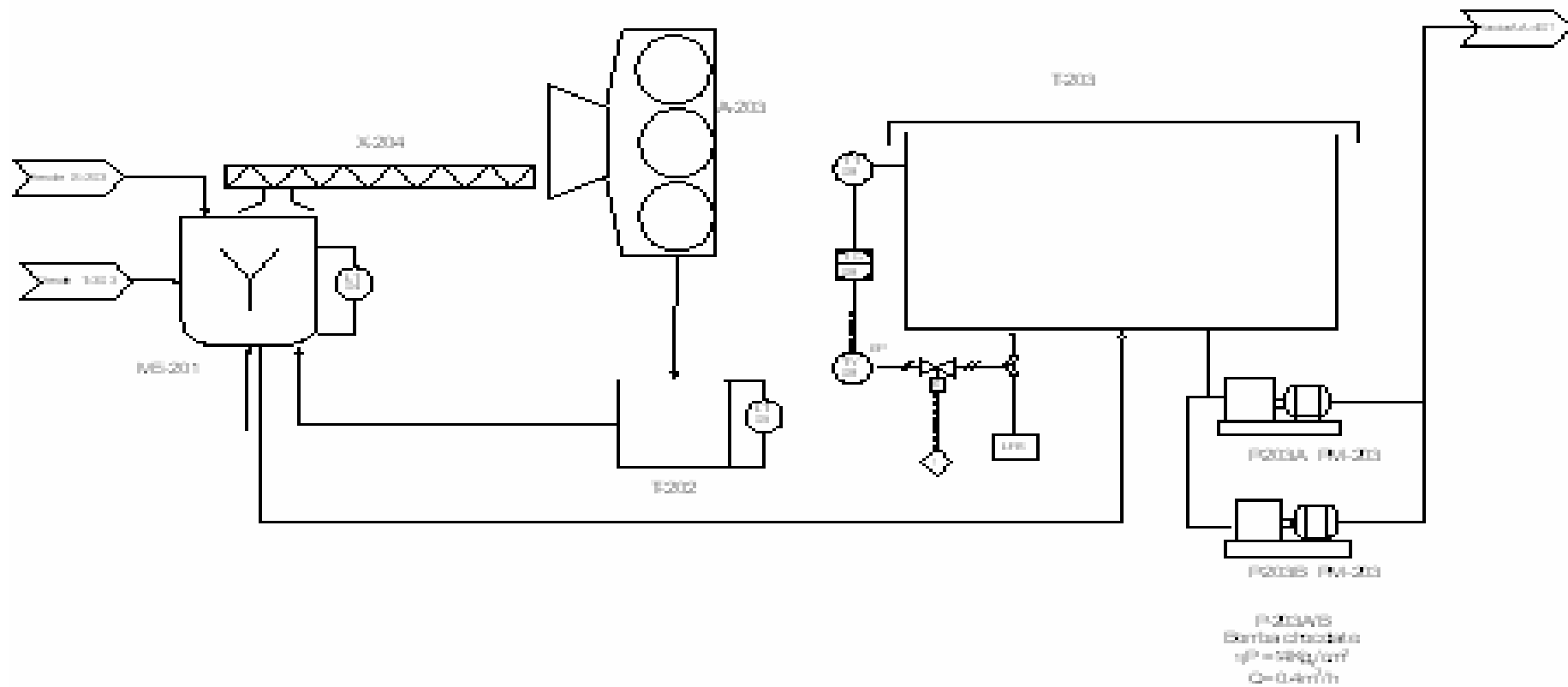
M-201
Mezclador de molinos
D= 1500mm
d= 750mm

