



Pontificia Universidad
Católica del Ecuador

Sede
Esmeraldas

CARRERA DE AGROINDUSTRIAS

DIAGNÓSTICO DE LA OPERATIVIDAD DE LA PLANTA DE
PRODUCCIÓN DE CHOCOLATE CHOCO UNIÓN, MEDIANTE
BALANCES DE MASA Y ENERGÍA

PREVIO AL GRADO ACADÉMICO DE INGENIERO (A)
AGROINDUSTRIAL

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

AUTOR: LLULLUNA PAUCAR PEDRO JONATHAN

ASESOR: PHD. JAVIER BURBANO SALZAR

OCTUBRE – 2022

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	7
2.1. Historia del cacao y chocolate.....	7
2.2. chocolate.....	8
2.3. Tipos de chocolate	9
2.4. Chocolate y cacao en el ecuador y el mundo.....	10
2.5. Ingredientes del chocolate.....	11
2.6. Principales operaciones unitarias en la elaboración del chocolate.....	12
2.6.1. Mezcla	12
2.6.2. Refinado	12
2.6.3. Conchado	13
2.7. Balance de masa.....	15
2.7.1. Ecuación general del balance de masa	15
2.7.2. Técnicas para el balance de masa	16
2.8. Energía.....	17
2.8.1. Balance de energía.....	18
2.8.2. Balance de energía en sistemas cerrados.....	18
2.8.3. Balance de energía en sistemas abiertos en estado estacionario	19
2.9. Bases legales	20
3. CAPITULO II: DISEÑO METODOLÓGICO	23
3.1. Delimitación espacial.....	23
3.2. Tipo de investigación.....	24
3.3. Métodos.....	25
3.4. Técnicas e instrumentos.....	25
3.4.1. Fuentes de información	25
3.4.2. Recolección de datos.....	26
3.5. Fases de investigación	26
3.5.1. Fase i: recolección de datos de producción y visita de campo	26
3.5.2. Fase ii: elaboración de diagrama de flujo del proceso de producción.....	27
3.5.3. Fase iii: elaboración del balance de masa y energía del proceso de producción del chocolate.	27
4. CAPITULO III: DIAGRAMA DE FLUJO Y SIMULACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CHOCOLATE.....	27
4.1. Diagrama de flujo del proceso de producción del chocolate	27
4.2. Descripción del diagrama de flujo	29

5. CAPITULO IV: BALANCE DE MASA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CHOCOLATES	31
5.1. Balance de masa de producción de barras de chocolate de 100%.....	32
5.2. Balance de masa de producción de barras de chocolate de 70%.....	34
5.3. Balance de masa de producción de barras de chocolate de 40%.....	36
6. CAPITULO V: BALANCE DE ENERGÍA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CHOCOLATES	39
6.1. Balance de energía para la producción de barras de chocolate de 100%	40
6.2. Balance de energía para la producción de barras de chocolate de 70%	42
6.3. Balance de energía para la producción de barra de chocolates de 40%	43
7. CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	44
7.1. Conclusiones.....	44
7.2. Recomendaciones.....	44
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
ANEXOS	48

1. INTRODUCCIÓN

Para mejorar la competitividad de una empresa, se debe tener clara la naturaleza y desarrollo de los procesos industriales que, a su vez, están en función del balance de masa y energía. La empresa Choco Unión, se caracteriza por tener un sistema de producción intermitente, esto, debido a que la demanda del producto no es lo suficientemente representativa, limitando a que la producción sea por lotes, donde posteriormente se realizan productos diferentes (Mendoza, 2015). Los productos que se elaboran en la planta, son barras de chocolates de 50 gramos de tres tipos: 40%, 70% y 100% de cacao fino de aroma.

La elaboración de chocolates en la planta de producción Choco Unión se realiza de forma semi industrial, donde no existe un sistema que controle, verifique y gestione los procesos, ni tampoco se ha hecho un análisis del rendimiento, eficiencia y costos del proceso de elaboración de chocolates. Actualmente Choco Unión no cuantifica ni registra adecuadamente la materia prima desde su ingreso hasta la obtención del producto final, tampoco se cuantifica la cantidad de subproducto resultante del proceso. El requerimiento de energía del proceso de producción de chocolates tampoco se registra, y por ende no se puede calcular el consumo energético final ni el costo. Además, la producción en Choco Unión no se realiza todos los días, su operatividad depende de los pedidos recibidos, como máximo la planta funciona cuatro veces por mes.

Con todo lo expuesto se plantea la siguiente pregunta problemática:

¿Realizar el estudio de balance de masa y energía del proceso de producción de chocolates de la planta de producción Choco Unión, permitirá tener un diagnóstico de su operatividad?

Es importante que la productividad de una industria alimentaria mejore paulatinamente, para que esto sea posible es necesario evaluar los procesos que intervienen la manufactura de un producto. En el caso de una empresa dedicada a la producción de chocolate se debe analizar y estudiar la materia prima, los subproductos y el requerimiento energético, con esto se podrá determinar el rendimiento de la planta y su consumo energético final. El uso de herramientas

como diagramas de flujo, balance de masa y energía, y simulación de procesos facilitará el diagnóstico de la operatividad dentro de dicha planta.

La importancia de la productividad está directamente relacionada con el crecimiento de una empresa, si en Choco Unión se diagnostica la operatividad de los procesos de producción, se podrá implementar cambios que permitan a la empresa tener un amplio margen para generar estrategias y obtener una mayor rentabilidad.

En Ecuador el sector cacaoero está conformado por más de 131 empresas, donde, el 79% se dedica al cultivo de cacao y elaboración de chocolate. Estas empresas reportan 1253 plazas de empleo, de las cuales, 879 son de empresas dedicadas al cultivo de cacao, y 374 a la elaboración de chocolate. Aportando un valor significativo a la economía y empleo del país. De las empresas cacaoeras registradas, el 65% son microempresas y no están totalmente industrializadas, tampoco han realizado un diagnóstico de su operatividad y mucho menos una implementación de mejoras a los mismos (CFN, 2020). Por eso es importante realizar evaluaciones de los procesos industriales, que permita diagnosticar la operatividad e implementar posibles cambios, que posteriormente se verán reflejados en productos de calidad seguros e inocuos; procesos más eficientes y mejor aprovechamiento de la materia prima y subproductos. También, una buena gestión de los procesos permitirá a la empresa Choco Unión ser más competitiva en el mercado, aumentando sus ingresos y mejorando su posición como empresa.

En Choco Unión, el tostador, descascarillador, molino y conchador son las máquinas más usadas y las responsables de las principales operaciones unitarias en la producción de chocolates, si estas trabajan eficientemente, implica beneficios significantes en la producción de Choco Unión, la importancia de esto, hace que sea necesario tener un diagnóstico de la operatividad dentro de la planta de producción, así se podrá determinar cuál es la situación de los procesos y si es necesario implementar mejoras para aumentar la eficiencia de la planta.

Para el diagnóstico de un proceso industrial, el diagrama de flujo es una herramienta que identifica secuencialmente las etapas de un proceso de producción. Por otro lado, el balance de masa permite determinar el comportamiento y distribución de la materia prima dentro de una planta de

producción, de igual manera, el balance de energía facilita cuantificar el consumo energético final de la misma. Estas herramientas de ingeniería arrojan información sobre la operatividad real de una planta de producción como la de Choco Unión. Para esto se ha planteado como objetivo general:

- Diagnosticar la operatividad de la planta de producción de chocolate Choco Unión, mediante balances de masa y energía, para describir su productividad.

Objetivos específicos:

- Elaborar el diagrama de flujo del proceso de producción de chocolates mediante la identificación de las etapas, para su respectivo estudio.
- Cuantificar el proceso de producción de chocolates mediante el balance de masa, para determinar su rendimiento.
- Cuantificar el requerimiento energético de la planta de producción de chocolate mediante balances de energía para determinar el costo de producción.

2. CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

2.1. HISTORIA DEL CACAO Y CHOCOLATE

El termino *cacao* surge de la palabra náhuatl *cacahotl* que se origina directamente del dialecto maya y lenguas aztecas. El *Theobroma cacao* es autóctono de América del Sur y está comprobado que la mayor diversificación de este árbol está ubicada en las cuencas del Amazonas, de las veintidós especies registradas, diecisiete están en América del sur, y el país con mayor especies en su territorio es Ecuador, a cuál se le atribuye su origen. El *Theobroma cacao* es de la familia *Sterculiaceae*, con cuatro tipos principales: criollo, forastero, nacional originario de Ecuador y trinitario, un híbrido más resistente a enfermedades (Afoakwa, 2010).

El uso de los granos de cacao se remonta al menos al año 1400, cuando los aztecas e incas usaban los granos como moneda de cambio o para preparar el llamado *xocolatl*, una bebida hecha a base de granos de cacao tostados y machacados con agua, junto con otros ingredientes como la vainilla, especias o miel. En el año 1520, la bebida se introdujo en España, aunque en principio no fue muy aceptada por su sabor peculiar, los conquistadores, entre ellos Hernán Cortez y Cristóbal Colon la familiarizaron en una parte de Europa, y al ser cara, inicialmente estaba reservada para el consumo de las clases sociales más altas, pasaron los años, hasta que en el siglo XVII el consumo de chocolate se amplió por toda Europa.

Los españoles no solo llevaron el cacao a Europa, también introdujeron el cultivo en el siglo XVII, y sentó así las bases de las futuras economías de muchos países occidentales. A medida que el chocolate se hizo cada vez más generalizado en este siglo, el monopolio español sobre la producción de cacao pronto se hizo insostenible y pronto se establecieron plantaciones por parte de italianos, holandeses y portugueses (Hernández, 2013).

2.2. CHOCOLATE

El chocolate es un producto alimenticio, que con partículas de azúcar, cacao y leche forman una suspensión semisólida, que constituye un 70% del total como fase continua de grasa. La característica principal del chocolate es la composición lipídica de su fase continua y las propiedades de fusión que influyen sensación en la boca al momento de consumirlo. Los triglicéridos que conforman el chocolate son el ácido esteárico saturado con un 34%, ácido palmítico con un 27% y el ácido oleico monoinsaturado con un 35%. El chocolate permanece sólido a temperatura ambiente, de 20 a 25°C, y su temperatura de fusión está entre 33 y 37°C, esto según su formulación (Beckett, 2000).

Dependiendo de la variedad del cacao, proceso post cosecha, técnicas de procesamiento, formulación y recetas, el chocolate puede ser de varios tipos: negro, blanco, amargo, dulce, etc.

También, el cacao y chocolate son una fuente considerable de compuestos fenólicos, estos representan cerca del 15% del peso en seco, y alcaloides hasta un 4%. Además, estos compuestos son los principales incidentes en las características organolépticas del chocolate, dotando del sabor amargo y olor característico de este, y contribuyendo a la palatabilidad del chocolate.

Estudios demuestran beneficios en la salud por la ingesta de polifenoles, específicamente sobre el sistema cardiovascular, ya que en los últimos años las enfermedades cardiovasculares han aumentado exponencialmente la tasa de mortalidad en el mundo. Los efectos de los compuestos fenólicos radican en sus propiedades antioxidantes, efectos vasodilatadores, mejoras en el perfil lipídico y capacidad de mitigar la oxidación de lipoproteínas de baja intensidad LDL (Vazques, Ovando, Adriano, & Betancur, 2016).

