



**UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO
UNIDAD ACADÉMICA CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

**PROYECTO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO INDUSTRIAL**

TÍTULO DEL PROYECTO

**ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE PROCESO DE SECADO DE CACAO Y
DISEÑO DE PROTOTIPO DE UNA UNIDAD SECADORA TIPO
PLATAFORMA**

AUTORES:

**HENRY ALFONSO GILCES VERA
FRANKLIN MAURICIO SANMARTÍN FAJARDO**

**MILAGRO, 17 JUNIO 2013
ECUADOR**

DECLARACIÓN DE LA AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Nosotros: Henry Alfonso Gilces Vera y Franklin Mauricio Sanmartín Fajardo, autores de esta investigación declaramos ante el Consejo Directivo de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal de Milagro, que el trabajo presentado es de nuestra propia autoría, no contiene material escrito por otra persona, salvo el que se está debidamente refiriendo en el texto; parte del presente documento o en su totalidad no ha sido aceptado para el otorgamiento de cualquier otro Título o Grado de una institución nacional o extranjera.

Milagro, 17 Junio del 2013

Henry Alfonso Gilces Vera

C.I. 0916390446

Franklin Mauricio Sanmartín Fajardo

C.I. 0919877787

CERTIFICACIÓN DE LA DEFENSA

EL TRIBUNAL CALIFICADOR previo a la obtención del título de **INGENIERO INDUSTRIAL** otorga al presente proyecto de investigación las siguientes calificaciones:

MEMORIA CIENTÍFICA	[]
DEFENSA ORAL	[]
TOTAL	[]
EQUIVALENTE	[]

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

PROFESOR DELEGADO

PROFESOR SECRETARIO

DEDICATORIA

Dedico este trabajo en primer lugar a Dios que me ha sabido guiar en todas las etapas de mi vida.

A mi familia conformada por mi esposa Yolanda Ruiz Álava, quien con su apoyo incondicional me dio fuerzas para seguir adelante.

A mis hijos: Angie, Yolanda y Víctor Gilces Ruiz que son mi razón de vivir y lo mejor que me ha pasado en la vida quienes cedieron parte del tiempo que debía compartir con ellos, para poder formarme en esta carrera y ser un profesional y así brindarles un futuro mejor.

A mis padres, a mis compañeros de aula con quienes nos alentamos unos a otros para seguir adelante y no abandonar la carrera.

A cada uno de los profesores que compartieron parte de sus conocimientos y vivencias inspirándonos para llegar a la meta.

Para todos ellos va dedicado este trabajo fruto del esfuerzo de cada uno, quienes aportaron con su granito de arena para llegar a esta etapa final.

Henry Alfonso Gilces Vera

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Jehová Dios, quien me ha guiado y me ha protegido de
peligro durante toda mi vida

A mis padres, el pilar fundamental que me sostiene, el apoyo incondicional, el
consejo sabio y oportuno, a ellos dedico cada día de esfuerzo para lograr lo que
hoy, he conseguido.

A mis hermanos y mi sobrino Alan quienes amo con todo el corazón los cuales
han sido mi luz y mi fortaleza para poder terminar con éxito la carrera universitaria

A mi novia Yesenia Robles quien con su cariño y apoyo me dio fuerzas para seguir
adelante.

A mis hijas Dayana Nicole y Kristel Brigitte que fueron el principal motivo para
iniciar este camino, fueron testigos silenciosas de mis luchas cotidianas en busca
de un mejor futuro, ellas son mi esperanza, mi alegría, mi vida.

A mi familia y amigos que con sus consejos me dieron fuerzas para poder salir
adelante.

Y a todas y cada una de las personas que colaboraron para que yo pueda realizar
mis sueños.

A todos ustedes les dedico el fruto de mi esfuerzo.

Franklin Mauricio Sanmartín Fajardo

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme las fuerzas necesarias durante este tiempo que duró la carrera y la elaboración del proyecto.

Agradezco a mi padre José Víctor Gilces Cagua y a mi madre Teresa de los Ángeles Vera Vives que con su apoyo moral me dieron ánimos para seguir adelante y terminar esta meta que me propuse.

A mi madrina la Lcda. Alicia Serrano quien con sus consejos supo guiarme durante este lapso.

A mis amigos Cristian Robles, Carlos Jurado, Jonathan Noriega, Fabricio Arellano quienes de una u otra manera me dieron el ánimo para lograr el objetivo alcanzado.

Agradezco en especial a mi compañero y gran amigo Franklin Mauricio Sanmartín Fajardo que sin conocerme me dio su apoyo incondicional desde el principio de la carrera y creyó en mis capacidades, ya que, con su paciencia y perseverancia le dio impulso al término de mi carrera, gracias maestro.

Agradezco también a todas las personas que estuvieran directa o indirectamente involucradas y que con sus conocimientos y consejos aportaran para la terminación de este trabajo.

Henry Alfonso Gilces Vera

AGRADECIMIENTO

Agradezco a JEHOVÁ Dios porque con su bendición me ha protegido y guiado por el camino correcto en el que ahora me encuentro.

A mi madre la Sra. Laura Fajardo, por ser un apoyo incondicional en mi vida, a mi padre el Sr. Enrique Briones que estuvo dándome fuerzas y llenándome de optimismo para llegar a donde he llegado.

A mis hermanas Jenny Maricela, Mayra Elizabeth, Gina Vanesa, Laura Lisseth, Enrique Alexander, Christopher Adrian Briones Fajardo quienes estuvieron conmigo en todo momento.

Mis jefes los Sres. Javier y Roberto Montiel quienes confiaron en mí y en mi capacidad para poder alcanzar todas mis metas y me brindaron su ayuda incondicional.

A mis compañeros de trabajo que estuvieron siempre dispuestos a ayudarme.

Finalmente quiero expresar mi profundo agradecimiento a los profesionales, expertos y conocidos que encontré en mi camino durante el desarrollo de este proyecto por brindarme la oportunidad de recurrir a sus conocimientos y experiencia, sin los cuales no hubiera sido posible la culminación de este trabajo.

Franklin Mauricio Sanmartín Fajardo

CESIÓN DE DERECHOS DEL AUTOR

Msc. Jaime Orozco Hernández

Rector de la Universidad Estatal de Milagro

Presente.

Mediante el presente documento, libre y voluntariamente procedo hacer la entrega de la Cesión de Derecho del Autor del Trabajo como requisito previo para la obtención de nuestro Título de Tercer Nivel, cuyo tema fue “**ANÁLISIS Y SELECCIÓN DEL PROCESO DE SECADO DE CACAO Y DISEÑO DE UN SECADOR TIPO PLATAFORMA**” y que corresponde a la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería.

Milagro, 17 Junio del 2013

Henry Alfonso Gilces Vera

C.I. 0916390446

Franklin Mauricio Sanmartín Fajardo

C.I. 0919877787

ÍNDICE GENERAL

	Página
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
EL PROBLEMA	3
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1.1 Problematización	3
1.1.2 Delimitación del problema	5
1.1.3 Formulación del problema	6
1.1.4 Sistematización del problema	6
1.1.5 Determinación del tema	6
1.2 OBJETIVOS	
1.2.1 Objetivo General	6
1.2.2 Objetivos Específicos	7
1.3 JUSTIFICACIÓN	7
 CAPÍTULO II MARCO REFERENCIAL	
2.1 MARCO TEORICO	9
2.1.1 Antecedentes históricos	9
2.1.2 Antecedentes referenciales	11
2.2 FUNDAMENTACIÓN	13
2.2.1 Secado del cacao	15
2.2.2 Cambios químicos generados	16
2.2.3 Ventajas del secado artificial sobre el natural	17
2.2.4 Desventajas del secado artificial	18

2.2.5	Principio de funcionamiento	18
2.2.6	Modelos matemáticos para la descripción de curvas de secado	18
2.2.7	Modelado de la combustión	19
2.2.8	Modelo de la evaporación	22
2.2.9	Tipos de transferencia de calor	26
2.2.10	Ecuaciones para cálculo de dimensionamiento	27
2.3	MARCO CONCEPTUAL	29
2.4	HIPÓTESIS Y VARIABLES	29
2.4.1	Hipótesis general	29
2.4.2	Hipótesis particulares	30
2.4.3	Declaración de variables	30
2.4.4	Operacionalización de variables	31

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN Y SU PERSPECTIVA GENERAL	32
3.2	LA POBLACIÓN Y LA MUESTRA	33
3.2.1	Características de la población	33
3.2.2	Tipo de muestra	33
3.2.3	Tamaño de la muestra	34
3.3	LOS MÉTODOS Y LAS TÉCNICAS	35
3.4	TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN	35

CAPITULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1	ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	36
4.2	ANÁLISIS COMPARATIVO, EVOLUCIÓN, TENDENCIA Y PERPECTIVAS	40
4.3	RESULTADOS	
4.3.1	Análisis de los resultados de la encuesta a los comerciantes de cacao	41

4.3.2	Resultados que obtienen los comerciantes con las prácticas usuales de secado	44
4.4	VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS	45

CAPITULO V

PROPUESTA

5.1	TEMA	46
5.2	FUNDAMENTACIÓN	46
5.3	JUSTIFICACIÓN	48
5.4	OBJETIVOS	
	5.4.1 Objetivo General	49
	5.4.2 Objetivo Específicos	49
5.5	UBICACIÓN	49
5.6	FACTIBILIDAD	
	5.6.1 Análisis de factibilidad de la Unidad Secadora	50
	5.6.2 Dimensionamiento de prototipo	52
5.7	DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA	
	5.7.1 Actividades	52
	5.7.2 Recursos, análisis financiero	57
	5.7.3 Impacto	62
	5.7.4 Lineamiento para evaluar la propuesta	62
	CONCLUSIONES	71
	RECOMENDACIONES	73
	BIBLIOGRAFÍA	74
	ANEXO 1.	
	Cotización de análisis de humedad de laboratorio “PROTAL de la ESPOL”.	76
	ANEXO 2.	
	Resultados de los análisis de humedad.	79
	ANEXO 3.	
	Formato de oficio para solicitar entrevista.	91

ANEXO 4.

Cuestionario para levantamiento de información y encuesta. 94

ANEXO 5.

Planos de construcción del Prototipo de la Unidad Secadora. 99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	
Modelos Matemáticos para la descripción de curvas de secado.	19
Tabla 2.	
Notación utilizada en el modelado de la combustión.	21
Tabla 3.	
Notación utilizada en la evaporación.	23
Tabla 4.	
Operacionalización de las variables.	31
Tabla 5.	
Parámetros de análisis para grano seco.	35
Tabla 6.	
Cuantificación de los costos por los métodos de secado utilizados.	39
Tabla 7.	
Prioridad a las características que tiene el grano antes de la compra.	41
Tabla 8.	
Procesos utilizados para secar el cacao por los centros de acopio.	42
Tabla 9.	
Características del sitio para la implementación de la Unidad Secadora.	43
Tabla 10.	
Personas que laboran en la actividad de secado en los centros de acopio.	43
Tabla 11.	
Resultados de los análisis de humedad en las muestras proporcionas por los Centros de acopio.	44
Tabla 12.	
Potencia de componentes de prototipo.	52
Tabla 13.	
Costo monetario por hora de operación de Prototipo.	52
Tabla 14.	
Potencia de componentes de Unidad Secadora.	56
Tabla 15.	
Costo monetario por hora de operación de la Unidad Secadora.	56

Tabla 16.	
Presupuesto aproximado para la construcción de la Unidad Secadora.	58
Tabla 17.	
Valores a utilizar para confrontar con resultados obtenidos en la Unidad Secadora propuesta.	63
Tabla 18.	
Valores a utilizar para confrontar con resultados obtenidos en la Unidad Secadora propuesta.	64
Tabla 19.	
Valores obtenidos de la primera etapa en las pruebas de la Unidad Secadora.	65
Tabla 20.	
Valores obtenidos en segunda etapa de prueba en la Unidad Secadora.	67
Tabla 21.	
Análisis comparativo de la Unidad Secadora.	69
Tabla 22.	
Variables consideradas para el cálculo de costos de operación.	70
Tabla 23.	
Costos de operación.	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Gráfico 1.	
Distribución de la producción de cacao a nivel mundial.	14
Gráfico 2.	
Distribución de la producción de cacao a nivel nacional.	15
Gráfico 3.	
Compra promedio semanal de materia prima por los centros de acopio encuestado.	37
Gráfico 4.	
Compra promedio diario de materia prima por los centros de acopio encuestados.	38
Gráfico 5.	
Cuadro comparativo de costos por concepto secado natural entre los Centros de acopio encuestados.	39
Gráfico 6.	
Cuadro comparativo de costos por concepto secado artificial entre Centros de acopio encuestados.	40
Gráfico 7.	
Cuadro de consumo de combustible de la Unidad Secadora propuesta.	51
Gráfico 8.	
Cuadro de consumo eléctrico de la Unidad Secadora propuesta.	51
Gráfico 9.	
Representación de la curva de secado en pruebas de secado referenciales.	64
Gráfico 10.	
Representación de la curva de secado en pruebas de secado referenciales.	65
Gráfico 11.	
Representación de curvas de secado de las Pruebas en la Primera Etapa.	66
Gráfico 12.	
Representación de curvas de secado de las pruebas en la Segunda Etapa.	68

RESÚMEN

En la actualidad, la globalización y el alto nivel competitivo es el gran imperativo de mercado, que ha provocado que la mayoría de los comerciantes escudriñen nuevas alternativas para darle valor agregado a los productos que ofertan, con el fin de obtener mayor rentabilidad al comercializarlo, para mantener y en otros casos aumentar la prosperidad económica, y por ende, la estabilidad para los miembros que la integran, rigiéndose principalmente a tomar decisiones orientadas a la reducción de los costos, mejoramiento de la calidad y agilidad en los procesos que intervienen para incrementar los resultados económicos. Por ello es preciso encontrar opciones tecnológicas, métodos y técnicas que contribuyan a la optimización de los recursos, y la toma de correctas decisiones, que conducirán a estos negocios a mantenerse constantes en la búsqueda de la eficiencia. Con el fin de realizar un aporte a la sociedad específicamente al sector comercial de Milagro se realizó una investigación de campo, a los 6 principales centros de acopio de la ciudad, con la finalidad de identificar los procesos de secado que utilizan para el cacao, en función; al tiempo, humedad y costos, donde se comprobó la ineficiencia mediante análisis de laboratorio, y se evidencio la necesidad de diseñar una secadora de cacao de acuerdo a la realidades en las que este grupo realizan dicha labor. Con la propuesta de la Unidad Secadora de cacao los comerciantes, pueden disponer de sus recursos económicos invertidos en el cacao de forma rápida evitando pérdidas producidas por almacenamiento prolongado y bajando costos por mano de obra, combustibles y bodega, logrando así aumentar la liquidez, y a la par, mejorar la rentabilidad en esta actividad. El comercio es una actividad que necesita ser tratada por personas que actúen con agudeza, aplicando, la creatividad y las habilidades posibles para lograr resultados que justifiquen su accionar, por tal razón la optimización del tiempo así como de los recursos es clave para ellos. En consecuencia, se considera que esta propuesta permite contribuir a la solución de una parte de los problemas que los aqueja.