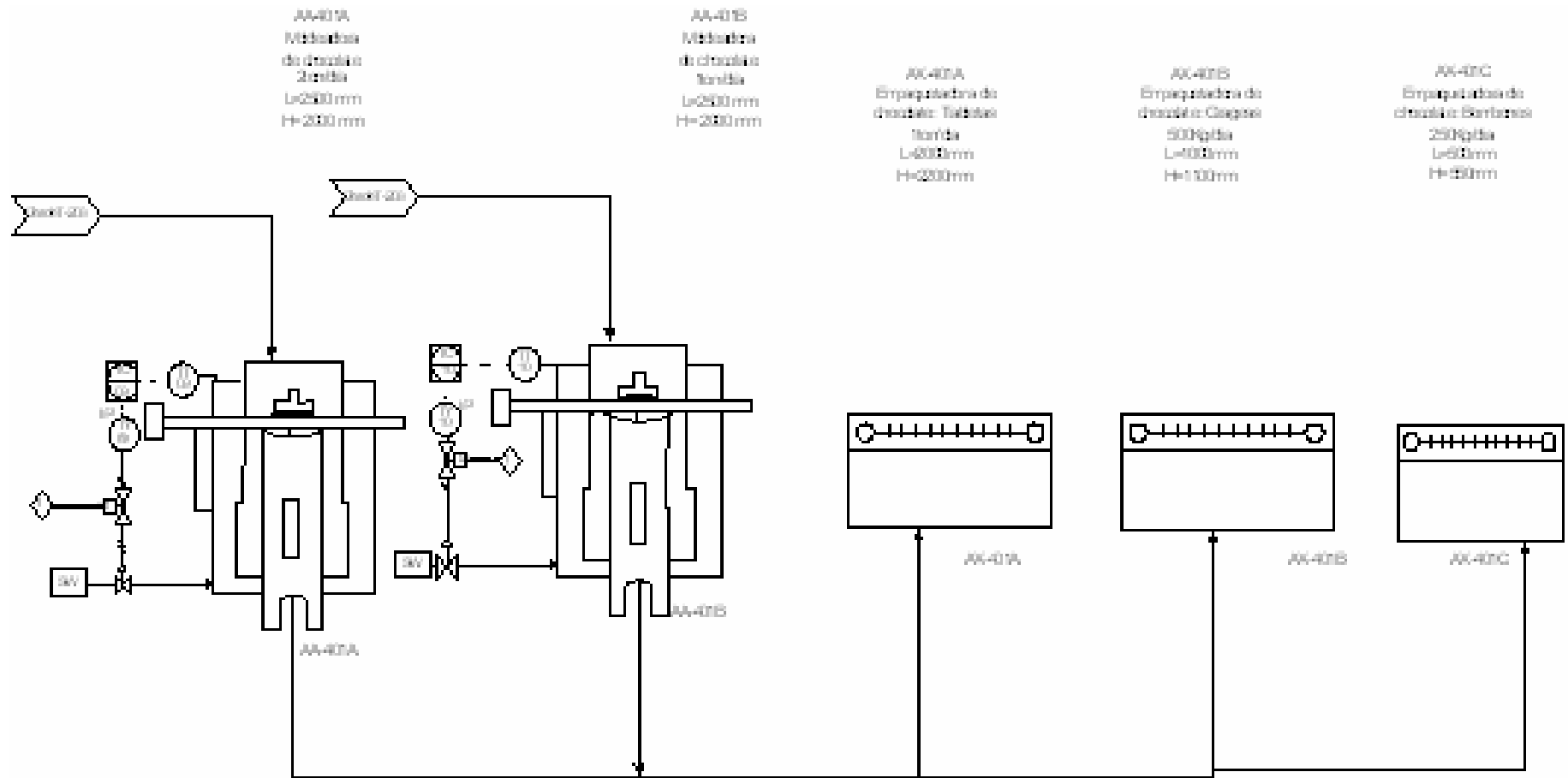
X-204
Transportador de chancado
100 mm
L= 100mm
20 rpm/Cv

A-203
Refrinador de chancado
0.5mm
B=910mm
4 Cv

T-202
Afinador de chancado de pasta
B= 800mm
H= 1000mm

T-203
Condensado
B=2000mm
H= 1000mm





A continuación se presenta la lista de instrumentos citados anteriormente, en el diseño de las estrategias de control, los cuales están representados en el diagrama de instrumentación y tuberías.

Tabla XXII: Lista de Instrumentación

Identificación del instrumento	Tipo de Instrumento	Variable medida	Rango	Unidades
TT-01	transmisor	T	4,0-20	mA
TC-01	controlador			
TY-01	transductor			
TT-02	transmisor	T	4,0-20	mA
TC-02	controlador			
TY-02	transductor			
TT-03	transmisor	T	4,0-20	mA
TC-03	controlador			
TY-03	transductor			
TT-04	transmisor	T	4,0-20	mA
TC-04	controlador			
TY-04	transductor			
TT-05	transmisor	T	4,0-20	mA
TC-05	controlador			
TY-05	transductor			
TT-06	transmisor	T	4,0-20	mA
TC-06	controlador			
TY-06	transductor			
TT-07	transmisor	T	4,0-20	mA
TC-07	controlador			
TY-07	transductor			
TT-08	transmisor	T	4,0-20	mA
TC-08	controlador			
TY-08	transductor			
FT-01	transmisor	F	4,0-20	mA
FY-01	multiplicador			
FC-01	controlador			
FY-02	transmisor			
FT-02	transmisor	Flujo	4,0-20	mA
LT-01	transmisor	L		
LC-01	controlador		4,0-20	mA
LY-01	transductor			
LT-02	transmisor	L	4,0-20	mA
LC-02	controlador			
LY-02	transductor			
LT-03	transmisor	L	4,0-20	mA
LC-03	controlador			
LY-03	transductor			