2.3. TIPOS DE CHOCOLATE

El chocolate es un producto derivado de granos cacao, este se produce mediante procesos específicos de fabricación y uso de materias primas provenientes del cacao, el mismo se puede combinar con lácteos, azúcares, edulcorantes y aditivos alimenticios como: reguladores de acidez, antioxidantes, agentes de glaseado, colorantes y emulsionantes (CODEX, 2016).

Los principales tipos de chocolate depende de la formulación y receta:

- Chocolate amargo: este chocolate también es conocido como semidulce, según las normas gubernamentales, su contenido de materia seca de cacao debe ser al menos del 35%, del cual, más del 18% debe ser manteca de cacao y 14% de contenido magro como mínimo (CODEX, 2016).
- Chocolate Dulce: producto derivado del cacao que contiene azúcar y aditivos alimenticios, su contenido de materia seca debe ser al menos del 30%, del cual, más del 18% debe ser manteca de cacao y contenido magro de por lo menos 12%. (CODEX, 2016).
- Chocolate Familiar: producto derivado del cacao que contiene azúcar y aditivos alimenticios, este chocolate tiene al menos 30% de materia seca, donde, aproximadamente el 18% es manteca de cacao y 14% contenido magro de cacao. Además, por ser del tipo familiar contiene harina/almidón de trigo, arroz o maíz (CODEX, 2016).
- Chocolate con Leche: producto alimenticio derivado del cacao que contiene azúcar y aditivos alimenticios, tiene al menos 25% de materia seca de cacao, 3% de contenido magro de cacao seco, al menos un 13% de materia seca de leche, y no más de 4% de contenido graso de leche (CODEX, 2016).

- Chocolate Blanco: el chocolate blanco es un producto compuesto de un 20% de manteca de cacao como materia seca, con un 14% de materia seca de leche con un contenido de grasa del 3% (CODEX, 2016).
- Chocolate con cobertura de Leche: es un producto que tiene extracto seco de cacao alrededor de un 25%, 14% materia seca de leche y un 30% de grasa total. Dentro de estos valores se encuentra el contenido magro del cacao y la grasa de la leche (CODEX, 2016).

2.4. CHOCOLATE Y CACAO EN EL ECUADOR Y EL MUNDO

Actualmente en Ecuador, el cacao sigue siendo una materia prima importante de exportación, tanto en grano y como pasta, y forma parte de los tres mayores ingresos de exportación del Ecuador. El cultivo de cacao se realiza en 21 provincias del Ecuador y proporciona medios de vida a unos 150.000 productores, además, más del 90% del cacao ecuatoriano es cultivado en menos de 10 hectáreas (MAGAP, 2021). Los árboles de cacao viven de 40 a 50 años, donde la producción empieza cuando los árboles tienen de 3 a 5 años. Dos variedades de cacao dominan los cultivos ecuatorianos, el tradicional *cacao nacional*, reconocido por sus características organolépticas de alta calidad, y el CCN-51, una variedad híbrida de cacao que es resistente a enfermedades fitosanitarias.

Por otro lado, según la Corporación Financiera Nacional, la elaboración de chocolate en el 2020 sumó \$100.2 millones en el país, con una participación del 0.15% en el PIB y un crecimiento del 5% con respecto al año anterior. De las más de 300 empresas chocolateras en el país, la empresa quiteña PACARI, es la que tiene mayor reconocimiento en el mundo por su línea de chocolate fino orgánico, y su variedad de sabores que suman más de 30. Los principales países a los que Ecuador exporta chocolate son Estados Unidos y países europeos. Mientras tanto a nivel nacional, solo se consume 15% de la producción, y esto se debe a que en Ecuador no hay gusto por los chocolates puros (CFN, 2020).

2.5. INGREDIENTES DEL CHOCOLATE

- Licor de cacao: también conocida como pasta de cacao, es el producto que se obtiene de la molienda del cacao en grano, que anteriormente ha sido fragmentado y tostado. Estos fragmentos de cacao tienen una estructura celular, que contiene aproximadamente un 50% de manteca de cacao en forma sólida encerrada en las células. La molienda de los fragmentos de cacao libera la manteca y lo convierte en licor de cacao con un tamaño de partícula de hasta 30µm. La viscosidad de esta está relacionada con el grado de tostado y el contenido de agua de los fragmentos de cacao (Beckett, 2000).
- Azúcar: es un ingrediente inerte en el chocolate con respecto a las sutilezas del sabor, contribuyendo solo con el dulzor característico del chocolate. La sacarosa fina cristalina se utiliza hasta en un 50% en los productos de confitería de chocolate, influye en el sabor de chocolate y en las propiedades de fluides del mismo (Beckett, 2000).

Los monosacáridos, glucosa y fructosa, rara vez se utilizan en el chocolate porque son difíciles de secar y, en consecuencia, la humedad en el chocolate aumenta las interacciones entre las partículas de azúcar, afectando a la viscosidad.

La lactosa es un disacárido, y es un componente esencial de la leche de vaca, por lo que está presente en todos los chocolates con leche. En ocasiones se utiliza lactosa cristalina que sustituye una parte de la sacarosa, y como es menos dulce que el azúcar normal no afecta al sabor del chocolate.

- Manteca de cacao: es la grasa que se obtiene de la pasta de cacao por el método de prensado, dentro de sus características organolépticas principales está su color amarillo, y olor a cacao. Su contenido de ácidos grasos libres, como el ácido oleico es no más del 1,75% m/m, y la materia insaponificable es no más del 0,75% m/m. Es el ingrediente principal de los derivados de cacao como el chocolate. (INEN, 2013)

- Emulsificante: La lecitina es un emulsificante que se utiliza en la producción de chocolate, esta ayuda a que se reduzca el uso de manteca de cacao. La presencia de lecitina en el chocolate cambia sus propiedades reológicas, reduciendo la viscosidad y aumentando el rendimiento de la manteca de cacao (Chire & Hartel, 2010).
- Leche en polvo: La mayoría de los chocolates en su formulación contienen leche, esto hace que el chocolate sea más blando y cremoso. La leche normal tiene como componente abundante el agua, la desventaja de esto es que la humedad daña las propiedades de fluencia del chocolate, por esta razón en la producción de chocolate se usa leche en polvo (Beckett, 2000).

2.6. PRINCIPALES OPERACIONES UNITARIAS EN LA ELABORACIÓN DEL CHOCOLATE

2.6.1. Mezcla

La mezcla de ingredientes durante la fabricación de chocolates es una operación unitaria fundamental que, utilizando combinaciones de tiempo y temperatura en mezcladores continuos o por lotes, se obtiene una consistencia específica de la formulación del chocolate.

En la mezcla por lotes, los ingredientes como la pasta de cacao, azúcar, manteca de cacao, grasa láctea y leche en polvo, son homogenizados de 12 a 15 minutos con temperaturas de entre 40 y 50°C.

La mezcla continua generalmente se usa en la producción de chocolates a gran escala, fabricantes como Nestlé y Cadbury utilizan este tipo de mezcla obteniendo productos con textura semidura y buena consistencia (Afoakwa, 2010).

2.6.2. Refinado

El refinado es un proceso donde se le da una textura suave al chocolate, con el fin de obtener partículas menores a 30 μm . El proceso consiste en hacer pasar la

pasta de cacao por un pre – refinado usando una refinadora de dos rodillos, para finalmente pasar la mezcla por la refinadora de cinco rodillos.

Los refinadores, no solo afectan la reducción del tamaño de partículas y su aglomerado, sino que distribuyen las partículas a través de la fase continua recubriendo cada de ellas con lípidos. El tamaño final de las partículas influye decisivamente en las propiedades reológicas y sensoriales del chocolate.

Una refinadora de cinco cilindros consiste en una serie vertical de cuatro cilindros huecos, donde su temperatura se controla mediante un flujo de agua interno y se mantiene unida mediante presión hidráulica. Donde, una fina película de chocolate es atraída por unos rodillos que avanzan rápido, subiendo por la refinadora hasta que es eliminada por una cuchilla. El cizallamiento de los rodillos fragmenta las partículas sólidas, recubriendo nuevas superficies con lípidos, de modo que estas se vuelven activas y absorben los compuestos aromáticos volátiles de los componentes del cacao, la Figura 1 nuestro un ejemplo de este tipo de refinadora (Afoakwa, 2010).

Figura 1

Refinadora típica de cinco cilindros



Fuente: (VirtualExpo, 2018)

2.6.3. Conchado

El conchado es un proceso principal en la elaboración de chocolates, este determina la viscosidad, textura y sabor. Normalmente se realiza agitando el

chocolate a unos 50°C de temperatura durante varias horas según el tipo de chocolate. Existen tres etapas en el conchado: etapa seca, etapa plástica y etapa líquida. En la primera se reduce significativamente la humedad de un 15% a un máximo de 0.6% aproximadamente. En la segunda etapa se humecta las partículas de azúcar, se mejora el aroma y se modifica la plasticidad de la masa de cacao, esto ocurre por medio de cizallamiento. En la última etapa se adiciona grasa y emulsionante que modifican la viscosidad según el tipo de chocolate que se está procesando.

La conchadora tradicional utilizada en la fabricación de chocolate tenía la forma de una concha. La Figura 2 es una ilustración de una concha Frisse. La conchadora Frisse es un ejemplo típico de conchador de la industria chocolatera moderna (Acevedo, Mejia, & Acosta, 2017).

Figura 2

Conchador Frisse Industrial



Fuente: (Buhler, 2019)

2.7. BALANCE DE MASA

El balance de materia o masa es una serie de cálculos matemáticos que permite cuantificar las sustancias que participan en un proceso industrial. La misma se basa en la *ley de conservación de la materia*, la que establece que la materia no se crea ni se destruye solo se transforma. Las ecuaciones del balance de masa deben satisfacer las entradas y salidas del proceso general, de igual manera, deben satisfacer los procesos de cada unidad por separado (Felder, 2004).

Gran parte de los procesos industriales son continuos, donde la alimentación y descarga fluyen sin ninguna alteración o parada. En estos procesos, a excepción de los intermitentes o por lotes, las variables intensivas son independientes del tiempo en un régimen estacionario (Montalvo, Miranda, & Muñoz, 2014).

Un balance de masa o materiales se puede llevar a cabo dentro de un proceso industrial alimentario, bien sea como un balance masa general, o como un balance de un proceso en específico. Para cualquiera de estos casos es necesario tener datos referentes de la entrada y salida de la materia prima. En el caso de la industria chocolatera, si se quiere estudiar el proceso de producción, se puede realizar el balance de masa de todo el proceso general hasta la obtención del producto final, o bien se puede hacer solamente el balance de una etapa en específico. (Montalvo, Miranda, & Muñoz, 2014).

2.7.1. Ecuación general del balance de masa

Los balances de masa pueden ser de tipo integral o diferenciales. En ambos casos la materia que entra se la conoce como alimentación, y la materia que sale es el producto o subproducto. El balance diferencial refleja lo que ocurre en el sistema en un instante determinado, donde, el término principal es la velocidad, que expresa la masa por unidad de tiempo, este balance normalmente se aplica a procesos continuos. El balance integral describe el comportamiento en dos instantes determinados en el sistema, después de la alimentación y antes de retirar el producto final. Normalmente este balance se usa en procesos intermitentes o por lotes (Felder, 2004).