Palabras claves: Secado de cacao, unidad secadora, centros de acopio.

ABSTRACT

Today, globalization and highly competitive imperative is the great market, which has caused most traders scrutinize new ways to add value to the products they offer, in order to be more profitable to sell it, to maintain and in some cases increasing economic prosperity, and therefore stability for the members who compose, mainly governed decisions aimed at reducing costs, improving quality and agility in the processes involved to increase economic performance. It is therefore necessary to find technological options, methods and techniques that contribute to the optimization of resources, and making correct decisions, which lead to these businesses to remain constant in the quest for efficiency. To make a contribution to society specifically commercial sector Miracle field research conducted at 6 major collection centers of the city, in order to identify the drying processes used for cocoa in function of time, humidity and costs, where the inefficiency found by laboratory analysis, and evidenced the need to design a cocoa dryer according to the realities in which this group perform such work. With the proposed Dryer Unit cocoa traders can have their financial resources invested in cocoa quickly avoiding losses from prolonged storage and lowering costs for labor, fuel and winery, thus increasing liquidity and par improve profitability in this activity. Trade is an activity that needs to be addressed by persons acting sharply, applying, creativity and skills possible to achieve results that justify their actions, for this reason the optimization of time and resources is key for them. Consequently, it is considered that this proposal can contribute to solving some of the problems that ails.

Key words: Drying cocoa, dryer unit, collection centers.

INTRODUCCIÓN

Ecuador es un país cacaotero por historia, el cacao se lo siembra alrededor de casi todo el país, más 800000 personas a nivel nacional dependen de este producto. El 25 % de la producción nacional corresponde a la provincia de Guayas, y la ciudad de Milagro posee el 6% de la producción provincial.

Existen varios procesos a seguir después de la cosecha del cacao, entre estos se encuentra la fermentación, que es un proceso en el cual el cacao adquiere sus características físico-químicas, es decir alcoholes, pH y humedad. La humedad alcanzada por el cacao en el proceso de fermentación está entre el 55 y 60% aproximadamente. Posterior a la fermentación está el proceso de secado, cuyo objetivo principal es disminuir la cantidad de humedad del producto hasta entre el 7 y 8%, que es la humedad de equilibrio del cacao, indispensable para ser exportado y procesado. La gran mayoría de los productores ecuatorianos utilizan el proceso de secado natural, el mismo que se realiza en terreno en cementado, a las que se denomina tendales. Para el secado en tendales se requiere de grandes áreas de terreno, y una dependencia total a los factores climáticos, ya que en el momento de lluvia el proceso debe detenerse, además el producto no se encuentra protegido de los ataques por parte de aves o insectos.

El secado de cacao utilizando este proceso toma alrededor de 7 días. Los grandes comerciantes para satisfacer la demanda compran la producción a los centros de acopio y éstos a su vez les compran a los pequeños y medianos agricultores. El grano es secado en forma natural en los tendales y en forma artificial utilizando hornos a gas.

Al evidenciar el proceso de secado en la ciudad de Milagro y a nivel provincial, nace la idea de diseñar una unidad secadora de cacao que por sus características en su estructura, no represente una gran inversión para los comerciantes de cacao, reduzca el espacio que ocupa con los tendales para secar determinados volúmenes, disminuya el tiempo de secado y el proceso sea controlable.

Se decidió que la unidad secadora opere con GLP (Gas Licuado de Petróleo) porque se puede reemplazar con gas metano, también conocido como bio gas que será el combustible que se utilizará a mediano plazo, sin que esto implique cambiar algún componente dentro de la Unidad Secadora.

Al efectuar el proceso de secado, es primordial tomar en cuenta, que al hacerlo a temperaturas por encima a los 90°C se corre el riesgo de crear cambios internos en el producto, que provocaría que disminuya la calidad, como por ejemplo, el aumento de la acides.

Los centros de acopio a quienes va dirigida esta investigación, poseen una producción de unos 800 kg/día, es por esto, que el diseño propuesto tiene una capacidad de 800 kg, para secar en tendal esta cantidad de cacao se demandaría al menos 192 m² de terreno. En el proceso de secado la transferencia de calor se da principalmente por convección, y esta es forzada, ya que utilizará un ventilador. El aire impulsado por el ventilador pasa a través del calentador donde aumentará la temperatura, el aire caliente es guiado hacia la cámara de secado por medio de una sección de transición, cuyo objetivo principal es darle uniformidad al flujo de aire en la cámara de secado.

La cámara de secado está construida con tubería estructural de geometría rectangular a modo de columnas y la bandeja es de madera que como se sabe, es un aislante térmico natural. El cacao se colocará en la parte superior de la cámara de secado sobre una bandeja perforada construida de madera. Las perforaciones permitirán el paso del aire caliente desde el interior de la cámara de secado hasta el producto y de ahí al medio ambiente.

El secador propuesto reduce el tiempo de secado a un promedio de 4 horas, en dos intervalos de 2 horas cada uno, así como también el área de terreno ocupada por el secador será de 20 m², lo que significa una reducción del 90% del área actual destinada. Y también reducirá la mano de obra que es necesaria para esta labor a 3 personas, también minimizará el riesgo de enfermedades ocupacionales inherentes a esta actividad debido a que la unidad realiza la actividad de secado de manera semiautomática.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1. Problematización

El secado de cacao es una de las labores más importantes después de la cosecha, entre las razones principales para el secado, es proporcionarle al grano su sabor y aroma, evitar la proliferación de bacterias, y principalmente dejarle la humedad necesaria que debe poseer el grano, que es la principal característica que califican para determinar la calidad del mismo.

La labor de secado va acorde al lugar en que se realiza dicha actividad, y por lo general, el método más usado por los países productores, es el secado natural, que es el tradicional secado al sol en tendales, depende mucho del estado del clima y se necesita grandes extensiones de tendales o explanadas para realizar dicha labor (se requiere al menos 70 m² para secar 10 quintales de cacao) y un estimado de 6 a 7 días si los mismos presentan características favorables con resultados en unos países más eficientes que en otros, y se debe a las características climáticas que posee cada uno. Por esta razón, se ha visto, en la necesidad de crear métodos artificiales de secado, que comúnmente se utilizan en los países productores, y por lo general, utilizan Gas Licuado de Petróleo (GLP) como combustible para elevar la temperatura, lo que requiere de un tiempo estimado de 3 días en un área de 8 m² y el consumo de 30 kg de GLP para secar 10 quintales de cacao (445 kg).

En varios países productores se han acondicionado técnicas a las formas de secado y se ha hecho en base, a la realidad de su entorno (clima y situación geográfica entre otros factores) que si bien es cierto, desde el momento de su implementación hasta hoy, han venido dando buenos resultados, para ellos, y todas esas técnicas se han difundido por los demás países productores pero en

muchos casos con resultados pocos satisfactorios y otros nada sostenibles, y se debe a la diferencia del entorno entre un lugar y otro.

En el país se ha venido comercializando el cacao sin un secado adecuado, y las consecuencias repercuten en la baja calidad del grano, por excesiva humedad, por la contaminación con impurezas, por estar expuesto al sol, a la intemperie y como consecuencia, se da la reducción del peso en las sacas debido a la calificación (porcentaje de disminución del peso por la calificación de la humedad y las impurezas contenidas) y el resultado es que obtienen una baja rentabilidad producto de la venta.

En la provincia del Guayas el sector de los comerciantes de cacao han adoptado el método de secado artificial, que es muy utilizado por las procesadoras de cacao nacionales y transnacionales, y las mismas, utilizan GLP como fuente de energía calorífica. Pero a estos diseños, se le han realizado modificaciones y/o sustituciones con el fin de abaratar costos en la construcción de los mismos, obteniendo como resultado la ineficiencia del proceso, es decir que gastarán mucho más combustible de lo que realmente necesitarían para secar una determinada cantidad de cacao. Esto contribuirá a agravar el problema de los escasos de combustible (GLP) que mayormente es producida por el contrabando en las provincias con fronteras internacionales debido a que todos los combustibles en el país cuentan con un porcentaje de subsidio en el precio. Y ahora se suma el consumo excesivo de GLP en las provincias productoras para realizar las actividades de secado.¹

La ciudad de Milagro y sus alrededores no tiene una realidad diferente a la del resto del país con los métodos de secado, la dependencia de la radiación solar es inevitable a pesar que no cuentan con un clima estable, los grupos que han logrado adquirir algún tipo de secadora se han visto obligados a conformarse con los resultados poco eficientes y si se hiciera un análisis de costo se podría probar,

¹DIARIO OPINION: *Secadoras de cacao serian las que más gas consumen*, <http://www.diariopinion.com/local/verArticulo.php?id=58121>

para agregar, que no es nada sostenible, pero por ser la única opción, este grupo la sigue utilizando.

Tener una instalación de secado poco eficiente, está limitando al comerciante, a tener disminuciones significativas en sus ganancias debido a la excesiva humedad del grano, debiéndose en gran parte a la falta de capacitación, a la poca o casi nula transferencia de tecnología y análisis de la misma, para determinar si esta, es viable para dicho sector donde se pretende implementar.

De no implementarse un proceso de secado idóneo los comerciantes de cacao de la ciudad de Milagro no mejorarán sus ganancias, provocando que éstos, no puedan reinvertir en sus actividades para mejorar su productividad, de esta forma se estarían relegando a la tendencia de la globalización que actualmente rige el mercado.

1.1.2. Delimitación del Problema

Se pretende analizar y seleccionar el proceso de secado de cacao idóneo, que alcance los requerimientos necesarios para la comercialización del mismo, y que éste sea sostenible y sustentable con el medio ambiente, logrando que los comerciantes de cacao obtengan un mayor beneficio económico producto de la venta del grano debidamente seco, logrando así aportar al desarrollo de este sector comercial y de la ciudad de Milagro.

Por medio de esta investigación se analizarán las condiciones en que se realizan las actividades de secado como son: recursos energéticos existentes en el sector y los parámetros necesarios para seleccionar un proceso de secado óptimo que controlará la temperatura, la velocidad de secado, y la humedad que el grano debe tener para obtener la calidad necesaria para la comercialización.

1.1.3. Formulación del Problema

Con los antecedentes antes mencionados se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál será el proceso de secado idóneo, que logre reducir la humedad del grano de cacao sin que afecte su sabor y aroma característicos, para así, garantizar su calidad y contribuya a un almacenamiento prolongado y sea sostenible en el tiempo?

1.1.4. Sistematización del Problema

Cabe anotar varias interrogantes que forman parte del problema:

1. ¿A qué dificultades se enfrentan los comerciantes de cacao, para realizar el secado del grano?
2. ¿Cómo implementar un proceso óptimo y eficiente de secado del grano?
3. ¿Cómo conseguir que esta propuesta sea sostenible y sustentable para los comerciantes de cacao?

1.1.5. Determinación del tema

En consecuencia se propone el siguiente tema:

ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE PROCESO DE SECADO DE CACAO Y DISEÑO
DE PROTOTIPO DE UNA UNIDAD SECADORA TIPO PLATAFORMA

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Analizar los procesos de secado mediante el análisis de las realidades en las que realizan la labor de secado los Centros de acopio del entorno de Milagro, para determinar, el proceso idóneo y garantizar un secado óptimo que satisfaga los requerimientos de quienes comercializan con el cacao.

1.2.2. Objetivos Específicos

1. Identificar los problemas que tienen los comerciantes en sus prácticas habituales de secado y evidenciar, con la forma de secado que utilizan, qué calidad obtienen, con el fin de comparar los resultados que se obtendrán con la propuesta.
2. Determinar mediante análisis, la selección de la tecnología adecuada para la operación de secado
3. Realizar el análisis de costos para la implementación del proyecto para demostrar la sostenibilidad del mismo.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El cacao es de mucha importancia en la economía del país es el tercer rubro en las exportaciones y representa el 6.7% del PIB (Producto Interno Bruto) y los productores y exportadores representan el 12% de la PEA (Población Económicamente Activa)².

La producción de cacao constituye además, una fuente de empleo para unos 800000 habitantes de los sectores; rurales y urbanos, que participan en los procesos de producción, post cosecha, secado, acopio, industrialización, exportación y servicios en la cadena.