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego de realizar del estudio de factibilidad y el diseño de la planta de alcalización del licor de cacao, sus resultados y la discusión de los mismos se presentan las siguientes conclusiones:

1. El proceso de alcalinización mejorará el sabor, como principal propiedad organoléptica, del chocolate fabricado.
2. El proceso de alcalinización eliminará la astringencia y los ácidos volátiles, que actualmente desprende el licor en el proceso de fabricación del chocolate, causa principal de irritaciones producidas al personal.
3. Con el proceso de alcalinización establecido mediante pruebas de laboratorio, el pH alcanzado será de 7.
4. La planta será ubicada en un anexo en la misma fábrica procesamiento de chocolates Breick.
5. La capacidad de la planta es de 156000 ton/año, capacidad instalada similar a los otros equipos de la planta.
6. La planta en general consta con 6 equipos.
7. El estimado de costo indicó una inversión inicial de US \$ 72832.
8. El valor de la tasa interna de retorno se encuentra situado 22%, lo cual supone la recuperación del capital invertido y la factibilidad de la instalación del proyecto.
9. La inversión de la planta puede ser recuperada al quinto (5) año desde la puesta en marcha de la planta.
10. Este proyecto cumple a su vez una función social y económica, como es la generación de empleo en la zona.
11. Por otra parte, para cubrir la demanda la empresa no requiere de transformaciones adicionales, ya que su capacidad instalada es mucho mayor.
12. El proyecto se presenta muy sensible ante los cambio de precio del producto y aumento de materia prima, mostrando que dichas variables tienen gran incidencia sobre el proyecto.
13. El proyecto sólo tolera que dichas variables varíen en un porcentaje menor al 5%, de lo contrario el proyecto se vuelve no rentable.

14. Igualmente se puede recomendar, la utilización de la materia de desecho, como la cascarilla, los granos dañados, entre otros, como producto de venta para la fabricación de abono.
15. Se recomienda aplicar el sistema de control diseñado, con el propósito de automatizar y brindar más seguridad a la planta. Dicho proyecto de control tendría un costo aproximado de \$ 8521.

Por las razones antes expuestas, se recomienda la puesta en marcha de este proyecto.

CAPITULO VII: BIBLIOGRAFÍA

1. BASTIDAS, Adriana y Jean Carlos Rodríguez. **“Chocolate Snack a partir de Semilla de Cacao, Nuez y Maní en Concha”**. Universidad Central de Venezuela, Caracas, 2003. 50 pp.
2. BLANCO, Berenice. **“Elaboración de Diagramas de Procesos”**. Universidad Central de Venezuela. 2002
3. BRAUDEAU, Jean. **“El Cacao”**. Editorial Blume, Barcelona. 1970.
4. DESROSIER, Norman W. **“Elementos de Tecnología de Alimentos”**. Compañía Editorial Continental, México, 1997
5. KERN, Donald Q. **“Procesos de Transferencia de Calor”**. Compañía Editorial Continental S.A. México. 1991
6. KIRK, Raymond E. & Donald F. Othmer. **“Enciclopedia de Tecnología Química”**. Unión Tipográfica Editorial Hispanoamericana. México 1962. Tomo VI. 1032 pp.
7. McCABE, Warren y Julian C. Smith. **“Operaciones Básicas de Ingeniería Química”**. Editorial Reverté S.A. España. Tomo I y II. 1978
8. MINIFIE, B.W. **“Chocolate, cocoa and confectionery science and technology.”** Third Edition. Van Nostrand Reinhold, 1989
9. Norma Venezolana COVENIN. **“Chocolate”**. 1999.
10. Norma Venezolana COVENIN. **“Licor de Cacao (Masa o Pasta de Cacao)”**. 1987