- Proceso continuo: las corrientes de alimentación y salida fluyen sin interrupciones continuamente en lo que dura el proceso.
- Proceso Intermitente: la alimentación de la materia prima se da al inicio del proceso que después de un tiempo se quita el contenido del depósito. Es decir, no existe más alimentación desde el momento en que inicia el proceso hasta la obtención del producto final.

La ecuación general del balance de masa se puede establecer en procesos continuos e intermitentes, y se define de la siguiente manera:

El balance de masa en un sistema donde la materia se conserva, en uno, o un conjunto de unidades de proceso, de forma general se expresa de la siguiente manera, ecuación 1:

$$\text{Entrada} + \text{Generación} - \text{Salida} - \text{Consumo} = \text{Acumulación} \quad (1)$$

- Entrada: por medio de las fronteras del sistema.
- Generación: ocurre dentro del sistema.
- Salida: por las fronteras del sistema.
- Consumo: dentro del sistema.
- Acumulación: dentro del sistema.

2.7.2. Técnicas para el balance de masa

Para realizar un balance de masa de un proceso industrial, es necesario establecer algunos pasos preliminares que se pueden modificar en función del análisis que se esté realizando:

- Análisis de las etapas en la producción industrial.
- Dibujo del diagrama de flujo en base al proceso de producción.
- Colocar en el diagrama todos los datos disponibles del proceso de producción.
- Formular las ecuaciones en cada uno de los procesos.

2.8. ENERGÍA

La energía es una magnitud abstracta que posee un sistema, esta puede expresarse en forma de calor, trabajo, reacciones químicas, luz, fenómenos físicos, etc. La energía se puede obtener de diferentes fuentes: energía química, energía hidráulica, energía solar, energía nuclear, etc. (Cengel & Ghajar, 2011).

En un sistema, la energía total es conformada de los siguientes componentes:

- Energía cinética: es aquella que es en función del movimiento en determinado marco de referencia.
- Energía potencial: es la que se relaciona la posición de un sistema en un campo gravitatorio.
- Energía interna: es la que se relaciona con la posición y movimiento de las moléculas, y por ende se asocia con la energía potencial y cinética.
- Calor: es una forma de energía que se percibe como resultado de la diferencia de temperatura en un sistema, la unidad más común para medir calor es el *joule* del Sistema Internacional.
- Trabajo: es la transferencia de energía en función de una fuerza impulsora que normalmente es mecánica.
- Entalpia: es una función de estado que depende de la presión y temperatura, donde se mide el cambio de energía de estado inicial a final. No tiene valor absoluto ya que solo mide los cambios de estado (Felder, 2004).

2.8.1. Balance de energía

El balance de energía consiste en cuantificar la energía que se aporta y consume en un sistema, con el fin de determinar sus requerimientos energéticos. El balance de energía radica en el principio de conservación de la energía, la cual establece que, la energía no se crea ni se destruye solo se transforma.

En el caso de la industria alimentaria, el balance de energía se puede establecer para determinar el requerimiento energético de producción en una etapa o en todo el proceso.

2.8.2. Balance de energía en sistemas cerrados

Un sistema es abierto o cerrado cuando existe o no transferencia de masa a hacia los alrededores. En el sistema abierto, la masa y energía cruza las fronteras hacia los alrededores, mientras que en el sistema cerrado solamente cruza la energía (Felder, 2004).

Para de desarrollar el balance de energía, se debe considerar que los sistemas sean homogéneos, sin cargas o efectos superficiales como campos eléctricos, magnéticos o incidencia radioactiva.

El balance de energía en un sistema cerrado se plantea de la siguiente manera, como se muestra en la ecuación 3:

$$\begin{aligned} & \text{Energía final del sistema} - \text{Energía inicial del sistema} \\ & = \text{Energía neta transferida al sistema} \quad (3) \end{aligned}$$

Donde:

- Energía inicial en el sistema: $U_i + E_{ki} + E_{pi}$
- Energía final en el sistema: $U_f + E_{kf} + E_{pf}$
- Energía neta transferida: $Q - W$

Reemplazando estos términos en la ecuación del balance de energía para un sistema cerrado, tenemos la forma básica de la primera ley de la termodinámica, ecuación 4:

$$(U_f - U_i) + (E_{kf} + E_{ki}) + (E_{pf} + E_{pi}) = Q - W$$

$$\Delta U + \Delta E_k + \Delta E_p = Q - W \quad (4)$$

Donde:

- Energía interna: ΔU
- Energía cinética: ΔE_k
- Energía potencial: ΔE_p
- Calor: Q
- Trabajo: W

2.8.3. Balance de energía en sistemas abiertos

Un sistema abierto es aquel donde la masa y energía cruzan las fronteras del sistema hacia sus alrededores. Esto quiere decir que cuando se alimenta masa a un sistema se realiza trabajo sobre el mismo, y cuando la masa sale, se efectúa trabajo sobre los alrededores. Estos términos de trabajo se deben tomar en cuenta al plantear el balance de energía (Felder, 2004).

Para un sistema abierto en estado estacionario aplicando la primera ley de la termodinámica, tiene forma como la ecuación 5:

$$\textit{entrada} = \textit{salida} \quad (5)$$

Donde:

- Entrada: transporte de energías por las corrientes de entrada más la transferencia de energía en forma de calor del proceso.
- Salida: transporte de energía por las corrientes de salida más la transferencia de energía a en forma de trabajo del proceso.

Si la ecuación 5 la representamos en términos de entalpía, energía cinética y energía potencial, tenemos la ecuación 6:

$$\Delta\dot{H} + \Delta\dot{E}_k + \Delta\dot{E}_p = \dot{Q} - \dot{W} \quad (6)$$

Donde:

- Velocidad neta de transferencia de energía al sistema en forma de trabajo o calor: $\dot{Q} - \dot{W}$
- Diferencia de velocidades de transferencia de energía en la entrada y salida del sistema: $\Delta\dot{H} + \Delta\dot{E}_k + \Delta\dot{E}_p$

Esta ecuación es esencial para la mayoría de los cálculos de balance de energía en sistemas abiertos, ya sea en procesos continuos o semicontinuos.

En una planta de producción alimenticia como una chocolatera, existen procesos continuos como el tamizado y secado, que por medio de balance de masa se puede determinar el consumo energético de sus equipos.

2.9. BASES LEGALES

El Ministerio de Industrias y Productividad del Ecuador, considerando:

Que el Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, de acuerdo a las funciones determinadas en el Artículo 15, literal b) de la Ley No. 2007-76 del Sistema Ecuatoriano de la Calidad, reformada en la Novena Disposición Reformatoria del Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones publicado en el Registro Oficial Suplemento No. 351 del 29 de diciembre de 2010, y siguiendo el trámite reglamentario establecido en el Artículo 29 inciso primero de la misma Ley, en donde manifiesta que: “La reglamentación técnica comprende la elaboración, adopción y aplicación de reglamentos técnicos necesarios para precautelar los objetivos relacionados con la seguridad, la salud de la vida humana, animal y vegetal, la preservación del medio ambiente y la protección del consumidor contra prácticas engañosas” ha formulado el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 106 “CHOCOLATES”.

En ejercicio de las facultades que le concede la ley, resuelve:

Artículo 1.- Aprobar y oficializar con el carácter de obligatorio lo siguiente: Reglamento técnico ecuatoriano RTE INEN 106 “CHOCOLATES”.

Este reglamento establece los requisitos que deben cumplir los chocolates con la finalidad de prevenir los riesgos para la salud y la vida de las personas, y evitar prácticas que puedan inducir al error o engaño al consumidor.

Este Reglamento Técnico se aplica a los siguientes chocolates que se fabriquen comercialicen en el Ecuador, sean estos, de fabricación nacional o importados: chocolate dulce, chocolate sin edulcorar, chocolate para cobertura, chocolate con leche, chocolate blanco, chocolate aromatizado, chocolate relleno, chocolate a la taza.

Para los efectos de este reglamento técnico ecuatoriano, se adoptan las definiciones establecidas en la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 621:

El instituto ecuatoriano de normalización, por medio de la norma INEN 621 establece los requisitos que deben cumplir los diferentes tipos de chocolates que son preparados a partir de granos de cacao.

Los chocolates deben estar preparados a partir de granos de cacao sin cascarilla ni germen; pasta de cacao, torta de cacao y cacao en polvo. Estos pueden tener en su formulación sustancias como el azúcar, manteca de cacao, productos lácteos e ingredientes facultativos (INEN, 2018).

Las materias primas deben estar libres de cualquier tipo de contaminación; física, química o biológica. En el caso de pesticidas, insecticidas, plaguicidas y otras sustancias tóxicas, estas deberán estar dentro de los límites establecidos por el Codex Alimentario y el FDA.

El cacao fino de aroma es una materia prima que se caracteriza por sus sabores y aromas a frutales, florales entre otros. Los granos de cacao fino se clasifican en: Arriba Superior Summer Selecto (A.S.S.S), Arriba Superior Selecto (A.S.S), Arriba Superior Época (A.S.E). Estos deben cumplir con los requisitos físicos y de calidad mostrados en la Tabla 1.

Tabla 1*Requisitos físicos y de calidad del cacao fino*

Requisitos	Cacao Fino			Método de ensayo
	A.S.S. S	A.S. S	A.S. E	
Humedad máxima %	7	7	7	NTE INEN-ISO 2291
Cascarilla %	12	11,5	12	
Peso de 100 granos (g)	>130	>120 -130	100-120	
Granos fermentados mínimo%	75	65	53	NTE INENISO 1114
Granos violetas máximo %	15	21	25	NTE INENISO 1114
Granos pizarros máximo %	9	12	18	NTE INENISO 1114
Granos mohoso máximo %	1	2	4	NTE INENISO 1114
Total, análisis de 100 granos	100	100	100	
Material Extraño máximo %	0	0	0	

Fuente: (INEN, 2018)

Para la elaboración de chocolate solo se permite usar como grasa la manteca de cacao, no se admite otro tipo de grasa. En el caso del chocolate con leche, si está permitida la grasa láctica.

El uso de aditivos alimentarios en la elaboración de chocolates está regulado y se podrá adicionar según las cantidades indicadas en la Tabla 2.

Tabla 2*Cantidad de emulsionantes permitidos en chocolates*

Emulsionante	Dosis (g/kg)
Monoglicéridos y diglicéridos de ácidos grasos comestibles	15
Lecitina	5
Sales amónicas de ácidos fosfatídicos	7
Polirrecenolato de poliglicero	5
Monoestearato de sorbitán	10
Monoestearato de poli-oxietilén (20) sorbitán	10
Triestearato de sorbitán	10
Total, de emulsionantes	15

Fuente: (INEN, 2018).

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo está basado en un problema científico que, para resolverlo, es necesario tener el conocimiento detallado de los tipos de investigación que se puede aplicar (Nieto, 2018). Además, este conocimiento ayudara a la elección del método afín al tema de investigación. Por lo tanto, para este trabajo se ha determinado los siguientes tipos de investigación:

- Por su propósito, esta investigación es aplicada, debido a que se usó información y herramientas fundamentales sobre los procesos de producción en la elaboración de chocolate.
- Según los medios empleados, esta investigación es de campo y documental, ya que se analizó datos históricos y se registró datos actuales en el proceso de elaboración de chocolates.
- Según la profundidad, la investigación es descriptiva que, por medio del balance de masa y energía se dio un diagnóstico de la operatividad en Choco Unión.
- Según los datos, la investigación es cuantitativa por la cuantificación de materia prima, producto y consumo energético en la planta de producción de chocolates.