Al implementar un proceso óptimo de secado en el que se logrará disminuir el tiempo de secado, mano de obra, y consumo energético, se obtendrá un producto que satisfaga los requerimientos del mercado el mismo que representará mayor rentabilidad para beneficio del comerciante porque podrán darle al producto, un valor agregado, que es la humedad adecuada, que oscila entre 7 y 8% y ahorrarán recursos, esto debido, a que disminuirán la logística del cuidado del grano, de las grandes extensiones de tendales que son necesarios para el tradicional secado al sol.

²EL COMERCIO: "Ecuador promueve en la ICCO su cacao fino para el mundo,
http://www.elcomercio.com/pais/Ecuador-promueve-ICCO-cacao-mundo_0_671333095.html

El mayor propósito de realizar esta investigación, es la de proponer previo análisis de procesos, la selección, del más idóneo y eficiente de acuerdo con las realidades en que se realiza esta labor, el diseño de un PROTOTIPO DE UNA UNIDAD SECADORA DE CACAO, mediante la implementación de innovaciones en el diseño y mejoras en los componentes, con las que se optimizará las condiciones de trabajo de los comerciantes, que realizan esta labor de secado, con el fin de lograr el desarrollo eficiente y sobre todo lograr la eficacia de este sector y de la ciudad de Milagro, la misma que representa el 6% de la segunda provincia productora, que tiene el 25% de la producción nacional.

CAPITULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Antecedentes Históricos

El cacao es un fruto originario de América del Sur, apareció por primera vez, hace 4000 años al este de los Andes, específicamente al sur del lago Maracaibo y río Magdalena en Venezuela. Se cree que la difusión del cacao al resto del continente se llevó a cabo por el ser humano, los animales y factores meteorológicos como los vientos³.

El consumo del cacao por los humanos, según hay evidencias, comenzó en Belice por los Mayas quienes le dieron el nombre de *cacau*; *cac* que en maya significa rojo y *cau* que significa fuerza y fuego.

Cristóbal Colón descubrió el cacao en América, pero el cacao en grano no fue bien admitido en aquel momento en Europa en el año 1519. Su uso por los españoles comenzó en 1550 cuando unas religiosas añadieron dulce y vainilla al chocolate. La bebida que inicialmente era consumida solamente por la corte y la realeza europea, pero pronto pasó a uso más extendido, lo cual originó una gran demanda del grano. El cultivo y la comercialización fueron concedidos mediante cédula real como exclusivo de México, Centro América, Venezuela, y Trinidad & Tobago.

El cacao en el Ecuador, según varias fuentes históricas en el periodo incásico no se conocía sobre el cacao, fue a mitad del siglo XVI en el tiempo de la colonia que el negocio del cacao fue tan rentable, que atrajo el interés de empresarios guayaquileños de cultivar este producto, a pesar de las prohibiciones establecidas

³ASOCIACION NACIONAL DE EXPORTADORES DE CACAO ANECACAO: *Historia del cacao en el Ecuador*, p-1; <http://www.anecacao.com/index.php/es/cacao-en-ecuador/historia-del-cacao.html>

mediante las Cédulas Reales. Ya en 1623, el Corregidor de Guayaquil, Don Diego de Portugal, comunica a la corte de España que había un gran número de plantas sembradas en la provincia y que este era comercializado encubiertamente desde Guayaquil, primero por Acapulco y posteriormente por prohibiciones de España, la salida por los puertos de Sonsonate en Nicaragua, Ajacutla y Amapala en Guatemala⁴. La producción y comercio clandestino desde Guayaquil en vez de detenerse, siguió en aumento, pero esta vez con envío a Acapulco desde el Callao, lo cual motivó que el cabildo de Caracas entre 1593 a 1798 elevara quejas y solicitudes al Rey y las cortes para producción y negocio de cacao en Guayaquil, pero sin tener éxito. Finalmente, en 1789, el Rey Carlos IV permitió, mediante cédula real el cultivo y la exportación de cacao desde la costa ecuatoriana⁵.

Alrededor de los años 1890 hasta 1920 Ecuador, era el mayor productor del mundo con 40000 toneladas de producción al año, pero éstas se vieron afectadas por la infestación de las plagas *monilla* y *escoba de bruja* reduciendo a tan solo el 30% la producción nacional. Actualmente la producción se ha recuperado e intensificado con la integración de más cultivos en provincias de sierra y amazonia que bordea una producción a unas 184000 toneladas de producción al año.

Secado de Cacao en la antigüedad

Desde la antigüedad el secado de cacao se lo ha realizado con el método natural o secado al sol, la tecnificación de esta labor se la realiza a partir de la industrialización del cacao en donde el consumo de cacao había comenzado a difundirse a todas las sociedades. Los suizos fueron los pioneros en la industrialización de la elaboración del chocolate y en la actualidad mantienen la supremacía como los chocolates más finos del mundo.

En el país no se ha registrado evidencias en las que sus antiguas civilizaciones se hayan dedicado al cultivo del grano, unas de las principales razones, que hace

⁴ZCHOCOLAC: *Historia*, <http://www.zchocolat.com/z34/chocolate/chocolate/historia-del-chocolate.asp>

⁵FROCAMPO: *Mejoramiento de la Cadena Productiva de Cacao Nacional Fino de Aroma en el área de influencia de la vía Santo Domingo - Chone*, <http://www.frocampo.com/frocampo.html>

llegar a la conclusión, en el caso de los Incas, es que ellos eran expansionistas y las otras tribus existentes, estaban siempre a la defensiva ya que eran propensos a invasión de parte de los primeros lo que hace asegurar que no podían dedicarse al cultivo de productos de ciclo largo.

Alrededor de 1890 hasta 1920, Ecuador se había convertido en el mayor productor del mundo y a la par, tuvo que buscar formas eficientes para realizar el secado del grano a más, del tradicional e irremplazable secado al sol. Al pasar de los años se han acondicionado técnicas y se han mejorado los métodos de secado, utilizando siempre al sol como fuente de energía calorífica, los métodos artificiales fueron implementándose con mucha lentitud, ya que en aquella época se le había restado importancia; pero en la última década en que el precio del cacao tuvo alzas importantes, ha contribuido a que los productores retomen el interés en la siembra de este producto.

2.1.2. Antecedentes Referenciales

Las investigaciones actuales se han centrado en la modelación matemática, reacciones químicas involucradas y en la optimización de los procesos de secado; tal es el caso del proyecto "*Diseño térmico de un secador de cacao tipo plataforma*", en donde el autor desarrollo modelos matemático de secado de cacao con aire caliente que describe la evolución en el tiempo de dos especies químicas (agua y fenoles), analizó las cinéticas de unas especies químicas y determinó el perfil de degradación y la capacidad antioxidante durante el proceso de secado además realizó los cálculos necesarios para el dimensionamiento del mismo. En el trabajo concluye que:

En las pruebas que se hicieron con flujos y temperaturas de aire no se logra determinar cuál es el espesor óptimo, pero nos dice muy claramente cuáles son los espesores de lecho, velocidades de flujos y temperaturas con los que debería utilizar para hacer otras pruebas⁶.

⁶ FIERRO SALAZAR, Manuel Kennedy: *Diseño térmico de secadora de cacao tipo plataforma*, pp. 22,31,39,93.

Es decir que, en el parámetro del espesor de la cama, es donde el investigador tuvo dificultad para determinarlo. Y en varias pruebas realizadas por él, le daba como resultado valores totalmente diferentes con sólo variar el espesor de la capa de granos a secar, y es aquí donde se enfoca la presente investigación, adicionando movimiento alternativo uniformemente variable en la plataforma, donde se aloja la capa de granos de cacao en la cual se logra aumentar el espesor, y se estabiliza los resultados, en las horas determinadas para el secado.

En el proyecto *“Diseño y simulación de un secador de granos de cacao con colectores solares planos mediante convección forzada para una capacidad de 500 kilogramos”*, el investigador plantea el diseño e implantación de un secador de cacao, con un proceso de secado por convección forzado con el uso de energía renovable (energía solar) y energía eléctrica. Esta investigación es útil, debido al principio de funcionamiento o proceso de secado a utilizar, y que al coincidir con el principio de funcionamiento con la referencia anterior, brinda mayor soporte a los argumentos que se planteo, y según los análisis, es el más idóneo a implementar porque va de acuerdo con la realidad que tiene la ciudad de Milagro. El uso de energía solar, no es aplicable en esta ciudad, por la baja eficiencia que se produciría debido a la variabilidad de la radiación solar, pero el uso de madera para la construcción de la bandeja de secado de la Unidad Secadora si será acogida ya que la madera conservan las características del sabor y aroma y por la importancia que tienen los aspectos químicos que componen al grano, cuando, se hacen cambios en los agentes físicos que lo rodean, como la temperatura (en cualquiera de sus formas de transferencias) para acelerar el secado resulta interesante debido a lo que se evidencia en el siguiente enunciado de dicha investigación: *La cámara de secado está construida con madera, este aislante térmico permite que las pérdidas de calor sean mínimas bajo las condiciones de análisis la cámara de secado tendrá una eficiencia del 99%⁷.*

⁷ MOUREIRA POVEDA, Juan Pablo: *Diseño y simulación de un secador de cacao con colectores solares planos mediante convección forzada para una capacidad de 500kg*, pp. 1, 242, 243.

Cabe aclarar que los modelos matemáticos ya están establecidos por otros investigadores^{8,9} y que la intención no es profundizar en ese ámbito, sino más bien utilizar los resultados obtenidos de sus trabajos, en la parte técnica, es decir, que estos resultados serán nuestros parámetros de referencia para seleccionar el proceso de secado y diseñar la máquina y los resultados obtenidos en la misma, y confrontarlos con los resultados referenciales. Además no es propósito de esta investigación desarrollar un nuevo proceso de secado, sino de los existentes seleccionar el más idóneo para el diseño de una máquina que obtenga un mayor desempeño y alcance una alta eficiencia, adaptándola a la realidad en la que realiza el secado del grano, por parte de los comerciantes (Centros de acopios) de la ciudad de Milagro. Los modelos matemáticos enunciados en las investigaciones anteriores será nuestra ruta a seguir y esto nos permitirá anticipar las variables a tomar en cuenta para la selección del proceso óptimo, de acuerdo a las condiciones vigentes para así realizar el diseño de una máquina que obtenga los resultados requeridos y satisfaga las necesidades del mercado.

2.2. FUNDAMENTACIÓN

En el mercado mundial de las materias primas, el cacao se ha situado en el tercer lugar después del azúcar y el café, esto obedece a la creciente demanda por el chocolate, que es uno de los derivados de mayor consumo en el mundo principalmente en los países europeos donde se ha registrado el mayor índice per cápita de consumo. En cuanto a la producción, ésta se la realiza principalmente en África del oeste y representa el 70% de la producción mundial. Los países productores son; Costa de Marfil, Ghana, Guinea Ecuatorial, Nigeria y Camerún.

⁸GIRALDO ZÚÑIGA, Abraham Damián; AREVALO PINEDO, Aroldo; FERREIRA SILVA, Alessandra; FERREIRA SILVA, Polyana; VALDES SERRA, Juan Carlos & MENESES PAVLAK, "Datos experimentales de la cinética del secado y del modelo matemático para pulpa de cupuacu (Tehobroma Grandiflorum) en rodajas", *Ciencia y tecnología de alimentos ISSN 0101-2061*

⁹PARRA ROSERO Pablo-SAAVEDRA Rafael & IPANAQUÉ William, "Modelación y simulación en ambiente ecosimpro de una cámara de secado para cacao", *Ingenius Revista de Ciencia y Tecnología de la Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador*

En Asia y Oceanía, a pesar que Malasia e Indonesia fueron los últimos en entrar al grupo de los productores en la actualidad producen el 15% de la producción mundial. En el Caribe representa el 2% de la producción y los países productores son; República Dominicana, Haití, Jamaica, Cuba, Granada, y Trinidad & Tobago.

Sudamérica representa el 13% de la producción mundial. Hoy en día los países productores americanos no han sido capaces en competir en volumen con sus vecinos del Atlántico, por ello los cacaos sudamericanos compiten en calidad y finura ya que aún conservan variedades originarias que si bien son débiles, producen muy buenos frutos. Brasil con un 10% de la producción mundial, es el mayor productor de América Latina aún así debe importar cacao para satisfacer su propia industria de transformación. Ecuador que durante muchos años era el primer productor mundial, se queda ahora con un 3% de la producción mundial. La mayoría de los países productores de África, venden su producto al mercado internacional, la mayor parte del mismo se exporta en grano, esto debido a que no poseen industria de transformación¹⁰.

Distribución de la producción mundial, dándoles a los países africanos la supremacía, como se muestra a continuación en el Gráfico 1.

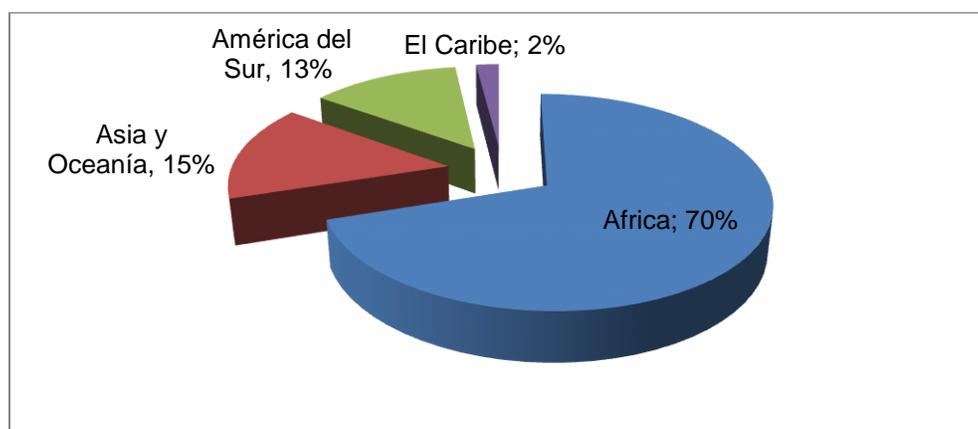


Gráfico 1 Distribución de la producción de cacao a nivel mundial.