11. Norma Venezolana COVENIN. **“Alimentos. Determinación del pH (Acidez Iónica)”**. 1979.
12. ORMACHEA N., Pamela **“Proyecto de factibilidad para la Relocalización de INCADEX S.A de La Paz a Cochabamba”**. Tesis de Grado. Universidad Católica Boliviana San Pablo. 2003.
13. PEARSON, D. **“Técnicas de laboratorio para análisis de alimentos”**. Editorial Acriba. España. 1976. 331pp
14. PERRY, John H. **“Manual del Ingeniero Químico”**. Unión Tipográfica Editorial Hispanoamericana. México. Tomo I y II. 1981.
15. SCHMIDZ-HEBBEL, Hermann. **“Avances en aditivos alimentarios y la reglamentación de los alimentos. Aplicaciones y comentarios de orden químico y tecnológico”**. Editado por Fundación Chile, Santiago de Chile. 1990

<http://r0.unctad.org/infocomm/espagnol/cacao/tecnologia.htm>

<http://www.nestle.com.ve/kids/aventura/EI%20Chocolate.htm>

<http://www.infoagro.com/herbaceos/industriales/cacao4.asp>

<http://www.cocoa.co.cr/products.html>

<http://www.icco.org/questions/chemical.htm>

<http://www.mundohelado.com/materiasprimas/chocolate-produccion.htm>

ANEXOS

Costos de Manufactura

Costos de sueldos de operarios: La planta tiene a su disposición 25 operarios, los cuales perciben un sueldo anual de 1500 \$, y de una secretaria con un sueldo anual de 1800 \$. Para la planta de alcalinización se requerirán 2 operarios. (Estimando que el dólar se encuentra en 8.00 Bs. para el 2005 y que la inflación anual es del 3%).

Costos de los servicios: el costo de los servicios necesarios para el funcionamiento de la planta se muestra en la Tabla N°6

Tabla XXIII: Costo de sueldo de operarios

Año	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Sueldos de Operarios (\$/año)	3000	3090	3183	3278	3377	3478	3582	3690	3800	3914

Tabla XXIV: Costo de los servicios involucrados en la alcalinización

Servicios	Agua de proceso	Electricidad industrial
Costo (\$/año)	43	1077

Costos de los insumos: los insumos que requiere la planta de alcalinización son el álcali, carbonato de potasio K_2CO_3 y agua potable. Ambos son usados para la alcalinización del licor de cacao. A continuación se presenta la Tabla XX donde se muestran dichos costos.

Tabla XXV: Costo de los insumos.

Insumos	Álcali	Agua
Costo (\$/año)	480	30

Los precios de insumos fueron inflados en un 3% anual, para el período de vida útil de la planta.

Tabla XXVI: Costo de sueldo de Supervisores y gerentes

Año	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Sueldos de Supervisores y gerentes (\$/año)	3540	3646	3756	3868	3984	4104	4227	4354	4484	4619

Costos de la materia prima: La planta requiere de 18 Ton de Licor de cacao, para producir 120 Ton de chocolate, el cual tiene un costo anual de 2500\$ /ton. Para producir 164 ton de chocolate, requerirá 25 ton de licor de cacao sin alcalinizar.

A continuación se presenta en la Tabla XXII, el costo de la materia prima necesaria para la obtención de los productos.

Tabla XXVII: Costo de la materia prima

Año	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Materia prima (\$/año)	3189	3285	3383	3485	3589	3697	3808	3922	4040	4161

Tanto los costos fijos de manufactura como los generales de manufactura se estiman como un porcentaje de los costos de los sueldos de los operarios y de la inversión fija. Así como del costo total de manufactura.

Tabla XXVIII: Costos totales de manufactura

Año	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
(\$m/Año)	90	92	95	97	100	103	106	109	112	115

Los costos de manufactura presentados anteriormente, son los relacionados estrictamente con la planta de alcalinización del licor de cacao. Pero para la realización del flujo de caja, se encontró el inconveniente que el licor de cacao alcalinizado es un producto intermedio en la fábrica, por lo que no tiene una demanda y una oferta como tal, así como tampoco un precio asociado. Para resolver este inconveniente, en el flujo de caja realizado se tomaron en cuenta las toneladas adicionales de producción de chocolate que se piensan incrementar una vez instalada la planta.