3.3. MÉTODOS

El método de investigación para este trabajo es inductivo, ya que, por medio de observaciones realizadas a los procesos en la elaboración de chocolate, se dio un diagnóstico general de la operatividad de la planta procesadora. Y según Dávila (2006), “para obtener conocimiento es necesario observar directamente la naturaleza del fenómeno, reunir datos de casos particulares y sacar conclusiones generales en función de estos” (p.7). Además, la veracidad de las conclusiones del razonamiento inductivo se basa en que sus premisas también sean verdícas.

Por esta razón, se determinó que el método inductivo, es el que mejor se ajusta a este trabajo de investigación.

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

3.4.1. Fuentes de información

Las fuentes de información son recursos que satisfacen necesidades informativas de una situación o problema, con el fin de lograr resultados esperados (Maranto, 2015). Por el nivel de búsqueda, para este trabajo se usaron las siguientes fuentes de información:

- Fuentes primarias: planta de producción de Choco Unión; antecedentes técnicos del proceso de elaboración de chocolates de Choco Unión.
- Fuentes secundarias: libros de ciencia y tecnología del chocolate; artículos y tesis sobre balance de masa y energía; libros de operaciones unitarias y procesos químicos.

3.4.2. Recolección de datos

Para la recolección de datos se usó como técnicas; el análisis documental y la observación no experimental.

En el análisis documental, se revisó información sobre antecedentes técnicos en el proceso de producción de chocolates: archivos de producción, hojas de registro y tablas de formulaciones. De donde se extrajo información referente a las etapas de producción; materia prima y producto final; temperaturas y tiempos. Además, se usó como instrumento, hojas de cálculo de Excel para el registro de la información.

Por otro lado, mediante la observación no experimental y usando como instrumento fichas técnicas de producción y maquinaria, ver ANEXO I y II, se realizó el levantamiento de información sobre el proceso de producción de chocolates. Así también, se levantó información sobre especificaciones técnicas de las maquinarias en la planta de producción.

3.5. FASES DE INVESTIGACIÓN

3.5.1. Fase I: Recolección de datos de producción y visita de campo

En miércoles 15 de junio del 2022 se realizó la primera visita de campo a la planta de producción Choco Unión, donde se hizo el reconocimiento de la planta y se solicitó información de los procesos de producción, esta contenía: archivos de producción, hojas de registro y tablas de formulaciones. Para luego proceder al análisis documental.

Pasado dos semanas, el 30 de junio se realizó la segunda visita de campo, donde se observó directamente el proceso de producción de chocolates y, usando fichas técnicas, se registró datos sobre la materia prima, formulaciones, etapas de producción; temperaturas y tiempos en el proceso de producción; producto final y subproductos. También, se registró datos de las especificaciones técnicas de las maquinarias.

3.5.2. Fase II: Elaboración de diagrama de flujo del proceso de producción

En esta fase, se elaboró el diagrama de flujo del proceso de producción, el mismo fue verificado directamente en la planta de Choco Unión. Para esto se usó una computadora y el software AutoCad.

3.5.3. Fase III: Elaboración del balance de masa y energía del proceso de producción del chocolate.

En esta etapa se elaboró el balance de masa y energía de la producción de barras de chocolates, con 100%, 70% y 40% contenido de cacao fino de aroma.

Con el diagrama de flujo y los datos de producción se plantearon las ecuaciones para calcular el balance de masa de cada etapa. Una vez realizados los cálculos empleando el software Excel, se determinó el rendimiento de la materia prima y el requerimiento energético.

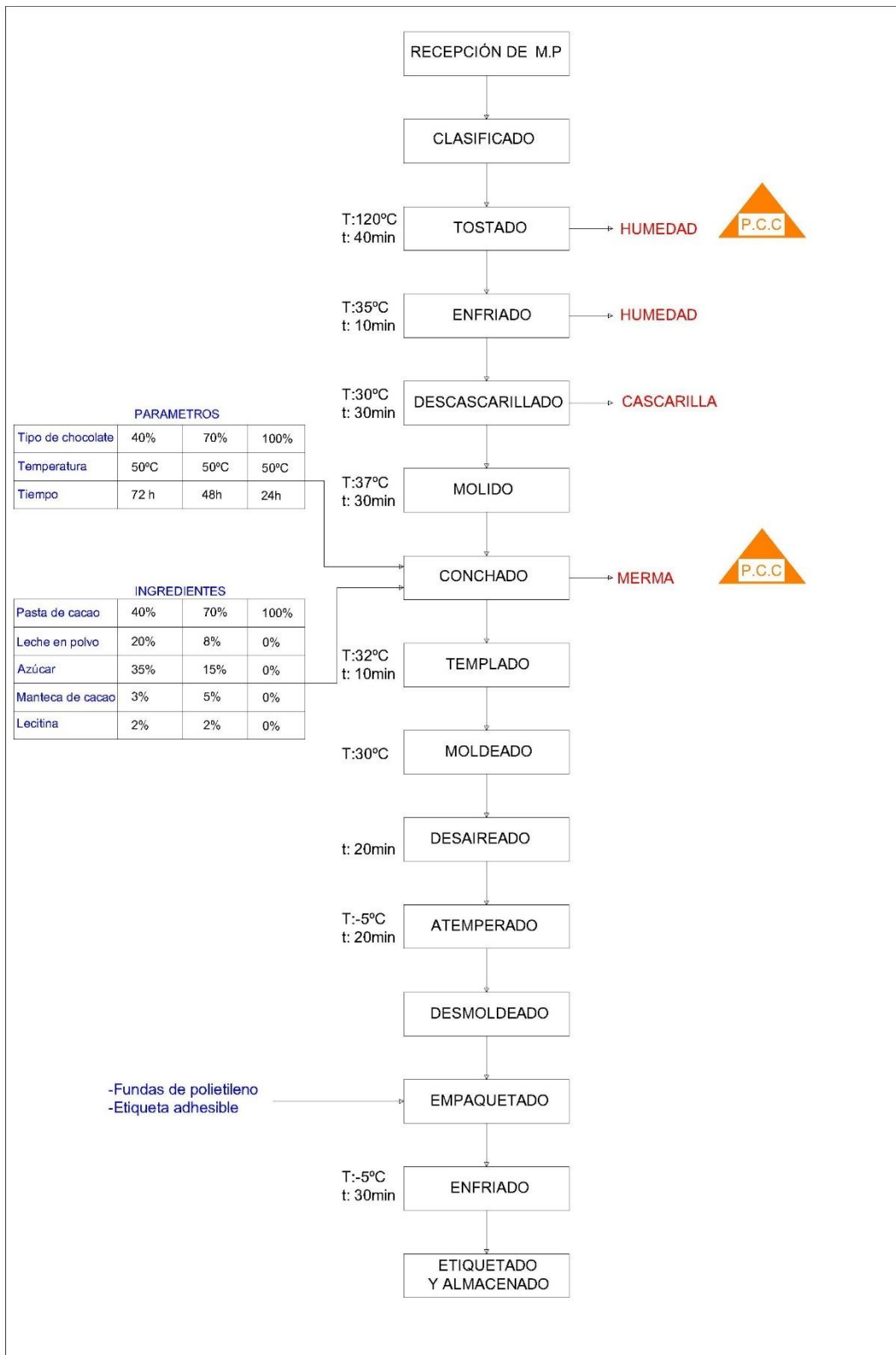
4. CAPITULO III: DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CHOCOLATE

4.1. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL CHOCOLATE

De la primera visita de campo que se realizó a la planta de producción Choco Unión y, mediante la observación al proceso de elaboración de chocolates, se determinó que el proceso consta de 15 etapas como se muestran en la Figura 4.

Figura 4

Diagrama de flujo del proceso de producción de chocolates



Nota. El diagrama identifica cada uno de los procesos en la elaboración de chocolate, con sus respectivos tiempos, temperaturas y puntos críticos de control.

4.2. DESCRIPCIÓN DEL DIAGRAMA DE FLUJO

- **Recepción de materia prima:** en la Tabla 3 se detallan las materias primas que se receiptan para la elaboración de chocolate.

Tabla 3

Materias primas de la producción de chocolate – Choco Unión

Materia Prima	Descripción
Cacao fino de aroma	Esta materia prima proviene de cultivos de cacao pertenecientes a los mismos socios de la empresa. La cual esta certificada.
Azúcar de caña	Se verifica su fecha de caducidad
Manteca de Cacao	Se inspecciona que sus características organolépticas: olor típico, sabor típico y color amarillo pálido.
Leche en Polvo	Se verifica su fecha de caducidad

- **Clasificación:** los granos de cacao se clasifican de forma manual en tres categorías: grandes, medianos y pequeños.
- **Tostado:** se introducen las pepas de cacao en el tostador, precalentando a una temperatura de 120°C por 10 minutos. Se tuestan granos del mismo tamaño por cada lote. Los granos se introducen en el interior del tostador de treinta a cuarenta minutos, dependiendo del tamaño del cacao.

En este proceso existe un punto crítico de control, donde se extrae una pepa del tostador para verificar el estado de tueste. Finalmente, los granos salen del tostador a temperatura de 95°C. Se determinaron pérdidas de 2,25% en la masa total, por evaporación.

- **Enfriado:** los granos de cacao tostado se introducen en el enfriador durante 10 minutos hasta que estos alcancen una temperatura de 35°C. En esta etapa se determinó perdidas del 0.25% en la masa total por evaporación.
- **Desacascarillado:** en este proceso los granos de cacao se depositan en el descascarillador durante 30 minutos, pasado este tiempo quedan separados los granos de las cascarillas. Las cascarillas representan el 12% del peso total y son desalojadas como subproducto.

➤ **Molienda:** En esta etapa se introduce los granos de cacao en un molino de tornillo sin fin durante 30 minutos. Obteniendo así la pasta de cacao.

➤ **Conchado:** para elaborar la receta del 100%, la pasta de cacao se introduce en el conchador por 24 horas, a 50°C de temperatura y 400rpm de velocidad.

Para elaborar la receta del 70%, la pasta de cacao se introduce en el conchador por un tiempo de 48 horas, a 50°C de temperatura y 400rpm. Luego, se agregan los ingredientes después de 10 minutos de haber empezado el proceso en el siguiente orden: azúcar, manteca de cacao troceada, leche en polvo y lecitina. Se estimaron pérdidas de 0,5 libras.

Para elaborar la receta del 40%, la pasta de cacao se introduce en el conchador por un tiempo de 72 horas, a 50°C de temperatura y 400rpm. Los ingredientes son agregados después de 10 minutos de haber empezado el proceso en el siguiente orden: azúcar, manteca de cacao troceada, de leche en polvo y lecitina. Se estimaron pérdidas de 0,5 libras.

Como se controla la temperatura, revoluciones por minuto y tiempo, este proceso tiene un punto crítico de control.

➤ **Templado:** en esta etapa, en principio se extraen 10 libras de pasta de cacao, que posteriormente se reduce su temperatura a 32°C con ayuda de agua fría. Esto se repite varias veces hasta que ya no quede producto en la conchadora.

➤ **Moldeado:** en esta etapa el producto se coloca en moldes de plástico en forma de barra, a una temperatura de 30°C.