La superficie sembrada con cacao en el Ecuador está por las 259053 hectáreas sembradas y ocupa el séptimo lugar como productor mundial, pero ocupa el primer

¹⁰SODEPAU: *Los productores de cacao*, http://www.edualter.org/material/consumo/unidad5_4.htm

lugar en el mercado mundial fino y de aroma con el 70% de la producción seguido de Indonesia con el 10%. En el litoral ecuatoriano se encuentra la mayor parte de los cultivos de cacao que existen en el país, en la provincia de Los Ríos la extensión de terrenos cultivados representa un 35% del total sembrado, Guayas con el 25 %, Manabí el 14%, Esmeraldas el 8% y El Oro el 5%. El 13% restante se reparte entre las provincias de Pichincha, Cotopaxi, Bolívar, Chimborazo, Cañar, Azuay y el Oriente, los cultivos de esta provincias pertenecen a los de la cordillera occidental andina. A continuación se muestra un cuadro referente a la superficie cultivada de cacao en el Ecuador¹¹.

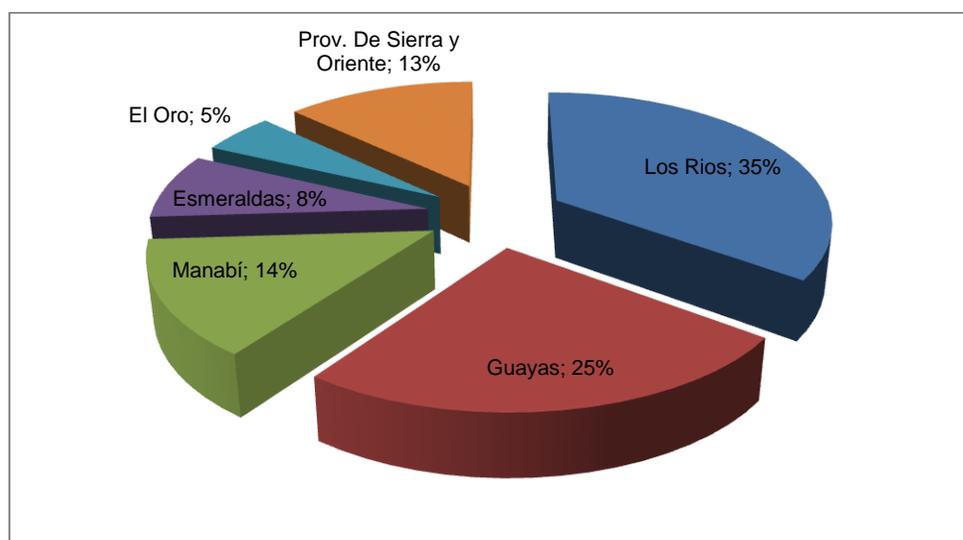


Gráfico 2 Distribución de la producción de cacao a nivel nacional.

2.2.1. Secado del cacao

Durante el secado predominan los procesos de oxidación o fermentación de la almendra y es donde se forman los precursores del aroma y sabor del chocolate y el producto toma el color que solo se da en la fase oxidativa de la fermentación, por lo que juega un papel importante en la disminución de la astringencia, amargor y acides del grano, así como en el desarrollo del color marrón a partir de los compuestos fenólicos lo que ocurre solamente si se realiza un buen proceso de secado.

¹¹ EL TELEGRAFO: *Ecuador exporto 425.7 millones de dólares en cacao en 2012*, <http://www.telegrafo.com.ec/economia/item/ecuador-exporto-4257-millones-en-cacao-en-2012.html>

Desde el punto de vista físico, el secado consiste en la reducción del contenido de agua de la almendra del 55% a 7% que es límite de humedad relativa, que tiene que contener el grano para evitar el crecimiento de hongos y ataque de insectos que deterioran la calidad y además para mantener adecuadas condiciones de almacenamiento, transporte, manejo y comercialización del mismo. Los granos de cacao, aunque hayan sido sometidos al proceso de secado, son higroscópicos, es decir absorben la humedad con facilidad, esta es una de las características que más dificulta el almacenamiento del grano.

2.2.2. Cambios químicos generados

Es muy importante que la humedad disminuya lentamente para favorecer las reacciones de oxidación, responsables del sabor y aroma del cacao, determinantes de la calidad del producto. Si se hace rápido en las primeras etapas del secado, se corre el riesgo de inactivar a las enzimas antes que se hayan completado los cambios químicos esenciales.

El secado puede afectar a la estructura de los tejidos celulares modificando las propiedades físico-químicos del producto, siendo la temperatura un factor determinante. Estas modificaciones afectan principalmente la textura, la capacidad de rehidratación y el aspecto físico.

Uno de los principales problemas originados por los cambios irreversibles que acompañan al secado es el pardeamiento enzimático y no enzimático que conduce a la variación del color y desarrollo del sabor. Durante el proceso de secado las reacciones de oxidación de los Polifenoles son acelerados debido a la mayor presencia de oxígeno, se evapora el ácido acético debido a su carácter volátil.

La síntesis de aldehídos por reacciones químicas propias, también afectan las características químicas del grano, aquí continúan la reacción oxidativa iniciada en la fermentación y se producen reacciones térmicas que ocasionan cambios en los compuestos precursores del sabor, originándose fracciones volátiles, mediante

reacciones de pardeamiento que ocurren en esta etapa, y mucho depende de la temperatura que alcanza el grano¹².

En general para secar las almendras de cacao existen dos procesos de secado que son:

- Proceso de secado natural
- Proceso de secado artificial

Proceso de secado natural es el más común en los países productores que gozan de suficiente radiación solar y un régimen de lluvias no excesivos. Los diversos factores que afectan la tasa de secado de las almendras de cacao están relacionados con la temperatura ambiente, la duración de los días lluviosos, la velocidad del viento, la superficie de secado, la humedad relativa del aire y el número de horas de insolación aprovechables para el secado. Durante el proceso se produce la disminución de la astringencia y amargor del cacao, claves para el sabor del chocolate y sus derivados.

Proceso de secado artificial es la disminución controlada de humedad mediante el uso de equipos o dispositivos especiales. Los cuales usan generalmente fuentes convencionales de energía, es apropiado en aquellos países donde las precipitaciones son abundantes y coinciden con los picos de cosechas de cacao.

2.2.3. Ventajas del secado artificial sobre el natural

1. La calidad del producto deshidratado es generalmente superior si se selecciona una buena tecnología del proceso.
2. La velocidad de secado suele ser mucho mayor, disminuyendo considerablemente el tiempo de secado, lo que influye en la calidad y en el costo del producto.

¹²TINOCO, Héctor A. - OSPINA, Diana Yormali: *Análisis del proceso de deshidratación de cacao para la disminución del tiempo de secado*, pp. 3, 5.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1794-12372010000100005&script=sci_arttext

3. Las condiciones sanitarias y nutritivas (en casos de alimentos) son mejores al no estar el producto expuesto a la acción directa del sol, la lluvia, el polvo y los insectos.
4. El área utilizada para el secado es menor que la utilizada en el secado natural.

2.2.4. Desventajas del secado artificial

1. Las desventajas guardan relación con el poco control que se ejercen sobre los factores químicos y físicos, los cuales son intrínsecos al propio proceso de secado.
2. Alto costo de la instalación, tanto por la cámara de secado como por el método que utiliza para elevar la temperatura, ejemplo; calderos, hornos o calentadores de aire, y el alto costo de producción en caso que se consuma combustibles derivados de petróleo o electricidad para el calentamiento del aire o del producto.

2.2.5. Principio de funcionamiento

Dentro de los secadores industriales podemos encontrar la siguiente clasificación de acuerdo a sus principios de funcionamiento.

Método directo: La transferencia para el secado, se consigue por unión directa entre los sólidos húmedos y gases calientes del secado. También son llamados secadores por convección.

Método indirecto: El calor se traslada al sólido húmedo a través de una pared de retención. El líquido vaporizado se distancia libremente del medio de calentamiento. También son llamados secadores por conducción de contacto.

2.2.6. Modelos matemáticos para la descripción de curvas de secado

Los modelos de secado generalmente se pueden clasificar como modelos; fenomenológicos y experimentales. Los modelos fenomenológicos son representaciones matemáticas de procesos reales con distintos niveles de

descripción que relacionan siempre el carácter físico del fenómeno. En la Tabla 1 están los modelos matemáticos más utilizados¹³.

NOMBRE	ECUACIÓN
NEWTON	$MR = \exp(-kt)$
PAGE	$MR = \exp(-ktn)$
PAGE MODIFICADO	$MR = \exp[(-kt)n]$
HENDERSON Y PABIS	$MR = a[\exp(-kt)]$
LOGARITMICO	$MR = a[\exp(-kt)] + C$
THOMSON	$MR = 1 + at + bt^2$ $t = a \ln(MR) + b[\ln(MR)]^2$
DIFUSION	$MR = a[\exp(-kt)] + (1-a)[\exp(-kbt)]$

Tabla 1. Modelos matemáticos para la descripción de curvas de secado.

MR = Razón de humedad

t = Tiempo de secado en horas

k = Constantes de secado

a,b,c,n = Coeficientes de ajuste

Los modelos experimentales han surgido para explicar la migración de la humedad en un sólido de forma global y son empleados para describir el secado de una partícula o de una capa fina o delgada, casi siempre son obtenidos de la simplificación de las soluciones de los modelos difusivos, se basan en el conocimiento empírico y son de aplicación muy específica para un producto en particular y condición de secado.

2.2.7. Modelado de la combustión

Considerando como cámara de combustión un quemador a gas, para el modelado de esta se partirá de unas condiciones conocidas del aire de entrada:

¹³ TINOCO, Héctor A. - OSPINA, Diana Yormali: *op.cit.*, pp. 3, 5.

- Temperatura ambiente
- Presión atmosférica
- Humedad del ambiente
- Y de unos flujos determinados:
- Flujo de combustible
- Caudal del gas (aire)

Normalmente, las dos últimas variables son manipulables en la instalación mediante válvulas y el ventilador con el regulador respectivamente.

Se tendrá como incógnitas a la salida del quemador las siguientes variables:

- Flujo de gas
- Humedad del gas
- Temperatura del gas

Normalmente estas variables son manipulables en la instalación mediante electroválvulas y el ventilador de tiro forzado respectivamente. Estas servirán como condiciones de flujo de gas a la entrada de la recámara. Por otra parte, en el modelo del quemador se tendrán en cuenta las siguientes hipótesis simplificadoras:

La dinámica es instantánea.

- a. El calor específico del gas de salida es igual al calor específico del aire
- b. No se produciría acumulación de gas en la recámara de combustión
- c. Las pérdidas de calor a través de las paredes de la recámara de combustión son despreciables.

Teniendo en cuenta estas simplificaciones, el comportamiento de un quemador, puede ser modelado mediante las siguientes ecuaciones:

- Conservación de la masa de gas

$$F_g = F_{ga} + F_{comb}$$

- Conservación de la energía

$$F_{ga} * C_{pga} * T_a + F_{comb} * H_{pn} * n = C_{pg} * T * F_g$$

- Ecuaciones de gases ideales

$$F_g = Q_g * p_{mg} * P_{at} / R * (T + 273)$$

- Ecuación de la humedad de salida de los gases

$$Y = Y_a$$

Notación	Descripción	Unidades
C_{pg}	Calor específico del gas de salida	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$
$C_{p_{ga}}$	Calor específico del aire ambiente	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$
F_{ga}	Flujo másico de aire seco a la entrada	$\frac{\text{kg}}{\text{s}}$
F_g	Flujo másico de gas seco a la salida	$\frac{\text{kg}}{\text{s}}$
F_{comb}	Flujo másico de combustible	$\frac{\text{kg}}{\text{s}}$
H_{pn}	Poder calorífico del gas natural	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$
P_{at}	Presión atmosférica	Pa
p_{mg}	Peso molecular de los gases de salida	$\frac{\text{kg}}{\text{kmol}}$
Q_g	Caudal de gas seco a la salida	$\frac{\text{m}^3}{\text{s}}$
R	Constante de los gases ideales	$\frac{\text{J}}{\text{kmol} \cdot ^\circ\text{C}}$
T_a	Temperatura ambiente	$^\circ\text{C}$
T	Temperatura de salida	$^\circ\text{C}$
Y_a	Humedad del ambiente	$\frac{\text{kg vapor}}{\text{kg aire seco}}$
Y	Humedad de los gases de combustión	$\frac{\text{kg aire seco}}{\text{kg vapor}}$
n	Rendimiento de la combustión	%

Tabla 2. Notación utilizada en el modelado de la combustión.

2.2.8. Modelo de la evaporación

En el proceso de secado intervienen, por un lado, el material sólido que porta, cierta cantidad de agua que se pretende que disminuya, y por otro lado, el gas o aire que presenta inicialmente una cantidad baja de vapor de agua. Al poner en contacto estos elementos en unas condiciones de presión y temperatura dadas, se llega a un nuevo estado de equilibrio donde parte, del cambio de estado, pasando de estar mezclada con el sólido a formar parte del gas. Existe por lo tanto, un flujo de agua de evaporación que dependerá para cada instante, del material sólido y del gas, de las humedades relativas, de la superficie de contacto, de la temperatura y de la presión. En el planteamiento de las ecuaciones que rigen el proceso de secado continuo, hay que tener en cuenta ciertas hipótesis. Entre otras, se consideraran las siguientes:

- 1 La transmisión de calor tiene lugar principalmente por conducción-convección y prevalecen las condiciones adiabáticas, es decir, se despreciará la transmisión de energía con el exterior.
- 2 El aire es tratado como gas ideal.
- 3 La velocidad de evaporación depende de la temperatura, humedad, velocidad del gas y granulometría (esta dependencia viene determinada por resultados experimentales en laboratorio).
- 4 Algunos parámetros importantes como el tiempo de paso (t_{paso}) y el coeficiente volumétrico de transmisión de calor (U_a) se estiman mediante correlaciones.