Tabla XXIX: Instrumentación y precio de los equipos

Identificación del instrumento	Tipo de Instrumento	Variable medida	Precio (US \$)
TT-01	transmisor		392
TY-01	transductor		107
TT-02	transmisor		392
TY-02	transductor		107
TT-03	transmisor		392
TY-03	transductor		107
TT-01	transmisor		392
TY-04	transductor		107
TT-05	transmisor		392
TY-05	transductor		107
TT-06	transmisor		392
TY-06	transductor		107
TT-07	transmisor		392
TY-07	transductor		107
TT-08	transmisor		392
TY-08	transductor		107
FT-01	transmisor		
FY-01	multiplicador	F	1019
FC-01	controlador		
FY-02	transmisor		
FT-02	transmisor	Flujo	
LT-01	transmisor		
LC-01	controlador	L	1170
LY-01	transductor		
LT-02	transmisor	L	1170
LC-02	controlador		
LY-02	transductor		
LT-03	transmisor	L	1170
LC-03	controlador		
LY-03	transductor		

Cálculos Tipo

Diseño del Tanque de Alcalinización.

1. Información mínima requerida
 - Temperatura del Fluido = 110°C
 - Cantidad de fluido almacenado = 600 Kg.
 - Tiempo de Carga = 8 h.
 - Flujo másico = 75 Kg./h.
 - Densidad del Fluido = 1282Kg./m³.
 - Viscosidad = 49 cp.
2. Determinación del tipo de tanque
 - Sin techo
 - Fondo cóncavo
 - Con chaqueta de vapor
3. Determinación de la capacidad del Tanque

$$CAP = Vop$$

$$Vop = B * Q * T$$

Donde:

CAP = Capacidad aproximada (Bbl)

Q = Flujo de carga (m³/h)

T = Tiempo de carga (h)

B = Factor de conversión (Bbl/m³)

Vop = Volumen de operación (m³)

Sustituyendo:

$$Q = \frac{75 \text{ Kg} / \text{h}}{1282 \text{ Kg} / \text{m}^3}$$

$$Q = 5.85 * 10^{-2} \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Vop = \left(\frac{6.29 \text{ Bbl}}{1 \text{ m}^3} \right) * 5.85 * 10^{-2} \text{ m}^3 / \text{h} * 8 \text{ h}$$

$$Vop = 2.94 \text{ Bbl}$$

4. Cálculo del volumen bruto del tanque

$$V_N = V_{op} / 0,95$$

$$V_R = 0,05 * V_N$$

Donde:

V_N = Volumen total del tanque (Bbl)

V_R = Volumen no bombeable (Bbl). El cual corresponde al 5% del volumen total del tanque.

Sustituyendo:

$$V_N = \frac{2.94 \text{ Bbl}}{0,95}$$

$$V_N = 3.10 \text{ Bbl}$$

$$V_R = 0,05 * 3,10 \text{ Bbl}$$

$$V_R = 0,155 \text{ Bbl}$$

5. Determinación de la altura del tanque

$$H = \frac{4 * V_N}{\pi * D^2}$$

Donde:

H = longitud del recipiente (m)

V_N = volumen del extractor (m^3)

Sustituyendo:

$$V_N = 0,493 \text{ m}^3$$

$$H = \frac{4 * 0,493 \text{ m}^3}{\pi * D^2}$$

6. Determinación del diámetro y área transversal

$$D = \left[\frac{4 * V_N}{\pi * H} \right]^{0,5}$$

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

Donde:

D = diámetro del tanque (m)

A = Área transversal (m²)

7. Relación H/D

La relación entre el diámetro y la altura óptima para el diseño del tanque es:

$$H = 2 * D$$

Sustituyendo:

$$D = \left[\frac{4 * V_N}{\pi * 2 * D} \right]^{0,5}$$

$$D = \left[\frac{4 * 0.493 \text{ m}^3}{\pi * 2 * D} \right]^{0,5}$$

$$D = 0.68 \text{ m}$$

$$H = 2 * 0.68 \text{ m}$$

$$H = 1.36 \text{ m}$$

$$A = \frac{\pi * 0.68^2}{4}$$

$$A = 0.36 \text{ m}^2.$$

8. Cálculo de la altura de alto – alto nivel

$$H_{HLL} = \frac{V_{op} + V_R}{A}$$

Donde:

H_{HLL} = Nivel alto -alto

Sustituyendo:

$$H_{HLL} = \frac{0.47 \text{ m}^3 + 2.46 * 10^{-2} \text{ m}^3}{0.36 \text{ m}^2}$$

$$H_{HLL} = 1.36 \text{ m}$$

9. Cálculo de la altura de bajo – bajo nivel

$$H_{LLL} = \frac{V_R}{A}$$

Donde:

H_{LLL} = Nivel bajo -bajo

Sustituyendo:

$$H_{LLL} = \frac{2.46 * 10^{-2} m^3}{0.36 m^2}$$

$$H_{LLL} = 6.83 * 10^{-2} m$$

10. Determinación de los espesores de los anillos

$$t_D = \frac{2.6 * D * (H - 1) * g.e}{E * S} + CA$$

Donde:

t_D : espesor de Diseño (mm)

g.e.: Gravedad específica del líquido.