➤ **Desaireado:** con el objetivo de que no queden burbujas de aire en las barras de chocolate, los moldes son colocados en la desaireadora, que, mediante vibración, mueve los moldes para que las burbujas salgan. Este proceso dura 5 minutos y el producto alcanza una temperatura de 28°C.

➤ **Atemperado:** en esta etapa los moldes son introducidos en el congelador, el cual está regulado a -5°C. Pasado 20 minutos los moldes son retirados y el producto sale a 20°C de temperatura.

- **Desmoldeado:** el producto se extrae del interior de los moldes manualmente. Los moldes se retiran para limpiarlos y almacenarlos para su posterior uso.
- **Empaquetado:** las barras de chocolate que pesan 50 gramos son colocadas en empaques de polietileno, y son selladas con un sellador eléctrico que se usa manualmente, esto dura de 3 a 5 segundos por barra.
- **Enfriado:** los productos empaquetados se introducen en el congelador, que se encuentra a una temperatura aproximada de -5°C durante unos 30 minutos, para que el producto se termine de endurecer.
- **Etiquetado y Almacenado:** se coloca las etiquetas de forma manual, estas son adhesivas y tiene un tamaño de 5,5cm x 11,5cm.

Y finalmente las barras de chocolate son almacenadas en el interior de cajas de cartón a temperatura ambiente ($20 - 25^{\circ}\text{C}$).

5. CAPITULO IV: BALANCE DE MASA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CHOCOLATES

Antes de proceder a realizar el balance de masa, se analizó el diagrama de flujo de la producción, donde se determinó que las principales operaciones unitarias son: el clasificado, tostado, enfriado, descascarillado, molienda y conchado. En base a esto, y a las observaciones y datos recolectados en la visita de campo a ChocoUnion, ver ANEXO I, se elaboró el balance de masa del proceso de producción y se determinó su rendimiento.

Debido a que el proceso de producción es intermitente, para cada tipo de barra hay una entrada de materia diferente.

Otro dato importante para el balance fue disponer de las características físicas del cacao, este fue proporcionado por Choco Unión, cuyos valores son aproximados. El mismo, cumple con los requisitos físicos que exige la norma NTE INEN 176 como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4

Requisitos físicos y calidad para granos de cacao

Requisitos	Cacao Fino	Método de ensayo
Humedad, máximo, %	7	NTE INEN-ISO 2291
Cascarilla, %	12	

Fuente: (INEN, 2018)

5.1. BALANCE DE MASA DE PRODUCCIÓN DE BARRAS DE CHOCOLATE DE 100%

El balance de masa de la producción de barras de chocolates de 100% se calculó a partir de 44 lb de granos de cacao fino de aroma. Para esto, se recurrió a datos sobre los ingredientes que componen las barras de chocolate. Esta formulación se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5

Formulación de barras de chocolate de 100% cacao

Ingredientes	%
Pasta de cacao	100
Leche en polvo	0
Azúcar	0
Manteca de cacao	0
Lecitina	0

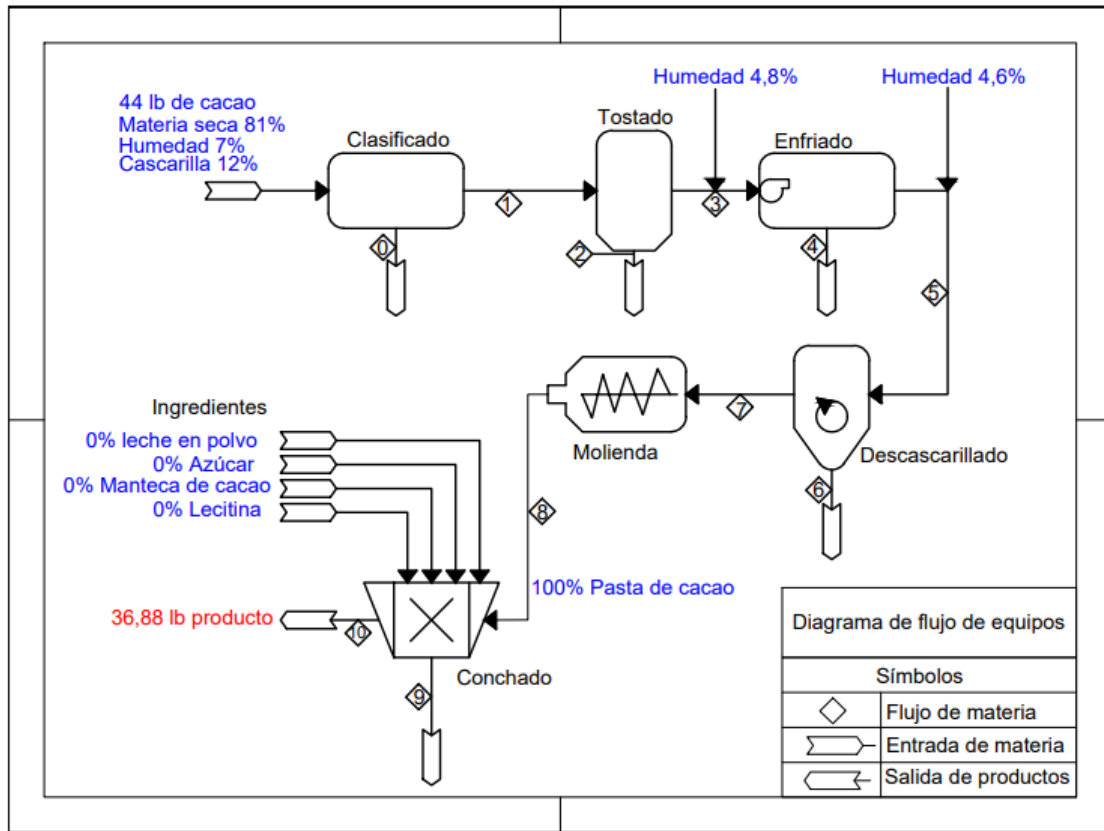
Fuente: Choco Unión

Las características físicas del cacao y la formulación del chocolate fueron fundamentales para plantear las ecuaciones del balance y su posterior resolución mediante matrices en Excel, ver ANEXO III y IV.

En la Figura 5 se observa el diagrama y las corrientes del flujo de materia del proceso de producción de barras de chocolates de 100%.

Figura 5

Diagrama del balance de masa de barras de chocolates de 100% - lb



En la Tabla 6 se detalla el balance de masa hasta la corriente 8 o antes del conchado, expresado en libras, los números de la parte superior de la tabla indican las corrientes de entrada y salida.

Tabla 6

Balance de masa de producción de chocolate de 100% de cacao - lb

Material	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Materia seca		35,42		35,42		35,42		35,42	35,42
Humedad		3,06	1,01	2,05	0,09	1,96		1,96	1,96
Cascarilla		5,25		5,25		5,25	5,25		
Defectuoso	0,275								
Total	0,28	43,73	1,01	42,71	0,09	42,63	5,25	37,38	37,38

En la etapa del conchado es donde se agregan los ingredientes para las barras de chocolate, para el cual, se realizó otro balance de masa a partir de esta etapa. En la Tabla 7 se detalla este balance con sus respectivos ingredientes.

Tabla 7

Balance de masa de producción de chocolate de 100% de cacao - lb

Material	9	10
Pasta de cacao		36,88
Leche en Polvo		0,00
Azúcar		0,00
Manteca de cacao		0,00
Lecitina		0,00
Mermas	0,5	
Total	0,5	36,88

El balance de masa muestra que la última corriente del diagrama, corriente 10, tiene un valor de 36,88 lb de producto o 16,73 kg, lo que equivale a 334 barras de chocolates de 50g. Con un rendimiento del 83,82%. También, se observa que este tipo de chocolate no lleva ningún ingrediente a parte de la pasta de cacao.

5.2. BALANCE DE MASA DE PRODUCCION DE BARRAS DE CHOCOLATE DE 70%

El balance de masa de las barras de chocolates de 70%, se calculó en base a 30 lb de cacao fino de aroma. Para este cálculo, fue necesario los datos de formulación de este producto, los mismos se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8

Formulación para barras de chocolates de 70%

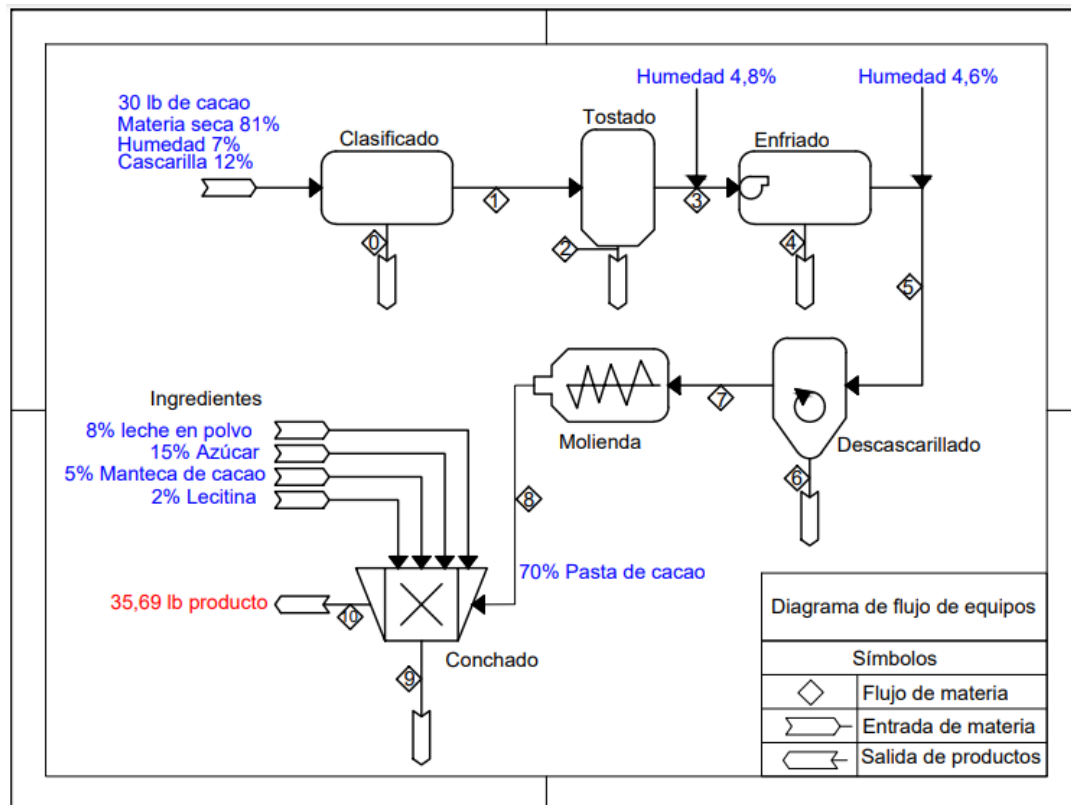
Ingredientes	%
Pasta de cacao	70
Leche en polvo	8
Azúcar	15
Manteca de cacao	5
Lecitina	2

Fuente: Choco Unión

Los datos de formulación del chocolate y las características físicas del cacao fueron fundamentales para el planteo de las ecuaciones en el balance de masa. Así también, fue indispensable realizar el diagrama de los equipos y analizar las corrientes del flujo de materia como se muestra en la Figura 6.

Figura 6

Diagrama del balance de masa de barras de chocolates de 70% - lb



En la Tabla 9 se detalla el balance de masa hasta la corriente 8 o antes del conchado, los números de la parte superior de la tabla indican las corrientes de entrada y salida. Todos estos valores están expresados en libras.