En toda la superficie del secador existen fuertes gradientes tanto de concentraciones de aire como de temperaturas, lo que obliga a trabajar con un modelo de parámetros distribuidos.

Notación	Descripción	Unidades
C_{p_a}	Calor específico del agua	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg } ^\circ\text{C}}$
C_{p_g}	Calor específico a presión cte. del gas seco	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg } ^\circ\text{C}}$
C_{p_v}	Calor específico a presión cte. del vapor de agua	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg } ^\circ\text{C}}$
C_{p_s}	Calor específico del sólido	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg } ^\circ\text{C}}$
F_a	Flujo de agua contenida en el sólido que atraviesa la sección	$\frac{\text{kg}}{\text{s}}$
F_g	Flujo de gas seco que atraviesa la sección	$\frac{\text{kg}}{\text{s}}$
F_s	Flujo de sólido seco que atraviesa la sección	$\frac{\text{kg}}{\text{s}}$
F_v	Flujo de vapor contenida en el gas que atraviesa la sección	$\frac{\text{kg}}{\text{s}}$
H	Humedad del sólido en la base	$\frac{\text{kg agua}}{\text{kg sólido} - \text{húmedo}}$
M_g	Masa de gas seco en el elemento de volumen	kg
M_s	Masa de sólido seco contenido en el elemento del volumen	kg
M_v	Masa de vapor contenido en el elemento del volumen	kg
P	Presión del gas	Pa
T_g	Temperatura de la corriente gaseosa	$^\circ\text{C}$
T_s	Temperatura del sólido	$^\circ\text{C}$
U_a	Coeficiente volumétrico de transmisión de calor	$\frac{\text{kw}}{\text{m}^3 \text{ } ^\circ\text{C}}$
V	Volumen de cada elemento de volumen	m^3
v_g	Velocidad del gas seco	$\frac{\text{m}^3}{\text{s}}$
w	Flujo del agua evaporada	$\frac{\text{kg}}{\text{s}}$
x	Agua del sólido en base seca	$\frac{\text{kg agua}}{\text{kg sólido seco}}$
y	Humedad del gas en base seca	$\frac{\text{kg vapor}}{\text{kg gas seco}}$
λ	Calor latente de vaporización	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$
δ_s	Densidad del sólido seco a 0°C	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Tabla 3. Notación utilizada en la evaporación.

Las ecuaciones que describen el modelo de vaporización son las siguientes:

- Conservación del sólido seco:

$$\frac{d(M_{si})}{dt} = -F_{si}$$

- Conservación del agua:

$$\frac{d(M_{ai})}{dt} = F_{ai} - 1 - F_{ai} - W_i$$

- Conservación del gas seco:

$$\frac{d(M_{gi})}{dt} = F_{gi} - 1 - F_{gi}$$

- Conservación del vapor de agua:

$$\frac{d(M_{vi})}{dt} = F_{vi} - 1 - F_{vi} + w_i$$

- Conservación de la energía en la fase sólida:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} [(C_{ps} * M_{si} + C_{pa} * M_{ai}) * T_{si}] \\ = (F_{si} - 1 * C_{ps} + F_{ai} - 1 * C_{pa}) * T_{si} - 1 - (F_{si} * C_{ps} \\ + F_{ai} * V * (T_{gi} - T_{si}) C_{pa}) * T_{si} - W_i * (C_{pa} * T_{si} + F_{ai} \\ * C_{pa}) * T_{si} - W_i * T_{si} + \lambda * (C_{pa}) + U_a * V * (T_{gi} - T_{si}) \end{aligned}$$

- Ecuación de la conservación de energía de la fase gaseosa:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} [(C_{pv} * M_{vi} + C_{pg} * M_{gi}) * T_{gi}] \\ = (F_{gi} - 1 * C_{pg} + F_{vi} - 1 * C_{pv}) * T_{gi} - 1 \\ + (F_{gi} * C_{pg} + F_{vi} * C_{pv}) * T_{gi} + W_i * (C_{pa} * T_{si} + \lambda) \\ - U_a * V * (T_{gi} - T_{si}) \end{aligned}$$

- Ecuaciones de humedad del sólido y del vapor en base seca en función de los flujos:

$$X_i = \frac{F_{ai}}{F_{si}}$$

$$Y_i = \frac{F_{vi}}{F_{gi}}$$

- Ecuaciones de humedad del sólido y del vapor en base seca en función de las masas:

$$X_i = \frac{M_{ai}}{M_{si}}$$

$$Y_i = \frac{M_{vi}}{M_{gi}}$$

- Relación entre la masa de gas seco contenida en un elemento de volumen, su temperatura y la masa del sólido:

$$M_{gi} = \left(v - \frac{M_{si}}{p_s} \right) \left(\frac{p_{mg} * p_m}{p_{mg} * Y_i + p_{ma}} \right) \frac{P}{R(T_{gi} + 273)}$$

- Relación entre la masa del sólido y el flujo del sólido:

$$M_{si} = t_{paso} * F_{si}$$

Donde t_{paso} es el tiempo de paso, que será determinado para un elemento de volumen.

- Ecuación del flujo de evaporación:

$$W_i = v_{evap} * M_{si}$$

Donde v_{evap} se conoce como la velocidad de evaporación del sólido. En general v_{evap} se podrá expresar en unidades de:

$$\frac{\text{kg de agua}}{\text{kg de solido seco} * \text{segundo}}$$

Y básicamente dependerá de cuatro variables: por una parte la velocidad y la temperatura del gas y por otra el volumen y la geometría del sólido.

Así se tiene que:

$$V_{\text{evap}} = f(v_g * T * H * d)$$

Donde la geometría del sólido viene caracterizada por la **d** de diámetro.

El éxito del modelo depende en gran medida de una buena estimación de V_{evap} del sólido a secar, sin embargo en muchos casos no se dispone de una expresión de $V_{\text{evap}} = f(v_g * T * H * d)$ al menos para las condiciones en las que el sólido se encontrara durante el proceso¹⁴.

2.2.9. Tipos de transferencia de calor

A fin de que el lector tenga un panorama general de las distintas formas básicas de transferencia de calor a continuación se describe en forma resumida sus tres mecanismos básicos:

Conducción.-El fenómeno de transferencia de calor por conducción constituye un proceso de propagación de energía en un medio solido, líquido o gaseoso mediante la comunicación molecular cuando existe un gradiente de temperatura.

$$q'' = -k \frac{\partial T}{\partial x}$$

$$q = \frac{kA}{L}(T_1 - T_2)$$

¹⁴ CASTAÑO-RUBIO&ORTEGA: *Modelado de Secadora Rotatoria en Isocorriente*, pp. 37-41

Convección.- El fenómeno de transferencia de calor por convección es un proceso de transporte de energía que se lleva a cabo como consecuencia del movimiento de un fluido (líquido o gas) en la vecindad de una superficie y está íntimamente relacionado con su movimiento.

$$q'' = h(T_s - T_\infty)$$

Radiación.- Tanto los mecanismos de transferencias de calor conducción como por convección necesitan un medio para propagar la energía. Sin embargo, el calor puede también propagarse en el vacío absoluto mediante radiación en diferentes longitudes de onda, pero la magnitud de ésta depende de la temperatura absoluta y de las características superficiales de dichos cuerpos. Por otra parte, solo se considera radiación térmica la que se ubica en el rango de longitudes de onda entre 0.1 y 100 micrones, aproximadamente¹⁵.

$$q'' = \sigma T^4$$

$$q'' = \sigma A_i F(T_1^4 - T_2^4)$$

2.2.10. Ecuaciones para cálculo de dimensionamiento.

El número de Reynolds, que es un grupo adimensional, y es utilizado para caracterizar el movimiento de un fluido viene dado por el cociente de las fuerzas de inercia por las fuerzas debidas a la viscosidad.

Número de Reynolds.

$$RE = \frac{V d \rho}{\mu} = \frac{V(2r_0)}{\nu}$$

Donde:

V=velocidad media

d=radio de tubería, r_0 = radio de la tubería

¹⁵ MANRIQUE VELADES, José Ángel: *Transferencia De Calor Segunda Edición*, pp. 23-26

ν =viscosidad cinemática del fluido

δ =densidad del fluido

μ =viscosidad absoluta

En caso de conductos de sección recta no circular se utiliza como sección recta por el perímetro mojado, el número de Reynolds es ahora

$$Re = \frac{V(4R)}{\nu}$$

Velocidad del aire

$$V = \frac{P_v}{d}$$

$$d = \frac{1.325 * P_b}{T}$$

Donde:

C_{pv} = presión de velocidad

d = densidad del aire

P_b = presión barométrica

T = temperatura absoluta del aire

Caudal

$$Q = \text{área transversal del ducto} * V$$

Velocidad del aire en la entrada a la cama

$$V_{ec} = Q * \text{área transversal de la cama}$$

2.3. MARCO CONCEPTUAL.

Enzimas.- Molécula formada principalmente por proteínas que producen las células vivas y que actúan como catalizador y regulador en los procesos químicos de los organismos.

Fermentación.- Proceso químico por el que se forman los alcoholes y ácidos orgánicos a partir de los azúcares por medio de los fermentos.

Fenólicos o Compuestos Fenólicos.- Son compuestos orgánicos en cuyas estructuras moleculares contienen al menos un grupo de fenol, un anillo aromático unido al menos a un grupo funcional.

Gas Licuado de Petróleo (GLP).- Derivado de petróleo que se utiliza como combustible para la calefacción y la cocina doméstica, su nombre técnico es gas propano pero se lo conoce comúnmente como gas.

Organoléptica.- Que se puede percibir con los sentidos.

Oxidación.- Transformación de un cuerpo por la acción del oxígeno o de un oxidante.

Polifenoles.- Son un grupo de sustancias químicas encontradas en plantas caracterizadas por la presencia de más de un grupo de fenol por molécula.

Proliferación.- Multiplicación abundante de alguna cosa.

2.4. HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.4.1. Hipótesis General

Si se hace un análisis de los diferentes procesos de secado en base a las características ambientales y recursos energéticos del sector, entonces se podrá seleccionar el proceso óptimo, con el cual secará mayor cantidad de cacao con menos combustible y en el menor tiempo, sin que se afecte el sabor y aroma, garantizando la calidad del grano y además será sostenible y amigable con el medio ambiente.

2.4.2. Hipótesis Particulares

1. Los comerciantes de cacao dependen de la radiación solar y de secadoras poco eficientes para secar el cacao, lo que ocasiona dificultades ya que la ciudad de Milagro cuenta con un clima variable y en el caso de las secadoras de cacao existentes, éstas tienen alto consumo de combustible.
2. Mediante el análisis en el entorno de la ciudad de Milagro y sus alrededores, el modelo de secadora será diseñado de acuerdo al proceso de secado eficaz seleccionado, entonces se podrá determinar y solucionar las posibles dificultades producidas por la implementación del mismo, donde se garantizará los resultados establecidos por los análisis realizados.
3. Con la implantación del nuevo diseño de secadora de cacao ésta, será sustentable, debido a la optimización de los recursos energéticos y sostenibles, porque generará rentabilidad por el uso de la misma.

2.4.2. Declaración de las Variables

a) Variables Independientes

1. Proceso de secado
2. Características técnicas del proceso
 - Temperatura de secado
 - Velocidad del aire caliente
 - Humedad requerida del grano
3. Características ambientales
4. Materiales

b) Variables Dependientes

1. Tiempo de secado
2. Calidad del grano secado
3. Costos

2.4.3. Operacionalización de las Variables

Variable	Definición	Indicador	Medio de Verificación
Proceso de secado	Es la forma de remoción de humedad de un sólido utilizando calor	Textura	Se utilizará un sistema de medición indirecto
Características técnicas del proceso	Periodo en el cual un sólido a perdido humedad	Apariencia y textura	Reloj, Cronómetros
Características ambientales	Características climatológicas que presentan los días que se realizan las labores	Días despejados o nublados	Datos proporcionados por el INAMHI
Materiales	Conjunto de elementos necesarios para una actividad o tarea específica.	Origen Apariencia	Durómetros, tensiómetros
Tiempo de secado	Cuantificación de tiempo requerido para periodo de secado	Sensor	Termómetro
Calidad del grano secado	Conjunto de propiedades inherentes a un objeto que le confiere capacidad para satisfacer necesidades implícitas o explícitas	Apariencia y textura	Humedímetro Inspección Visual
Costos	Gastos en los que incurre por concepto de análisis, construcción e implementación de un sistema o equipo	Cuantificación de proyecto	Proformas, Facturas

Tabla 4. Operacionalización de las variables.

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN Y SU PERSPECTIVA GENERAL

El presente trabajo es de dos clases, el primero es EXPLORATORIO y DESCRIPTIVO para identificar la situación real de las variables que intervienen en el proceso de secado, y el segundo EXPERIMENTAL que busca optimizar el proceso interviniendo o manipulando una o varias de esas variables.

El objetivo es reducir el consumo de combustible de la secadora de cacao tradicional, y así, patentar esta nueva tendencia en todos los sectores productores y comerciantes que hayan construido secadoras de cacao sin criterio técnico, es decir, de forma empírica y también de minimizar el uso del método natural es decir el tradicional secado al sol en tendales.