CA: Tolerancia por corrosión (mm)

E: eficiencia de la junta (se toma el valor de 1 para el diseño)

Sd : Esfuerzo admisible del material (50000 psi para el acero inoxidable SA- 316)

H = Distancia medida desde el borde inferior del anillo que se esta calculando, hasta la conexión de rebose que limita el llenado del tanque

Sustituyendo:

$$t_D = \frac{2.6 * 0.68 * (1.36 - 1) * 1.282}{50000} + 3.175$$

$$t_D = 3.175 mm$$

11. Determinación del diámetro externo del tanque

$$De = D + 2 * t_D$$

Donde:

De = diámetro externo del tanque (m)

Sustituyendo:

$$De = 0.68 m + 2 * 3.175 * 10^{-3}$$

$$De = 0.69 m$$

Dimensiones para el casco del recipiente:

Volumen del tanque (lt)	Diámetro interno (cm)	Diámetro externo (cm)	Espesor de la pared (mm)	Longitud del extractor (m)
493	68	69	3.2	1,36

12. Diámetro de la Turbina

$$D_T = 0.40 * D_I$$

donde:

D_T : diámetro de la turbina (m)

D_I : diámetro interno del tanque (m)

$$D_T = 0.40 * 0.68 \text{m}$$

$$D_T = 0.27 \text{m}$$

13. Determinación del Número de Reynolds

$$Re = \frac{\rho * n * D_T^2}{\mu}$$

donde:

Re: Número de Reynolds (adimensional).

n: Velocidad de la turbina (rps)

D_T : Diámetro de la Turbina (m)

μ : viscosidad dinámica (Kg/m.s).

$$Re = \frac{1282 * 5.83 * 0.27^2}{49 * 10^{-3}}$$

$$Re = 15830.61$$

14. Determinación de la potencia necesaria.

$$P = \frac{\phi * n^3 * D_T^5 * \rho}{g}$$

donde:

P: Potencia necesaria (m-Kg_f/seg)

Φ: Factor de potencia Φ frente a Re para un agitador de turbina de seis palas.

g= aceleración de gravedad (9.81 m/seg²)

$$P = \frac{6 * 5.83^3 * 0.27^5 * 1282}{9.81}$$

$$P = 223.33 \text{ m-Kg}_f/\text{seg}$$

$$P = 223.33/75$$

$$P = 2.98 \text{ hp}$$

Diseño del Intercambiador de Calor.

15. Información mínima requerida

- Fluido frío= agua potable
- Temperatura inicial del fluido = 15°C.
- Temperatura final del fluido = 85°C.
- Temperatura media del fluido = 50°C.
- Densidad del Fluido = 988.34Kg./m³.
- Viscosidad = 5.566*10⁻⁴ Kg/(m*s).
- Capacidad Calorífica= 4182.61 J/(Kg*K)
- Conductividad Térmica del Fluido K= 0.6464W / (K*m)

16. Determinación del tipo de tubo

- ¾ plg DE 16 BWG.
- Di= 0.620 plg = 0.015748 m
- Espesor e=0.065 plg.
- At= 0.302 plg²
- Velocidad U= 3 pies/seg.

17. Flujo másico del agua de enfriamiento

$$m = U * \rho * \pi / 4 * Di^2$$

Donde:

m= Flujo másico del agua de enfriamiento (Kg/s)

U = velocidad (m/s)

ρ = densidad (Kg/m³)

Di = diámetro interno (m)

$$m = 0.9144 \text{ m/s} * 988.34 \text{ Kg/m}^3 * \pi / 4 * (0.015748 \text{ m})^2$$

$$m = 0.1760 \text{ Kg/s.}$$

18. Balance de Energía

$$Q_a = m \times C_p \times (T_o - T_i)$$

Donde:

Q_a : Calor absorbido por el agua de enfriamiento (KJ/ s)

m : Flujo másico del agua de enfriamiento(Kg/s)