Tabla 9

Balance de masa de producción de chocolate de 70% de cacao - lb

Material	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Materia seca		24,15		24,15		24,15		24,15	24,15
Humedad		2,09	0,69	1,40	0,06	1,34		1,34	1,34
Cascarilla		3,58		3,58		3,58	3,58		
Defectuoso	0,1875								
Total	0,19	29,81	0,69	29,12	0,06	29,06	3,58	25,49	25,49

En la etapa del conchado es donde se agregan los ingredientes para las barras de chocolates, para el cual, se realizó otro balance de masa a partir de esta etapa. En la Tabla 10 se detalla este balance con sus respectivos ingredientes.

Tabla 10

Balance de masa de producción de chocolate de 70% de cacao - lb

Material	9	10
Pasta de cacao		24,99
Leche en Polvo		2,86
Azúcar		5,35
Manteca de cacao		1,78
Lecitina		0,71
Mermas	0,5	
Total	0,5	35,69

La Tabla 7 muestra que la última corriente del diagrama, corriente 10, tiene un valor de 35,69 lb o 16,19 kg de producto, lo que equivale a 323 barras de chocolates de 50g. Con un rendimiento del 83,3%.

5.3. BALANCE DE MASA DE PRODUCCION DE BARRAS DE CHOCOLATE DE 40%

El balance de masa para las barras de chocolates de 40%, se calculó en base a 18 lb de cacao fino de aroma. Para este cálculo, fue necesario los datos de formulación de este producto, los mismos se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11

Formulación para barras de chocolates de 40%

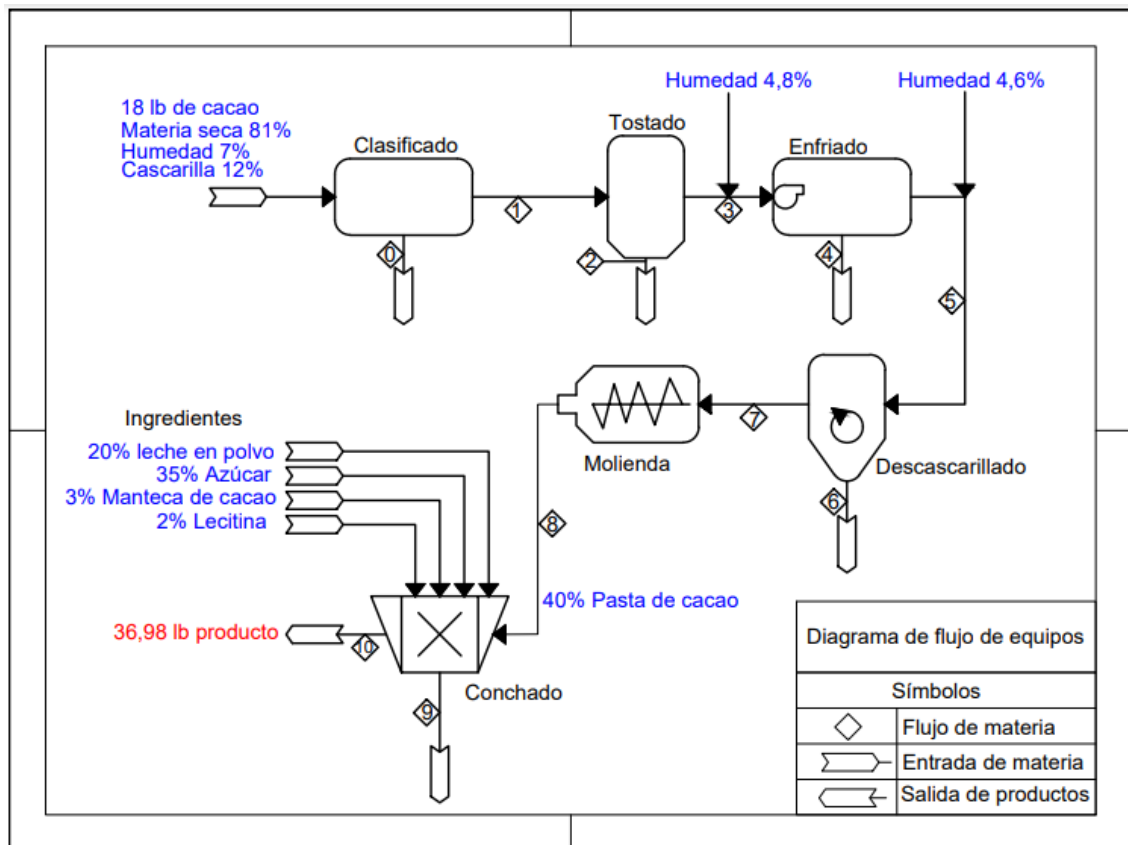
Ingredientes	%
Pasta de cacao	40
Leche en polvo	20
Azúcar	35
Manteca de cacao	3
Lecitina	2

Fuente: Choco Unión

Los datos de formulación del chocolate y características físicas del cacao fueron fundamentales para el planteo de las ecuaciones en el balance de masa, así también, fue indispensable realizar el diagrama de los equipos y analizar las corrientes de entrada y salida como se muestra en la Figura 7.

Figura 7

Diagrama del balance de masa de barras de chocolates de 40% - lb



En la Tabla 12 se detalla el balance de masa hasta la corriente 8 o antes del conchado, los números de la parte superior de la tabla indican las corrientes de entrada y salida. Todos estos valores están expresados en libras.

Tabla 12

Balance de masa de producción de chocolate de 40% de cacao - lb

Material	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Materia seca		14,49		14,49		14,49		14,49	14,49
Humedad		1,25	0,41	0,84	0,04	0,80		0,80	0,80
Cascarilla		2,15		2,15		2,15	2,15		
Defectuoso	0,1125								
Total	0,11	17,89	0,41	17,47	0,04	17,44	2,15	15,29	15,29

En la etapa del conchado es donde se agregan los ingredientes para las barras de chocolates, para el cual, se realizó otro balance de masa a partir de esta etapa. En la Tabla 13 se detalla este balance con sus respectivos ingredientes.

Tabla 13

Balance de masa de producción de chocolate de 40% de cacao - lb

Material	9	10
Pasta de cacao		14,79
Leche en Polvo		7,40
Azúcar		12,94
Manteca de cacao		1,11
Lecitina		0,74
Mermas	0,5	
Total	0,5	36,98

La Tabla 10 muestra que la última corriente del diagrama, corriente 10, tiene un valor de 36,98 lb o 16,78 kg de producto, lo que equivale a 335 barras de chocolates de 50g. Con un rendimiento del 82,17%.

6. CAPITULO V: BALANCE DE ENERGÍA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CHOCOLATES

Con el fin de cuantificar el requerimiento energético de la planta de producción ChocoUnion se realizó el balance de energía a las siguientes etapas: tostado, enfriado, descascarillado, molienda, conchado, desaireado y atemperado. En las demás etapas no hay consumo energético, ya que se las realiza manualmente. Para este cálculo fue necesario datos sobre las etapas y características de las maquinarias, estas se detallan en el ANEXO I. También, se usaron las siguientes ecuaciones para el balance de energía:

$$\Delta H + \Delta K + \Delta P = Q - W \quad [6.1]$$

$$\Delta \hat{H} = C_{p_m} m \Delta T \quad [6.2]$$

$$\Delta K = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2 \quad [6.3]$$

$$\Delta P = m g h_f - m g h_i \quad [6.4]$$

$$C_{p_{cacao}} = 2,54 \frac{kJ}{kg^{\circ}C} \quad [6.5]$$

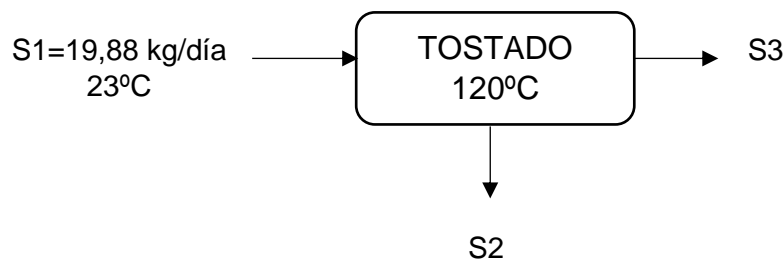
Para el cálculo del costo energético se consideró que el KWh en el Ecuador tiene un costo promedio de 9,2 centavos de dólar, ver ANEXO V, (CELEC, 2022).

6.1. BALANCE DE ENERGÍA PARA LA PRODUCCIÓN DE BARRAS DE CHOCOLATE DE 100%

El balance de energía para las barras de chocolates de 100% se calculó en base a 44lb de cacao fino de aroma. Se empezó calculando el requerimiento energético en la etapa de tostado, en la Figura 8 se detallan las condiciones iniciales y a continuación se analiza la ecuación 6.1 para los respectivos remplazos.

Figura 8

Balance de energía de la etapa de tostado



$$\Delta H + \Delta K + \Delta P = Q - W \quad [6.1]$$

En la ecuación 6.1 es despreciable la transferencia de calor y la variación de la altura, por lo tanto, los términos ΔP y Q son anulados y la ecuación quedaría de la siguiente manera:

$$\Delta H + \Delta K = -W \rightarrow C_{pm}\Delta T + \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 = -W$$

Se debe tomar en cuenta que la carga para el tostador es de 6,63kg/h debido a que se trabaja 3 horas diarias aproximadamente y, que los granos se desplazan a razón de 9,06m/s dato obtenido de la ficha técnica del tostador. Realizando los remplazos respetivos se obtiene lo siguiente:

$$2,54 * (6,63)(120 - 23) * 1000 + \frac{1}{2} * (6,63) * (9,06)^2 = 1633181,92 \text{ J/h}$$

$$1633181,92 \frac{\text{J}}{\text{h}} = 453,66 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 0,45 \text{ kw} \rightarrow 0,45 \text{ kw} * 3 \text{ h} = \mathbf{1,36 \text{ Kw} - h}$$

El valor de 1,36 kw-h es el requerimiento energético del tostador, multiplicado por 9,2 centavos/kw-h equivale a 12,52 centavos de dólar, que sería el costo del proceso.

De esta manera se calculó el requerimiento energético y el costo en los procesos restantes. En la Tabla 14 se detallan las etapas con sus respectivos valores de trabajo, potencia, consumo y costo.

Tabla 14

Balance de energía de producción de barras de chocolate de 100%

ETAPA	W (J/s)	P (kw)	kw-h	Costo (ctv)
Tostado	453,66	0,45	1,36	12,52
Enfriado	273,20	0,27	0,82	7,54
Descascarillado	68,30	0,07	0,07	0,63
Molienda	87,01	0,09	0,09	0,80
Conchado	189,32	0,19	4,54	41,80
Desaireado	62,90	0,06	0,06	0,58
Atemperado	44,17	0,04	0,09	0,81
TOTAL	1178,56	1,18	7,03	64,68

Los resultados muestran que el requerimiento energético en la producción de chocolates de 100% es de 7,03 kWh y su costo equivale a 64,68 centavos de dólar.

6.2. BALANCE DE ENERGÍA PARA LA PRODUCCIÓN DE BARRAS DE CHOCOLATE DE 70%

Para este cálculo se usó como base 30 lb de cacao fino de aroma. En la Tabla 16 se detallan las etapas con sus respectivos valores de trabajo, potencia, consumo y costo.