En la ciudad de Milagro existen alrededor de 6 centros de acopios donde la mayor parte de los pequeños productores, realizan la venta de su producto. La cantidad de cacao, que en promedio se almacena en cada centro de acopio, es de 800 kg por día.

Con esta cantidad de cacao que se almacena en promedio en cada uno de los centros de acopio de la ciudad de Milagro, se lograra dimensionar la secadora de cacao, determinar los tiempos de secado y los demás parámetros necesarios para lograr un secado óptimo. Adicionalmente es posible establecer mediante un análisis, el costo por el secado de cada kg de cacao.

Para evidenciar los resultados propuestos en esta investigación se procederá a construir un prototipo de máquina secadora, en las cuales se someterá a pruebas

físicas a las muestras de grano seco obtenidas, y se confrontará con los resultados de otras investigaciones.

Las muestras de grano seco que se obtendrán en el prototipo serán enviadas a la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) para los análisis correspondientes. En la Tabla 5, se detalla cada una de las variables a evaluar.

Parámetros	Unidad	Método de Análisis
Textura	-	Visual
Coloración	-	Visual
Humedad requerida	7% humedad	Ohmímetros

Tabla 5. Parámetros de análisis para grano seco.

3.2. LA POBLACIÓN Y LA MUESTRA

3.2.1. Características de la población

En el estudio se diferencian 2 tipos de población:

La población 1, está conformada por los centros de acopio de la ciudad, donde se realizará el estudio y diagnóstico descriptivo. Este análisis será de carácter prospectivo debido a que los datos aportados fueron tomados al momento de realizarse la investigación.

La población 2, que será la parte experimental del estudio, se considerará a las muestras de grano seco obtenido en el prototipo cuyo análisis proporcionará los datos para estimar las condiciones óptimas operacionales para la obtención de un producto de calidad.

3.2.3. Tipo de Muestra

En vista de que existen 2 poblaciones, se obtendrá 2 tipos de muestras:

La primera estará conformada por toda información que se recogerá de los centros de acopios que se encuentran dentro de la ciudad. Los mismos que en sus labores de secado estarán sujetas a análisis para monitorear el comportamiento de las variables antes mencionadas y que son sujeto de interés, y también las muestras aquí obtenidas, serán sometidas a análisis físico, donde se determinará su coloración, textura y humedad, con el fin de evidenciar la calidad del producto que se obtiene con las secadoras que actualmente utilizan.

La segunda muestra se define en base al producto obtenido bajo distintas condiciones de temperatura y agitación que se producirá en la máquina (prototipo) de la propuesta que se plantea. Las muestras aquí obtenidas, serán sometidas a análisis físico, donde se determinará su coloración, textura y humedad, con el fin de confirmar la calidad del producto para confrontarlos con los resultados obtenidos en la primera muestra.

3.2.4. Tamaño de la Muestra

Para determinar el tamaño de la **primera muestra**, no se necesita aplicar fórmula alguna de muestreo y esto se debe a que el tamaño de la población 1 es muy pequeño (6 centros de acopio). Por lo tanto, se procede a entrevistar a todos los centros de acopio de la ciudad.

Para el caso de la **segunda muestra**, al obtener la selección de granos secos se tomarán los mismos para su análisis, es decir, que de cada condición operacional se obtendrá una muestra que será evaluada bajo los parámetros establecidos en la Tabla 5. Y también basado en experiencias de otros investigadores, que han obtenido buenos resultados al someter la muestra de 40 kg a temperatura de proceso de alrededor de los 60°C, por lo que en el presente proyecto se evaluará la incidencia de esta temperatura en la calidad del producto.

3.3. LOS METODOS Y LAS TÉCNICAS.

Volumen de cacao que se compra en promedio al día en los centros de acopio

En la investigación se indagó, con una entrevista a los propietarios, y encargados de la calidad de cada uno de los centros de acopios, y también, mediante la observación directa en el desarrollo de las actividades de secado.

Las variables sometidas a análisis son:

1. Cantidad promedio de cacao que compran al día.
2. Cantidad promedio de humedad con que llega el grano.
3. Tiempo de secado requerido para llegar a la humedad necesaria para la venta.

Determinación de la calidad del secado del grano

Para determinar la calidad del secado (según estándares requeridos en el mercado), se lo someterá a prueba en los laboratorios de la ESPOL.

3.4. EL TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN

La investigación está constituida de 3 etapas:

Etapa 1. Investigación.

Considerando que la investigación de campo no tomará mucho tiempo ya que sólo se cuenta con 6 centros de acopio en la ciudad. Los mismos que, mediante consulta previa, estaban de acuerdo en proporcionar la información necesaria, con la condición de mantener el anonimato, lo que permitirá el cumplimiento de esta investigación sin que la condición de anonimato que los administradores nos pidieron, afecte los resultados de la misma.

Etapa 2. Determinar la materia prima disponible.

La compra de materia prima (cacao a los productores) no es homogénea, es decir, suele haber días en que los volúmenes de compra son altos, otros días en los que los volúmenes son muy bajos. Estas variaciones se dan principalmente, a que no

todos los productores tienen el mismo cuidado en el cultivo, y en otros casos no todos los productores habrán sembrado en la misma fecha sus cultivos de cacao.

Etapas 3. Dimensionamiento de la máquina.

Con los resultados cuantitativos tomamos un estimador del promedio de kg de cacao que se compra diariamente, y en base a esto, se plantea las dimensiones de la máquina y de todos los elementos que intervienen en el proceso de secado. Con ello es posible proyectar los márgenes de producción de la máquina, determinar la cantidad de insumos necesarios y procurar el total aprovechamiento de los recursos energéticos.

CAPITULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Mediante las encuestas que se realizaron a los propietarios de los centros de acopio en la ciudad de Milagro, se logró confirmar que los mismos, necesitan de una Unidad Secadora de cacao, eficiente y versátil, lo cual fundamenta el estudio de implementación que se propone.

Fueron encuestados 6 centros de acopio cuyos datos son reservados:

En el presente análisis se determinará a través de los datos conseguidos, la adquisición de materia prima promedio semanal y se la descompondrá en promedio diario para fines de cálculos, análisis de factibilidad para la implementación del proyecto, en lo que se demostrará que el mismo será, una secadora de cacao sostenible y sustentable.

A continuación en el Gráfico 3 se presenta la cantidad de cacao que en promedio a la semana se recoge en cada centro de acopio.

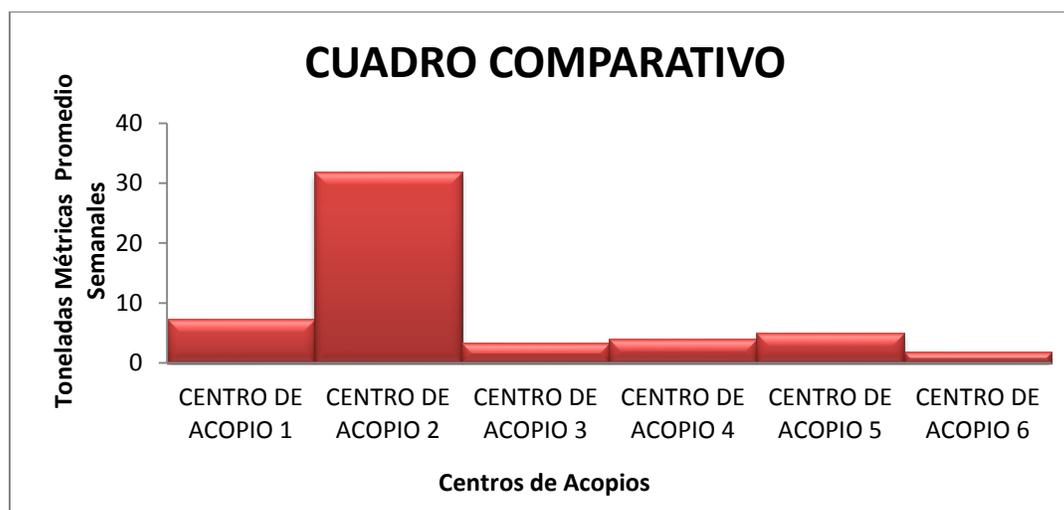


Gráfico 3. Compra promedio semanal de materia prima por los centros de acopio encuestados.

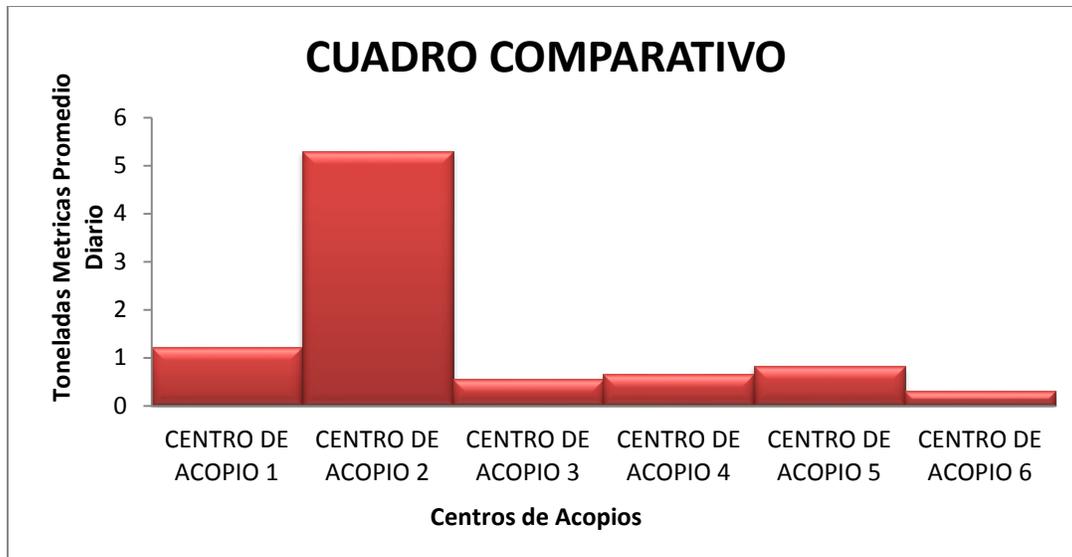


Gráfico 4. Compra promedio diario de materia prima por los centros de acopio encuestados.

De los datos obtenidos en el Gráfico 4. Se desprende que, para causa de análisis, la mayoría de los centros de acopios manejan una entrada de materia prima con muy poca diferencia en promedio a excepción del CENTRO DE ACOPIO 2 que a más de ser un centro de acopio, también es productor de cacao, razón por la cual, mantiene un alto índice de acopio de materia prima. Considerando estos datos podemos llegar a la conclusión que, el dimensionamiento de la secadora de cacao será acorde a las necesidades de todos los centros de acopio que existen en la ciudad, y que los mismos, fueron sometidos a análisis.

Para realizar el estudio de factibilidad de la Unidad Secadora, se procederá a realizar el análisis de los costos, que tienen los comerciantes para secar el grano de cacao en cualquiera de las formas que utilicen. Aunque cabe mencionar que algunos comerciantes ya han cuantificado el costo de secado como se detalla a continuación en la Tabla 6.

NOMBRE	MÉTODO DE SECADO	COSTOS	
		SECADO NATURAL	SECADO ARTIFICIAL
CENTRO DE ACOPIO 1	Natural Artificial	\$0.60 de dólar.	\$1.00 de dólar.
CENTRO DE ACOPIO 2	Natural Artificial	\$0.65 de dólar.	\$1.10 de dólar.
CENTRO DE ACOPIO 3	Natural	\$0.70 de dólar.	\$1.20 de dólar
CENTRO DE ACOPIO 4	Natural Artificial	\$0.70 de dólar.	\$1.00 de dólar.
CENTRO DE ACOPIO 5	Natural Artificial	\$0.75 de dólar.	-
CENTRO DE ACOPIO 6	Natural	\$0.70 de dólar.	-

Tabla 6. Cuantificación de los costos por los métodos de secado utilizados.

Nota: Los centros de acopio no brindan información por cuanto no usan el proceso de secado artificial.

A continuación en el Gráfico 5 se muestra los costos por concepto de secado natural.



Gráfico 5. Cuadro comparativo de costos por concepto de secado natural entre los Centros de acopio encuestado.

A continuación en el Gráfico 6 se muestra los costos por concepto de secado artificial.



Gráfico 6. Cuadro comparativo de costos por concepto secado artificial entre Centros de acopio encuestados.

4.2. ANÁLISIS COMPARATIVO, EVOLUCIÓN, TENDENCIA Y PERSPECTIVAS

Las operaciones de compra y venta que se presentan diariamente a los comerciantes de cacao, ocasionan costos, y además ellos deben estar atentos para poder responder satisfactoriamente a los cambios provocados por el mercado, y para el efecto es imperativo la constante retroalimentación de información de las fluctuaciones que en este se da, los comerciantes afrontan diariamente un sin número de situaciones que si no son tratadas a tiempo, y de forma adecuada, pueden derivarse en problemas y eso se traduce en pérdidas económicas, la causas más comunes son la excesiva personalización de las tareas cotidianas, que bien pueden ser delegadas para la ejecución de las mismas.

La optimización de recursos que intervienen en los procesos y principalmente el de secado, es la clave en el ejercicio comercial que realizan los centros de acopio y es razón principal que robustece la propuesta de implementación de una **Unidad Secadora** de Cacao que dinamizará el secado y mantendrá la calidad de la misma, en el menor tiempo en que las propiedades químicas del cacao lo permitan.

En la encuesta aplicada a los comerciantes de cacao, expresan estar totalmente de acuerdo con este diseño, ya que, entre otras ventajas, mejorará el tiempo de secado, optimizará el consumo energético, sin que afecte el sabor y aroma del grano. Este análisis se hizo en base a las variables determinadas en el sitio y a las

condiciones en que realizan sus actividades, esto va de la mano con la superación de los inconvenientes que se presentan en el secado natural o secado al sol en tendales, logrando que los comerciantes se vean beneficiados con la implementación de la misma.