C_p : Capacidad calorífica a la temperatura promedio (k J/ Kg .K)

T_o = temperatura de salida (°C)

T_i = temperatura de entrada (°C)

$$Q_a = 0.1760 * 4182.61 * (85 - 15)$$

$$Q_a = 5159.8 \text{ J/s} = 175826.82 \text{ BTU/h}$$

19. Cálculo del calor desprendido por condensación

$$Q_d = m_v * \lambda$$

Donde:

Q_d : Calor desprendido por el vapor al condensarse (KJ/ s)

m_v : Flujo másico del vapor (Kg/s)

λ : Calor latente de vaporización (J/Kg)

$$m_v = Q_d / \lambda$$

$$m_v = \frac{5159.8 \text{ J/s}}{21229453 \text{ J/Kg}}$$

$$m_v = 2.423 \times 10^{-3} \text{ Kg./s}$$

20. Calculo de la temperatura.

$$\Delta T_{m \ln} = \frac{(143 - 15) - (143 - 85)}{\ln(128/58)}$$

$$\Delta T_{m \ln} = 88.43^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{m \ln} = 159.80^\circ\text{F}$$

21. Cálculo del número de Reynolds

$$Re = \frac{\rho_{H_2O} \cdot U \cdot D}{\mu_{H_2O}}$$

donde:

Re: Número de Reynolds (adimensional).

U: Velocidad Media en la Tubería (m/s)

D: Diámetro de la (m)

μ_{H_2O} : viscosidad dinámica (Kg/m.s).

$$Re = \frac{988.34 * 0.9144 * 0.015748}{5.556 * 10^{-4}}$$

$$Re = 25570 = 2.6 * 10^4$$

22. Cálculo Número de Prandt

$$Pr = \frac{\mu_{H_2O} * Cp}{K}$$

$$Pr = \frac{5.566 * 10^{-4} * 4182.61}{0.6464}$$

$$Pr = 3.6$$

23. Cálculo del número de Nusset

$$Nu = 0.023 * (Re)^{0.8} * (Pr)^{0.4}$$

$$Nu = 0.023 * (2.6 * 10^4)^{0.8} * (3.6)^{0.4}$$

$$Nu = 130.69$$

24. Cálculo del coeficiente individual de transferencia de calor

$$hi = \frac{Nu * K}{D}$$

$$hi = \frac{130.69 * 0.6464}{0.015748}$$

$$hi = 5364.18 \text{ W/(m}^2\text{*K)}$$

25. Corrección de h_i para el área externa.

$$h_{io} = h_i * \frac{D_i}{D_e}$$

$$h_{io} = 5364.18 * \frac{0.62}{0.75}$$

$$h_i = 4434.39 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

26. Cálculo de la temperatura de película

$$T_{\text{pelicula}} = \frac{T_p + T_v}{2}$$

donde:

T_p = temperatura de pared ($^{\circ}\text{C}$)

T_v = temperatura del vapor ($^{\circ}\text{C}$)

Suponiendo una temperatura de pared 115°C

$$T_{\text{pelicula}} = \frac{115 + 143}{2}$$

$$T_{\text{película}} = 129^{\circ}\text{C}$$

Las propiedades del condensado evaluadas a esa temperatura son:

- Densidad del Fluido = $943.49 \text{ Kg}/\text{m}^3$.
- Viscosidad = $2.38 * 10^{-4} \text{ Kg}/(\text{m} \cdot \text{s})$.
- $\lambda = 21229453 \text{ J}/\text{Kg}$
- $K = 0.64836 \text{ W} / (\text{K} \cdot \text{m})$

27. Coeficiente de transferencia de calor teórico para condensación en película.

$$h_o = 0,725 * \left(\frac{k_L^3 * \rho_L * (\rho_L - \rho_V) * h_{fg} * g}{D * \mu_L * (T_{sat} - T_p)} \right)^{0,25}$$

Donde:

g : aceleración de gravedad. (m/s²)

h_{fg} : Calor latente de vaporización. (Kj/kg)

k_L: conductividad térmica del fluido. (W/m².K)

D : diámetro del condensador. (m)

ρ_L : Densidad del líquido. (kg/m³)