Tabla 15

Balance de energía de producción de barras de chocolate de 70%

ETAPA	W (J/s)	P (kw)	kw-h	Costo (ctv)
Tostado	309,31	0,31	0,93	8,54
Enfriado	186,27	0,19	0,56	5,14
Descascarillado	46,57	0,05	0,05	0,43
Molienda	59,32	0,06	0,06	0,55
Conchado	183,24	0,18	8,80	80,92
Desaireado	60,88	0,06	0,06	0,56
Atemperado	42,75	0,04	0,09	0,79
TOTAL	888,34	0,89	10,53	96,92

En a Tabla 16 se observa que el requerimiento energético del proceso de producción de chocolates de 70% es de 10,53 kWh y su coste equivalente es de 96,92 centavos de dólar.

6.3. BALANCE DE ENERGÍA PARA LA PRODUCCIÓN DE BARRA DE CHOCOLATES DE 40%

Para este cálculo se usó como base 18 lb de cacao fino de aroma. En la Tabla 18 se detallan las etapas con sus respectivos valores de trabajo, potencia, consumo y costo.

Tabla 16

Balance de energía de producción de barras de chocolate de 40%

ETAPA	W (J/s)	P (kw)	kw-h	Costo (ctv)
Tostado	185,59	0,19	0,56	5,12
Enfriado	111,76	0,11	0,34	3,08
Descascarillado	27,94	0,03	0,03	0,26
Molienda	35,59	0,04	0,04	0,33
Conchado	189,83	0,19	13,67	125,74
Desaireado	63,07	0,06	0,06	0,58
Atemperado	44,28	0,04	0,09	0,81
TOTAL	658,07	0,66	14,78	135,93

En la Tabla 18 se observa el requerimiento energético total del proceso de producción de chocolates de 40% con un valor de 14,78 kWh, y un costo que equivale a 135,93 centavos o 1,35 dólares.

Por tanto, se puede observar que el balance de energía cuantifico el requerimiento energético tanto para la producción de chocolates de 100%, 70% y 40% expresado en kWh y su respectivo costo en dólares.

7. CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

El propósito de esta investigación fue diagnosticar la operatividad de la planta de producción ChocoUnion mediante balances de masa y energía que, en primera instancia, se analizó las etapas que intervienen y se elaboró el diagrama de flujo del proceso de producción de barras de chocolate, donde se identificaron 15 etapas y se determinó puntos críticos de control en la etapa de tostado y conchado. Además, debido a que la planta de producción hace chocolates de 100%, 70% y 40% donde la formulación cambia, se determinó que el proceso es por lotes o intermitente.

Por medio de los cálculos de balances de masa a la producción de chocolates se pudo cuantificar la materia prima, los subproductos y producto final, donde los resultados arrojan un mayor rendimiento en la producción de barras de chocolates de 100%, y menor rendimiento en la producción de barras de chocolate de 70%.

El balance de energía permitió cuantificar el requerimiento energético de cada etapa en la producción de chocolates, con el que posteriormente se determinó el costo del proceso de producción, el mismo, varía en función del tipo de chocolate debido a que la producción es por lotes. Los resultados indican que el proceso de producción de barras de chocolates de 100% tienen mayor requerimiento de energía y por ende mayor costo, mientras que la producción de barra de chocolate de 40% es la que menor energía y costo requiere.

7.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda que a partir del diagrama de flujo y balance de masa se realice una simulación y optimización de procesos, la cual permitirá tener un mejor manejo de la operatividad y mayor rendimiento de producto en la planta de producción. En el caso de que se desee adquirir nueva maquinaria, esta simulación permitirá un dimensionamiento adecuado.

Si bien el balance de masa cuantifica la cantidad de producto final que se obtiene de cierta cantidad de materia prima, también cuantifica los subproductos. En el caso de ChocoUnion el subproducto más significativo es la cascarilla de los granos de cacao, la cual es una fuente importante de pectinas, magnesio, vitaminas y ácido oleico y linoleico. Por lo que se recomienda la producción de alimentos como galletas, barras energéticas e infusiones a base de este subproducto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, A., Mejia, D., & Acosta, E. (2017). EFECTO DE LA TEMPERATURA DEL CONCHADO SOBRE LOS POLIFENOLES. *Asociación Colombiana de ciencia y tecnología Alimentaria* , 20.
- Afoakwa, E. (13 de Febrero de 2010). *Universidad de Gana* . Obtenido de http://ssu.ac.ir/cms/fileadmin/user_upload/ivfen/ensite/lib/075-Chocolate_Science_and_Technology-Emmanuel_Ohene_Afoakwa-1405199067-Wiley_Blackwell-2010-310-_.pdf
- Beckett, S. (2000). *La ciencia del chocolate* . España: The royal Society of Chemistry .
- Buhler. (1 de Marzo de 2019). *Buhler*. Obtenido de https://www.buhlergroup.com/content/buhlergroup/global/es/products/frisse_duec_s_double-overthrowconche.html
- Burga, E. (20 de Febrero de 2016). *Universidad Nacional de San Martín* . Obtenido de https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/530/TFAI_25.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- CELEC. (11 de Marzo de 2022). *Corporación Eléctrica del Ecuador* . Obtenido de <https://www.celec.gob.ec/termopichincha/index.php/86-noticias/398-vigente-el-mecanismo-para-subsidio-#:~:text=La%20tarifa%20promedio%20a%20nivel,9%2C20%20cUSD%2FkWh>.
- Cengel, Y., & Ghajar, A. (2011). *Transferencia de calor y masa* . Nevada: McGraw.
- CFN. (12 de Septiembre de 2020). *Corporación Financiera Nacional* . Obtenido de https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2020/ficha-sectorial-3-trimestre-2020/FS_Cacao_3T2020.pdf
- Chire, G., & Hartel, R. (2010). Efecto de diferentes emulsificantes en las propiedades reológicas y la eflorescencia. *Scielo* , 12.
- CODEX. (11 de Enero de 2016). *FAO*. Obtenido de https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B87-1981%252FCXS_087s.pdf
- Dávila, G. (17 de Agosto de 2006). *Redalyc*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/761/76109911.pdf>
- Felder, M. R. (2004). *Principios Elementales de los Procesos Químicos* . Carolina del Norte : LIMUSA.
- Grisales, J. P. (12 de Febrero de 2017). *Universidad Tecnológica de Pereira* . Obtenido de <https://ingenierias.utp.edu.co/>

- Hernández, T. (12 de Diciembre de 2013). *Scielo* . Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/ecn/v46/v46a3.pdf>
- INEC. (12 de Octubre de 2020). *Ecuador en cifras* . Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/DirectorioEmpresas/Directorio_Empresas_2019/Boletin_Tecnico_DIEE_2019.pdf
- INEN. (1 de Marzo de 2013). *Instituto Ecuatoriano de Normalización*. Obtenido de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2758.pdf
- INEN. (23 de Febrero de 2018). *Servicio ecuatoriano de Normalización*. Obtenido de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_176-5.pdf
- MAGAP. (2 de Septiembre de 2021). *Ministerio de Agricultura y Ganaderia*. Obtenido de <https://www.agricultura.gob.ec/magap-impulsa-proyecto-de-reactivacion-del-cacao-fino-y-de-aroma/#:~:text=El%20Cacao%20Fino%20y%20de%20Aroma%20es%20cultivado%20por%20100,un%20estricto%20protocolo%20para%20cuidarlo>.
- Maranto, M. (23 de Febrero de 2015). *Universidad Autónoma del estado de Hidalgo* . Obtenido de <https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/16700/LECT132.pdf>
- Mendoza, M. (23 de Febrero de 2015). *Universidad America Latina* . Obtenido de http://ual.dyndns.org/biblioteca/admon_de_la_produccion/pdf/unidad_04.pdf
- Montalvo, R., Miranda, G., & Muñoz, G. (2014). *Balance de Materia y energia Procesos Industriales*. Mexico: PATRIA.
- Nieto, T. (11 de Junio de 2018). *Core*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/250080756.pdf>
- Ubidia, M. (1 de Marzo de 2014). *UTA*. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6513/1/Tesis-67%20%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20207.pdf>
- Vazques, A., Ovando, I., Adriano, L., & Betancur, D. (23 de Mayo de 2016). *Scielo* . Obtenido de <http://ve.scielo.org/pdf/alan/v66n3/art10.pdf>
- Villacis, A., Barrera, V., & Alwang, J. (25 de Enero de 2022). *IDB*. Obtenido de <https://publications.iadb.org/publications/english/document/Strategies-to-Strengthen-Ecuadors-High-Value-Cacao-Value-Chain.pdf>
- VirtualExpo. (23 de Enero de 2018). *Direct Industry*. Obtenido de <https://www.directindustry.es/prod/hamburg-dresdner-maschinenfabriken-gmbh/product-177834-1763093.html>

ANEXOS

ANEXO I

FICHAS TECNICAS DE PRODUCTOS

Tabla 17

Datos de producción de barras de chocolates de 100%


FICHA TECNICA DE PRODUCTO					
REALIZADO POR:	Pedro Llulluna	FECHA:			
PRODUCTO:	Barras de chocolate de 50g 100% cacao				
Nº	ETAPA	DETALLE	TIEMPO	TEMPERATURA (°C)	P.C.C
1	Recepción de materia prima	44 libras de cacao fino de aroma	2 h	-	no
2	Clasificado	Por tamaño	2 h	-	no
3	Tostado	Se tuesta por lote, perdidas de 2,25% en la masa total por evaporación	40 min	120	si
4	Enfriado	Se enfria hasta alcanzar 35°C, 0,25% de perdidas por evaporación	10 min	35	no
5	Descascarillado	Subproducto cascarilla, 12% de peso de perdida	30min	30	no
6	Molido	Molino de tornillo sin fin	30min	37	no
7	Conchado	La pasta de cacao es el unico ingrediente	24h	50	si
8	Templado	Baño maria de agua	2h	32	no
9	Moldeado	Moldes de plastico	3h	30	no
10	Desaireado	Quita las burbujas de los moldes	20min	28	no
11	Atemperado	El congelador debe estar a -5°C	20min	20	no
12	Desmoldeado	Se extrae las barras del molde	1h	23	no
13	Empaquetado	Paquetes de polietileno	4h	-	no
14	Enfriado	El congelador debe estar a -5°C	30min	20	no
15	Etiquetado y Almacenado	Etiquetas adhesivas	3h	-	no
FORMULACION	MATERIA PRIMA/ INSUMO				
		%			
	Pasta de cacao	100			
	Leche en polvo	0			
	Azúcar	0			
	Manteca de cacao	0			
	Lecitina	0			
NOTA	De las 44lb de cacao fino de aroma se producen 330 barras de chcolate de 50 gramos				