4.3. RESULTADOS

4.3.1. Análisis de los resultados de la encuesta a los comerciantes de cacao

Después de levantar la información necesaria y concerniente a la investigación de campo, efectuada a los seis centros de acopio de la ciudad de Milagro, se obtuvieron datos interesantes, los mismos que fueron analizados, lo que al final nos permitió estructurar hipótesis de acuerdo a las circunstancias de trabajo y se elaboró posibles soluciones para el diseño de la Unidad Secadora y se seleccionó el que mejor se ajustaba a las necesidades de los centros de acopio. A continuación se analizarán los aspectos más destacados.

a. Para la compra de cacao, los requisitos prioritarios que debe reunir el producto para el efecto son:

OPCIONES	PRIORIDAD	C. DE ACOPIO QUE CONCUERDAN	PORCENTAJES
Grano mohoso	3	4	67%
Grano dañado por insectos	2	3	50%
Grano dañado por germinación	3	3	50%
Grano múltiple o grumos	3	3	50%
Grano negro	3	3	50%
Grano ahumado	1	6	100%
Grano plano	2	4	67%
Grano quebrado	1	5	84%
Grano sin fermentar	1	6	100%
Grano infestado con plaga	1	6	100%
Grano con impurezas	2	4	67%
Grano en baba	3	2	34%
Prioridad: 1 Alta	Prioridad: 2 Media	Prioridad: 3 Leve	

Tabla 7. Prioridad a las características que tiene el grano antes de la compra.

En los resultados obtenidos en la encuesta, se puede evidenciar que no todos los comerciantes tienen las mismas restricciones al momento de comprar el cacao y esto se debe, a que el volumen que compran a cada uno de los productores, es bajo y a medida que van comprando mas, lo van mezclando con los demás granos y al final esas anomalía pasan desapercibidas por el alto volumen que los centros de acopio venden a las exportadoras. Las situaciones en las que todos los comerciantes de cacao coinciden, es en no comprar el grano sin fermentar e infestado con plaga o con olor a humo o algún tipo de combustible fósil, ya que esto contaminaría al resto y se echaría a perder todo lo almacenado junto a ese producto. La contaminación por humo o combustible por lo general, es por mala combustión del combustible en la secadora artificial, debido a la mala regulación de la llama, en conclusión se debe tener en cuenta un diseño eficaz y eficiente del quemador para evitar estas anomalías en la unidad secadora propuesta para los comerciantes de cacao.

b. Los procesos que se utilizan para secar cacao son:

- Secado Natural (secado al sol en tendales)
- Secado Artificial (gas, carbón, diesel, etc.)

OPCIONES	CENTROS QUE LO UTILIZAN	PORCENTAJES
Natural	6	100%
Artificial	4	67%

Tabla 8. Procesos utilizados para secar el cacao por los centros de acopio.

El 100% de los comerciantes de cacao encuestados secan el cacao en tendales, a pesar de los inconvenientes que en este método se presentan, ellos aducen estar habituados a los mismos y además dicen que, cuando el clima no es apropiado, es decir no hay suficiente radiación solar, los comerciantes que poseen la secadora de cacao, la utilizan para continuar con la labor de secado.

El 50% de los comerciantes de cacao construyeron secadoras artificiales, y esto lo atribuyen principalmente a que el edificio en el que están instalados y realizan sus actividades comerciales es de su propiedad y los comerciantes que no tienen secadoras artificiales lo atribuyen a que ellos, utilizan locales alquilados y no se les

permiten hacer ninguna construcción o modificación en la misma, en conclusión la Unidad Secadora de cacao debe ser modular para facilitar la instalación y remoción de la misma, convirtiéndose en la solución para los comerciantes que realizan sus actividades comerciales en locales alquilados.

c. En el proceso artificial las características que debe reunir el sitio donde será instalada la secadora son las que se muestran en la Tabla 9.

CARACTERÍSTICAS	PERSONAS QUE LO POSEEN	PORCENTAJES
Área mínima de 20m ²	3	100%
Ventilación adecuada	3	100%
Almacenamiento seguro de combustible	3	100%

Tabla 9. Características del sitio para la implementación de la Unidad Secadora.

El 100% de los comerciantes encuestados que poseen secadoras coinciden en las características que debe tener el sitio para la implementación de la unidad secadora, en conclusión, se tiene en la Tabla 9 una lista de requisitos previos para la instalación de la Unidad Secadora.

d. El número de personas que son necesarias para realizar el secado en una secadora de cacao según los encuestados se evidencia en la Tabla 10

CENTROS DE ACOPIO	PERSONAS QUE LABORAN
Centro de Acopio 1	5
Centro de Acopio 2	3
Centro de Acopio 4	3

Tabla 10. Personas que laboran en la actividad de secado en los centros de acopio.

En los centros de acopio las personas que laboran allí, no están fijadas en una sola actividad, además de eso realizan otras tareas inherentes al negocio, en conclusión, la disponibilidad del personal está sujeta a varios factores, entre ellos, el estado del clima, en tal forma los comerciantes no pueden realizar planes a mediano o largo plazo, y dejan de enfocarse en su fortaleza, que es hacer negocios, con la propuesta de la Unidad Secadora de cacao, los comerciantes

tendrán más disponibilidad del personal y podrán planificar sus actividades y así lograr la eficacia en las actividades realizadas.

4.3.2. Resultados que obtienen los comerciantes con las prácticas usuales de secado

Con la encuesta realizada se pudo constatar que la mayor parte de los centros de acopio no cuentan con secadoras de cacao, y los que sí la poseen, les son ineficientes. En el análisis de los resultados se pudo obtener información necesaria para dar cumplimiento a los objetivos específicos que ayuden de manera práctica y eficaz a la mejora continua para la labor de secado, los que determinaron los siguientes resultados.

- Los centros de acopio no cuentan con un eficiente proceso de secado, esto indica una de las posibles causas de baja rentabilidad en esta actividad.
- Los centros de acopio no pueden extender el tiempo de almacenamiento del producto debido a la aparición de moho u otras plagas.
- Los centros de acopio que han construido secadoras, no utilizan la tecnología, las técnicas, ni los materiales adecuados para la construcción.

Para determinar los resultados obtenidos mediante las formas de secado que utilizan los centros de acopio se procedió a separar muestras de los granos que ellos consideran con mejor nivel de secado, con la finalidad de evidenciar el resultado de su actividad llevando esas muestras al laboratorio “PROTAL” de la Escuela Superior Politécnica del Litoral “ESPOL”

En la Tabla 11 se muestra los resultados que obtuvieron las muestras en el laboratorio.

CENTRO DE ACOPIO	RESULTADOS DE LABORATORIO
Centro de Acopio 1	6.99% de humedad
Centro de Acopio 2	10.22% de humedad
Centro de Acopio 4	10.26% de humedad
Centro de Acopio 5	10.28% de humedad
Centro de Acopio 6	10.34% de humedad
Centro de Acopio 3	13.03% de humedad

Tabla 11. Resultados de los análisis de humedad en las muestras proporcionas por los centros de acopio.

Los resultados obtenidos en la actividad de secado que habitualmente realizan todos los centros de acopio, no están dentro de los valores sugeridos para un secado óptimo, que está entre el 7 y 8%, estos presentaron una humedad mayor, que está por encima del 10%, a excepción del Centro de Acopio 1 que obtuvo el 6.99% de humedad.

Con estos resultados, se demuestra la necesidad de diseñar una secadora de cacao de acuerdo a las realidades en que realizan el secado del grano los centros de acopio, con el cual puedan llegar al porcentaje idóneo de humedad con bajo costos y en menor tiempo dando como resultado el incremento en la rentabilidad en esta actividad comercial.

CAPITULO V PROPUESTA

5.1. TEMA

En vista de las necesidades detectadas en el sector y aportar con un equipo que ayudará significativamente al desarrollo del sector comercial de la ciudad, se propone el siguiente tema:

“Diseño y construcción de Prototipo de una Unidad Secadora tipo plataforma.”

5.2. FUNDAMENTACIÓN

Algunos Investigadores recomiendan que para no afectar las propiedades organolépticas del cacao, la temperatura del aire no debe superar los 75°C y además que la velocidad de la misma no sobrepase 0.0144 m/s (metros por segundo), pero debido a la implementación de algunas mejoras en el diseño propuesto, permitirá la variación de estos valores ya preestablecidos por otros autores en busca de obtener mejores resultados acordes a la realidad de los comerciantes de la ciudad de Milagro. También aducen que en las pruebas que han realizado con diferentes flujos y temperaturas de aire, no pudieron determinar cuál es el espesor óptimo de secado, pero se dejaron establecidos valores que deberían usarse para hacer otras pruebas y cuyos valores que constan en las tablas que se ha elaborado después de varias pruebas de campo. Estos valores serán nuestro punto de partida para la continuación de nuevas pruebas, pero ahora con la incorporación de un sacudidor en la plataforma donde se alojará la cama de granos, que tiene como función, permitir la libre circulación del aire caliente entre los granos que forman la cama lo que garantizará el secado homogéneo y evitará que los orificios de salida del aire se obstruyan con los granos además se podrá bajar la potencia del ventilador debido a que la caída de

presión que se produce en la cámara de secado (tina de madera) se reducirá, lo que implica una baja, en el consumo eléctrico de la Unidad Secadora.

La construcción de la tina en madera donde se formará la cama de granos (cámara de secado) en la que se va a realizar el secado, como lo recomiendan algunos investigadores, ayudara a retener el calor en el interior de la cama lo que evitará pérdidas de calor favoreciendo al ahorro energético además minimizará la transferencia de calor por conducción que se produciría si la tina se construyera en cualquier tipo de metal, ya que se provocaría que se quemaran los granos que tienen contacto directo con la tina provocando la degradación de la calidad del grano.

Selección del Proceso de Secado

Dentro de los secadores industriales, podemos encontrar la clasificación de acuerdo al proceso de secado y a su principio de funcionamiento.

1. Procesos de secado

- **Natural** (utilizando la radiación solar)
- **Artificial** (utilizando derivados de petróleo como combustible)

2. Principio de funcionamiento

- **Método directo** (secadores por convección).
- **Método indirecto** (secadores por conducción).
- **Por radiación**

Método indirecto.- Mediante este método no se podría efectuar el secado sin quemar la superficie del grano lo que repercutiría en la calidad, este método es ideal para secar granos de menor volumen que el cacao¹⁶.

Por radiación.- Mediante este método que generalmente se utiliza en combinación con los métodos directos o indirectos, no se podría utilizar sin tener que depender de los factores climáticos y consiste en reflejar la luz solar a unos paneles térmicos y estos a su vez transfieren el calor a unas piedras de

¹⁶ TINOCO, Héctor A. - OSPINA, Diana Yormali: *op. Cit.*, p. 61

alto poder calorífico y por medio de un tiro forzado se transfiere el calor por medio de aire caliente al grano a secar, es decir, por convección y debido a la variabilidad del clima, este método no es viable para la aplicación en la ciudad de Milagro.

Método directo.- Mediante este método se transfiere el calor por medio de aire caliente y éste a su vez se calienta por medio de la quema de un combustible derivado del petróleo, en este caso GLP logrando así la total independencia de los factores climáticos y también evitar quemar la superficie del grano.

En consecuencia el proceso de secado a utilizar es **Secado Artificial** con el principio de **Método Directo** que es secado por convección.

5.3. JUSTIFICACIÓN

Es un proyecto diseñado mediante análisis de las condiciones en que se realizan las actividades de secado, lo que garantiza sustentabilidad de la Unidad Secadora por la optimización de los recursos energéticos y será sostenible porque generará a los comerciantes de la ciudad considerables réditos económicos por el uso de la misma, tomando en cuenta que la ciudad de Milagro representa el 6% de la producción de la segunda provincia productora que tiene el 25% de la producción nacional.

El tamaño de la unidad secadora de cacao puede entenderse como la capacidad instalada expresada en kg/día. En esta parte se exponen las dimensiones para el tamaño óptimo de la Unidad Secadora, con los datos que se evidenciaron a través de las visitas técnicas y se determinaron con la encuesta realizada, que se cuenta con un promedio diario de 0.8 toneladas/días de cacao es decir 17qq (quintales) diarios, por consiguiente la oferta que se evidencia condiciona el tamaño de la Unidad Secadora. Esta Unidad es modular en la que sus componentes están dentro del mismo, logrando así que tenga un aspecto compacto con lo que se logra optimizar espacio y también que la misma sea portátil.

Adicionalmente como ya ha sido mencionado, este proyecto contribuiría a la disminución del impacto ambiental debido a las emisiones a la atmósfera que

provocan la quema de combustibles derivados de petróleo, ya que esta propuesta busca la optimización del consumo de recursos energéticos mediante el secado de mayor cantidad de grano con la mayor rapidez que pueda permitir las composiciones físico-químicas para así evitar al máximo alterar las propiedades organolépticas del grano con el menor consumo de combustible.

5.4. OBJETIVOS

5.4.1. Objetivo General

Diseñar y construir una máquina secadora tipo plataforma que optimice los recursos energéticos y también el talento humano, para mejorar la competitividad y de esta manera contribuir al desarrollo del sector comercial de la ciudad de Milagro.

5.4.2. Objetivo Específicos

1. Dimensionar y calcular la capacidad de carga, resistencia, características de los materiales a utilizarse y análisis de costos de construcción de una máquina secadora tipo plataforma.
2. Construir un prototipo a escala con una capacidad de 35 kg.
3. Realizar pruebas para determinar condiciones operacionales (temperatura, caudal y velocidad de aire, agitación) consumo energético y características físico-químicas del grano.