ρ_v : Densidad del vapor. (kg/m³)

$$h_o = 0,725 \times \left(\frac{2129.453 * 10^3 * (943.49)^2 * (0.6836)^3 * 9.81}{0.015748 * 3.3811 * 10^{-4} * (143 - 115)} \right)^{0,25}$$

$$h_o = 11181.56 \text{ W/(m}^2\text{*K)}$$

28. Cálculo de la media logarítmica de temperatura entre temperatura de pared y las temperatura del agua

$$\Delta T_{mLn} = \frac{(115 - 15) - (115 - 85)}{\ln(100/30)}$$

$$\Delta T_{mLn} = 58.14^\circ\text{C}$$

Comparando la igualdad

$$h_i * \Delta T_{mLn} = h_o * (T_{sat} - T_p)$$

$$311873.43 = 313083.53$$

29. Cálculo del coeficiente global limpio de transferencia de Calor

$$U_c = \frac{h_{io} * h_o}{h_{io} + h_o}$$

$$U_c = \frac{4434.39 * 11181.56}{4434.39 + 11181.56}$$

$$U_c = 3175.18 \text{ W/(m}^2\text{*K)}$$

30. Cálculo del coeficiente global de diseño de transferencia de Calor

$$\frac{1}{U_D} = \frac{1}{U_c} + R_D$$

$$\frac{1}{U_D} = \frac{1}{3175.18} + 0.001$$

$$U_D = 760.49 \text{ W/(m}^2\text{*K)}$$

31. Cálculo del área de transferencia de calor

$$A = \frac{Q_a}{U * \Delta T}$$

$$A = \frac{5159.8 \text{ J/s}}{760.49 \text{ W/(m}^2\text{*K) * 88.43}$$

$$A = 0.07673 \text{ m}^2$$

32. Longitud de los tubos

$$A = \pi * D * L$$

Donde:

A: Área de los tubos (m²)

D: Diámetro de los tubos (m)

L: Longitud de los tubos (m)

$$L = 0.07673 \text{ m}^2 / (0.015748 \text{ m} * 3.1415)$$

$$L = 1.55 \text{ m}$$

Tabla XXX: Datos de Tuberías

Tipo de Servicio	Velocidad (pie/seg.)	Máximo DP, psi/100pie
Servicio general	2.6	2
Diámetro, pulgadas		
1	2-3	
2	3-4.5	
4	5-7	
6	7-9	
8	8-10	
10	10-12	
12	10-14	
16	10-15	
20 y superior	10-16	
Succión de bombas y drenajes	4-7	
Descarga de bombas	5-10	
Alimentación de calderas	8-15	
Agua de refinería	2-5	2.5
Agua de enfriamiento	12-16	2
De condensador	3-5	

Tabla XXXI: Costos Planta Álcali

Costo sistema de alcalinización FOB (US \$)		11700
Costo del sistema de preparación a la alimentación		
Intercambiador de calor FOB (US\$)		1300
Almacén del alcali FOB (US \$)		1200
tanque con agitación FOB (US \$)		3300
Bomba centrífuga FOB (US \$)		2200
Costo sistemas adicionales FOB (US \$)		19700
Fletes terrestres y despachos (10%FOB, US \$)		1970
Valor FOB puerto de embarque (US \$)		21670
Flete marítimo (20% FOB, US\$)		3940
Valor en puerto (US \$)		25610
Seguro (0,55% valor en pto. US \$)		140,855
Impuesto importación (21% valor en pto. US \$)		5378,1
Costo CIF sistemas adicionales (US \$)		31128,96
Instalación (39% CIF, US \$)		12140,29
Aislamiento equipos (8% CIF, US \$)		2490,316
Tuberías instaladas (31% CIF, US \$)		9649,976
Instalaciones eléctricas (8% CIF, US \$)		2490,316
Instrumentación y control (28% CIF, US \$)		8716,107
Transporte (2,5% CIF, US \$)		778,2239
Total sistemas adicionales (US \$)		67394,19
Costos directos total (US \$)		67394,19
Costos indirectos		
Ingeniería de Supervisión (10% FOB total, US \$)		1970
Contingencia (5% directos + indirectos, US \$)		3468,209
Costo total planta (US \$)		72832

Tabla XXXII: Costos Servicios e Insumos

Costos servicios e insumos	Consumo (TM/mes)	Precio (\$/TM)	Costo (\$/mes)	Costo (\$/año)
Agua para intercambiadores	5,456	0,60	3	39
Agua reposición	16	0,60	10	114
Carbonato de Potasio	0,031	1290	40	480
Agua Potable	20	0,625	12,5	150
electricidad (kW/h)	17650	0,085	1500	18003
Servicios Industriales e insumos				18786