Tabla 18

Datos de producción de barras de chocolates de 70%



FICHA TECNICA DE PRODUCTO					
REALIZADO POR:		Pedro Llulluna	FECHA:		
PRODUCTO:		Barras de chocolate de 50g 70% cacao			
Nº	ETAPA	DETALLE	TIEMPO	TEMPERATURA (°C)	P.C.C
1	Recepción de materia prima	29 libras de cacao fino de aroma	2 h	-	no
2	Clasificado	Por tamaño	2 h	-	no
3	Tostado	Se tuesta por lote, perdidas de 2,25% en la masa total por evaporación	40 min	120	si
4	Enfriado	Se enfria hasta alcanzar 35°C, 0,25% de perdidas por evaporación	10 min	35	no
5	Descascarillado	Subproducto cascarilla, 12% de peso de perdida	30min	30	no
6	Molido	Molino de tornillo sin fin	30min	37	no
7	Conchado	La pasta de cacao es el unico ingrediente	48h	50	si
8	Templado	Baño maria de agua	2h	32	no
9	Moldeado	Moldes de plastico	3h	30	no
10	Desaireado	Quita las burbujas de los moldes	20min	28	no
11	Atemperado	El congelador debe estar a -5°C	20min	20	no
12	Desmoldeado	Se extrae las barras del molde	1h	23	no
13	Empaquetado	Paquetes de polietileno	4h	-	no
14	Enfriado	El congelador debe estar a -5°C	30min	20	no
15	Etiquetado y Almacenado	Etiquetas adhesivas	3h	-	no
FORMULACION	MATERIA PRIMA/ INSUMO				
		%			
	Pasta de cacao	70			
	Leche en polvo	8			
	Azúcar	15			
	Manteca de cacao	5			
	Lecitina	2			
NOTA	De las 29lb de cacao fino de aroma se producen 312 barras de chocolate de 50 gramos				

Tabla 19

Datos de producción de barras de chocolates de 40%

FICHA TECNICA DE PRODUCTO					
REALIZADO POR:		Pedro Llulluna	FECHA:		
PRODUCTO:		Barras de chocolate de 50g 40% cacao			
Nº	ETAPA	DETALLE	TIEMPO	TEMPERATURA (°C)	P.C.C
1	Recepción de materia prima	18 libras de cacao fino de aroma	2 h	-	no
2	Clasificado	Por tamaño	2 h	-	no
3	Tostado	Se tuesta por lote, perdidas de 2,25% en la masa total por evaporación	40 min	120	si
4	Enfriado	Se enfria hasta alcanzar 35°C, 0,25% de perdidas por evaporación	10 min	35	no
5	Descascarillado	Subproducto cascarilla, 12% de peso de perdida	30min	30	no
6	Molido	Molino de tornillo sin fin	30min	37	no
7	Conchado	La pasta de cacao es el unico ingrediente	72h	50	si
8	Templado	Baño maria de agua	2h	32	no
9	Moldeado	Moldes de plastico	3h	30	no
10	Desaireado	Quita las burbujas de los moldes	20min	28	no
11	Atemperado	El congelador debe estar a -5°C	20min	20	no
12	Desmoldeado	Se extrae las barras del molde	1h	23	no
13	Empaquetado	Paquetes de polietileno	4h	-	no
14	Enfriado	El congelador debe estar a -5°C	30min	20	no
15	Etiquetado y Almacenado	Etiquetas adhesivas	3h	-	no
FORMULACION		MATERIA PRIMA/ INSUMO	%		
		Pasta de cacao	40		
		Leche en polvo	20		
		Azúcar	35		
		Manteca de cacao	3		
		Lecitina	2		
NOTA		De las 18lb de cacao fino de aroma se producen 330 barras de chocolate de 50 gramos			

ANEXO II
FICHAS TÉCNICAS DE LAS MAQUINARIAS

Tabla 20

Datos técnicos del tostador



FICHA TÉCNICA DE EQUIPO					
REALIZADO POR:		Pedro Llulluna		FECHA:	
MÁQUINA - EQUIPO		Tostador		UBICACIÓN	
FABRICANTE		WEG		SECCIÓN	
MODELO		301334		k	
MARCA		WEG			
CARACTERISTICAS GENERALES					
PESO		ANCHO		LARGO	
		900mm		850mm	
CARACTERISTICAS TÉCNICAS			FOTO DE LA MÁQUINARIA O EQUIPO		
POTENCIA HP(KW)		1.00 (0,75)			
VOLTAJE		110/120v			
HZ		60			
RPM		1730			
FUNCIÓN					
<p>Proporciona calor al cacao con el fin de obtener perfiles de tostado específicos.</p>					
					

Tabla 21

Datos técnicos del enfriador

FICHA TÉCNICA DE EQUIPO					
REALIZADO POR:	Pedro Llulluna		FECHA:		
MÁQUINA - EQUIPO	Enfriador		UBICACIÓN	Planta de producción	
FABRICANTE	W.R.T		SECCIÓN		
MODELO	CYDYX51-3"		CODIGO INVENTARIO	f	
MARCA	W.R.T				
CARACTERISTICAS GENERALES					
PESO		ANCHO	1010mm	LARGO	900mm
CARACTERISTICAS TÉCNICAS			FOTO DE LA MÁQUINARIA O EQUIPO		
					
POTENCIA	250w				
VOLTAJE	110/135v				
HZ	50/60				
RPM	3000				
AMP	2.5A				
FUNCIÓN					
Enfría los granos de cacao tostados					

Tabla 22

Datos técnicos del descascarrillador

FICHA TÉCNICA DE EQUIPO					
REALIZADO POR:		Pedro Llulluna		FECHA:	
MÁQUINA - EQUIPO		Descascarrillador		UBICACIÓN	
FABRICANTE		WEG/W.R.T		SECCIÓN	
MODELO		300734		g	
MARCA		WEG/W.R.T			
CARACTERISTICAS GENERALES					
PESO		ANCHO		LARGO	
		550mm		600mm	
CARACTERISTICAS TÉCNICAS			FOTO DE LA MÁQUINARIA O EQUIPO		
POTENCIA HP(KW)					
1/2(0.37)					
VOLTAJE					
110/220v					
HZ					
60					
RPM					
1720					
FUNCIÓN					
Separa la cascarilla de los granos de cacao					

Tabla 23

Datos técnicos del molino

FICHA TÉCNICA DE EQUIPO							
REALIZADO POR: Pedro Llulluna						FECHA:	
MÁQUINA - EQUIPO : Molino						UBICACIÓN : Planta de producción	
FABRICANTE : WEG						SECCIÓN	
MODELO : 300256						CODIGO INVENTARIO : h	
MARCA : WEG							
CARACTERISTICAS GENERLAES							
PESO		ANCHO		620mm	LARGO		650mm
CARACTERISTICAS TÉCNICAS				FOTO DE LA MÁQUINARIA O EQUIPO			
POTENCIA HP(KW)		1.00(0.75)					
VOLTAJE		110/220v					
HZ		60					
RPM		1730					
FUNCIÓN							
<p>Muele los nibs de caao para así obtener pasta de cacao.</p>							

Tabla 24

Datos técnicos del conchador

FICHA TÉCNICA DE EQUIPO					
REALIZADO POR:	Pedro Llulluna		FECHA:		
MÁQUINA - EQUIPO	Conchador		UBICACIÓN	Planta de producción	
FABRICANTE	Acorn		SECCIÓN		
MODELO	GSA59		CODIGO INVENTARIO	CKC220	
MARCA	GearMotor				
CARACTERISTICAS GENERALES					
PESO		ANCHO	450mm	LARGO	520mm
CARACTERISTICAS TÉCNICAS			FOTO DE LA MÁQUINARIA O EQUIPO		
					
POTENCIA	0.75kw				
VOLTAJE	110v				
HZ	60				
RPM	2800				
FUNCIÓN					
Disminuye el tamaño de partícula del chocolate por medio de fricción.					

Tabla 25

Datos técnicos del desaireador

FICHA TÉCNICA DE EQUIPO					
REALIZADO POR:		Pedro Llulluna		FECHA:	
MÁQUINA - EQUIPO		Desaireador		UBICACIÓN	
FABRICANTE		WEG		SECCIÓN	
MODELO		301384		i	
MARCA		WEG			
CARACTERISTICAS GENERALES					
PESO		ANCHO		LARGO	
		1200mm		520mm	
CARACTERISTICAS TÉCNICAS			FOTO DE LA MÁQUINARIA O EQUIPO		
POTENCIA HP(KW)					
1.00(0.75)					
VOLTAJE					
110/220v					
HZ					
60					
RPM					
1730					
FUNCIÓN					
<p>Elimina las burbujas del chocolate moldeado por medio de vibración.</p>					

Tabla 26

Datos técnicos del congelador

FICHA TÉCNICA DE EQUIPO							
REALIZADO POR: Pedro Llulluna						FECHA:	
MÁQUINA - EQUIPO : Congelador						UBICACIÓN : Planta de producción	
FABRICANTE : Electrolux						SECCIÓN	
MODELO : EFCC26A6HQW						CODIGO INVENTARIO : 11	
MARCA : Electrolux							
CARACTERISTICAS GENERALES							
PESO		ANCHO		1200mm	LARGO		500mm
CARACTERISTICAS TÉCNICAS				FOTO DE LA MÁQUINARIA O EQUIPO			
POTENCIA KW		0,048					
VOLTAJE		110/220v					
HZ							
RPM							
FUNCIÓN							
<p>Conserva alimentos mediante un cambio de temperatura.</p>							

ANEXO III
ECUACIONES DE BALANCE DE MASA

Tabla 27

Ecuaciones del balance para la producción de chocolate

100%	70%	40%
$s_2+s_4+s_6+s_7=43,73$	$s_2+s_4+s_6+s_7=43,73$	$s_2+s_4+s_6+s_7=43,73$
$s_2+s_4+s_5=43,73$	$s_2+s_4+s_5=43,73$	$s_2+s_4+s_5=43,73$
$-S_3+S_4+s_6+s_7=0$	$-S_3+S_4+s_6+s_7=0$	$-S_3+S_4+s_6+s_7=0$
$s_2+0,048s_3=3,06$	$s_2+0,048s_3=3,06$	$s_2+0,048s_3=3,06$
$s_2+s_4+0,046s_5=3,06$	$s_2+s_4+0,046s_5=3,06$	$s_2+s_4+0,046s_5=3,06$
$s_6=5,247$	$s_6=5,247$	$s_6=5,247$
$s_7=s_8$	$s_7=s_8$	$s_7=s_8$

ANEXO IV
MATRIZ DEL BALANCE DE MASA

	s2	s3	s4	s5	s6	s7	
1	1	0	1	0	1	1	17,89
2	1	0	1	1	0	0	17,89
3	0	-1	1	0	1	1	0,00
4	1	0,048	0	0	0	0	1,25
5	1	0	1	0,046	0	0	1,25
6	0	0	0	0	1	0	2,1465

-0,05042017	0	0,05042017	1,05042017	0	0
1,05042017	0	-1,05042017	-1,05042017	0	0
0,05042017	-0,04821803	-0,05042017	-1,05042017	1,04821803	0
0	1,04821803	0	0	-1,04821803	0
0	0	0	0	0	1
1	0,04821803	0	0	-1,04821803	-1

s2	0,41
s3	17,47
s4	0,04
s5	17,44
s6	2,15
s7	15,291

ANEXO V
BOLETÍN TARIFAS ELÉCTRICAS 2022

Agencia de Regulación y Control
de Energía y Recursos Naturales
No Renovables

La tarifa eléctrica nacional se mantiene este 2022

PRECIO
9,20 ¢USD/kWh*

Con Resolución Nro. ARCERNNR - 009/2022 se determinó la tarifa eléctrica.

**TOTAL CLIENTES DEL SERVICIO
DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

5´505033

**Tarifa de carga de energía eléctrica siguiendo
Decreto Ejecutivo N° 238**



*¢USD/kWh: Centavos de dólar por cada Kilovatio-hora