5.5. UBICACIÓN

Toda empresa o negocio formalmente establecido, tiene un domicilio fiscal de conocimiento público y de fácil identificación, lo cual permite a la empresa, que sus clientes puedan llegar a ella fácilmente a adquirir el producto de satisfacción.

Los comerciantes de cacao por lo general tienen el centro de acopio en la zona urbana o casco central, lo que permite a los productores llegar sin contratiempos a comercializar su producto de forma rápida y segura.

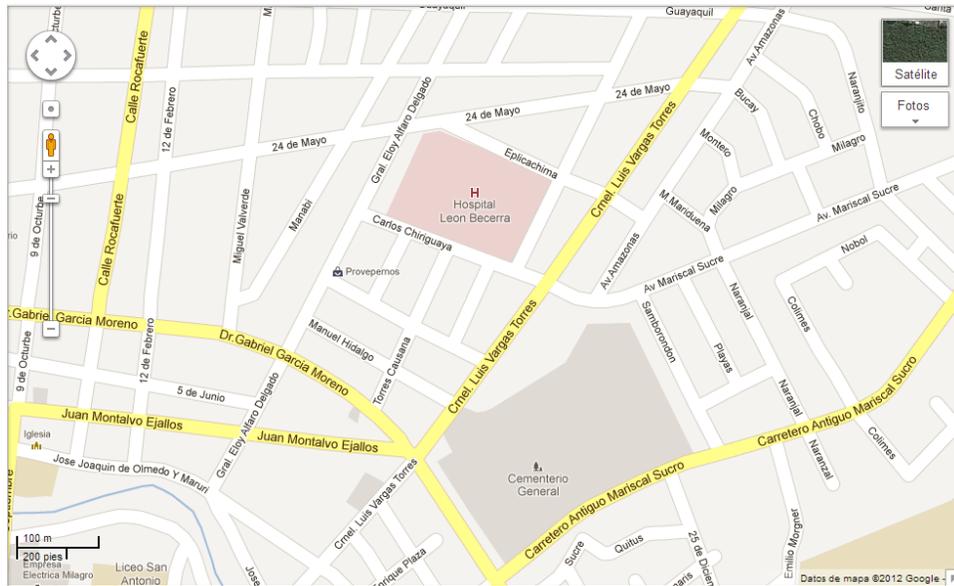


Foto 1. Casco central de la Ciudad de Milagro.

5.6. FACTIBILIDAD

5.6.1. Análisis de factibilidad de la Unidad Secadora

La propuesta de calcular, diseñar y construir un prototipo a escala de una Unidad Secadora de cacao debió ser analizada desde el punto de vista técnico, operativo y financiero a fin de demostrar la factibilidad de la misma.

Para demostrar la factibilidad técnica de la propuesta, se realizará el estudio técnico en el que se presenta el tamaño ideal de la unidad secadora, señalando el consumo energético de la misma. En los siguientes gráficos se muestra el consumo energético de la Unidad Secadora, así mismo, se mostrará detalladamente el proceso de operación, cálculo y diseño, con lo que se demuestra, que el proyecto es factible desde el punto de vista técnico.

A continuación en el gráfico 7 se desprende que, para alcanzar la mayor eficiencia en el consumo de combustible (GLP) se debe utilizar la capacidad máxima de carga de diseño de la máquina. Considerando el consumo a máxima carga es decir 800 kg de cacao con lo cual se consumirá un aproximado de 5 kg de GLP, estos valores podrán variar dependiendo de las condiciones físicas de grano de cacao y de las temperaturas iniciales de ambiente de operación.

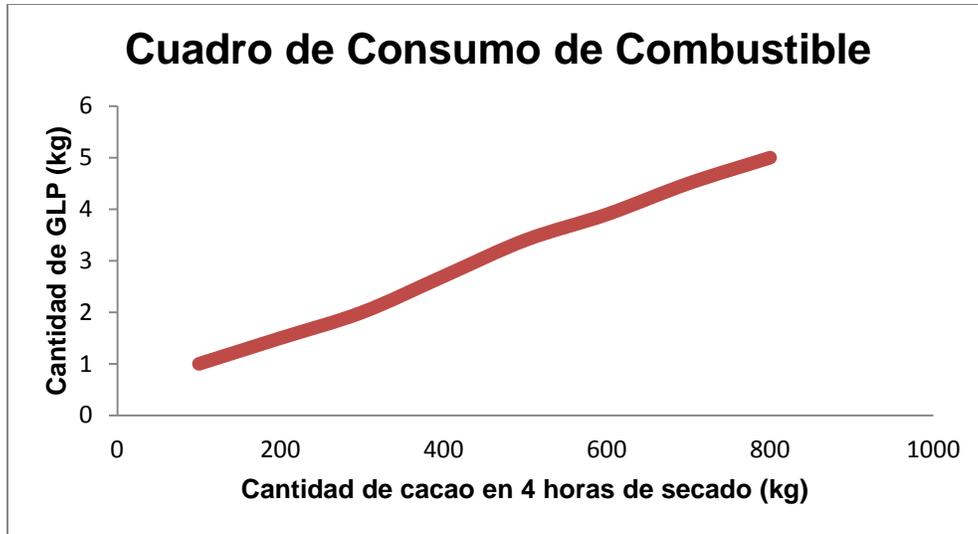


Gráfico 7. Cuadro de consumo de combustible de la unidad secadora propuesta.

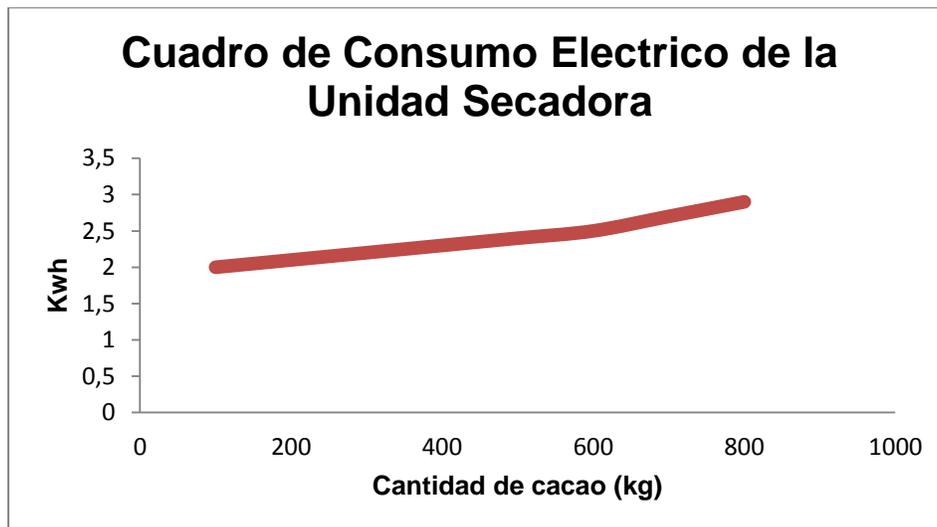


Gráfico 8. Cuadro de consumo eléctrico de la unidad secadora propuesta.

En el Gráfico 8 se desprende que el consumo eléctrico tenderá a una ligera variación cuando la máquina sin carga pase a la máxima capacidad de carga de diseño. Considerando el consumo a máxima carga 800 kg de cacao será el punto de mayor eficiencia de la unidad.

También se implementó la mecanización de las operaciones de mover el grano y vaciar la plataforma, logrando así, reducir el número de personas que normalmente intervienen en esta labor, y que los mismos se puedan dedicar a otras actividades que ayuden al desarrollo del negocio.

Finalmente en el orden financiero, se realizó un estimado del costo que representaría, considerando que, se determinará el costo generado por construir la unidad secadora, en lo que concierne al sistema eléctrico, estructura metálica, la compra de motor y ventilador y los costos que ésta va generar durante la operación de secado.

5.6.2. Dimensionamiento de prototipo

Para demostrar lo antes expuesto acerca de la viabilidad de la propuesta de la unidad secadora de cacao, se construyó un prototipo a escala con una capacidad de 35 kg en donde se realizaron las pruebas de operación de secado, obteniendo en todos los casos, los resultados esperados. El prototipo de la Unidad Secadora propuesta no solo demostró su eficiencia en los resultados, también se evidenció el ahorro energético a lo largo del proceso de secado. El prototipo consta con una capacidad instalada de:

Elemento	Características	Equivalencia en kw
Motor	¾ de hp	0.529 kw
Ventilador	½ de hp	0.330 kw
Total de potencia instalada	1 ¼ hp	0.859 kw

Tabla 12. Potencia de componentes de prototipo.

Potencia Instalada	Horas de Operación	Precio del kw hora
0.859 kw	1 horas	\$ 0.10 kw hora
Total a pagar	\$0.09 por hora de operación	

Tabla 13. Costo monetario por hora de operación del Prototipo.

5.7. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

5.7.1. Actividades

1. Dimensionamiento

Según los datos que se obtuvieron en la encuesta, los centros de acopio recogen un promedio de 0.8 toneladas/día salvo una excepción que a más de ser comerciante también es productor, por esta razón es el alto índice de materia prima.

En consecuencia se toma el promedio y se lo redondea a un número cerrado mayor para así sobredimensionar la unidad secadora, y se procede a calcularla:

Dado que la carga a secar es de 1 tonelada, de cacao húmedo, se procede entonces a calcular el área de plataforma de secado, la capacidad del ventilador y la dimensión del quemador.

Un valor importante a calcular y que depende mucho de la configuración geométrica del grano, es la fracción E, conceptualizando la siguiente ecuación:

$$E = \frac{\text{Volumen de vacios en la cama}}{\text{Volumen total de la cama (vacios y sólidos)}}$$

$$E = \frac{V_v}{V_t} = \frac{V_v}{V_v + V_{sol}}$$

$$V_{sol} = V_t (1 - E)$$

La variable E se la calculó en base al espacio de vacíos que se lo detectó, al llenar un recipiente de un volumen dado lleno de granos de cacao con agua; la cantidad de agua que se pudo introducir entre los granos y el recipiente resulta ser el espacio de vacíos.

$$E = \frac{\text{Volumen de vacios}}{\text{Volumen del recipiente}} = \frac{220\text{cm}^3}{525\text{cm}^3} = 0.41904$$

Además mediante la información de otros autores se tiene que la densidad del cacao húmedo al 60% está en **500kg/m³** aproximadamente.

2. Cálculo de la plataforma de secado

Al secar 1000 kg de cacao se debe calcular primero cuál será el volumen ocupado por esta masa. Tomando en cuenta que el área del secador va a tener la forma de un rectángulo, con un espesor igual a 60 cm, se procede:

$$\text{Volumen de sólido} = \frac{\text{masa a secar}}{\text{densidad de cacao húmedo}}$$

$$V_{\text{sol}} = \frac{1000 \text{ kg}}{500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = \frac{1000 \text{ kg}}{500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$V_{\text{sol}} = 2 \text{ m}^3$$

El volumen de la cama compacta V_c es:

$$V_c = \frac{V_s}{1-E} = \frac{2 \text{ m}^3}{0.58}$$

$$V_c = 3.44 \text{ m}^3$$

El área de la plataforma de secado se puede deducir bajo los siguientes parámetros. La plataforma es de forma rectangular entonces las dimensiones por facilidad de construcción será:

Altura de la cama es de 60 cm es decir 0.6 m

Ancho de la plataforma sea 2 m

Entonces tendremos la siguiente ecuación:

$$V_c = a * b * c$$

$$3.44 \text{ m}^3 = 2 \text{ m} * b * 0.6 \text{ m}$$

$$b = \frac{3.44 \text{ m}^3}{2 \text{ m} * 0.6 \text{ m}}$$

$$b = 3 \text{ m}$$

En consecuencia se tendrán las siguientes dimensiones para secar 1000 kilos de cacao (22 quintales) las dimensiones de la plataforma son las siguientes:

Ancho 2 m

Largo 3 m

Altura 0.6 m

3. Cálculo de la capacidad necesaria del ventilador.

La velocidad del aire debe ser de 0.03 m/s (metros por segundo) este valor está calculado por investigadores y que mediante pruebas determinaron que es la velocidad idónea.

$$Q = 0.03 \frac{\text{m}}{\text{s}} * (2 \text{ m} * 3 \text{ m})$$

$$Q = 0.18 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Trasformado a CFM que es con la unidad con que se trabaja comúnmente tenemos:

$$\begin{aligned} \text{CFM} &= 4.71945 * 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \\ \frac{0.18 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{4.71945 * 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}} &= 0.18 \text{ m}^3/\text{s} \\ &= 400 \text{ CFM (Pies cúbicos por minutos)} \end{aligned}$$

El secador constará de una recámara debajo de la cama de granos de cacao. Ésta recámara está diseñada de tal manera que el aire impulsado por el ventilador sea distribuido uniformemente en toda la cama del grano.

Entonces tenemos que para secar 1000 kg de cacao (22 quintales) con humedad de 60% con un periodo de 4 horas con un espesor de cama de 60 cm se necesitará una unidad secadora tipo plataforma con las siguientes características:

- Dimensiones de la Plataforma

Ancho 2 m

Largo 3 m

Altura 0.6 m

- Temperatura del Aire

75°C

- Caudal del Aire

$$0.18 \text{ m}^3/\text{s} = 400 \text{ CFM (Pies cúbicos por minutos)}$$

4. Dimensionamiento consumo eléctrico de Unidad Secadora

Elemento	Características	Equivalencia en kw
Motor	3 hp	2.237 kw
Ventilador	1 hp	0.745 kw
Total de potencia instalada	4 hp	2.982 kw

Tabla 14. Potencia de componentes de Unidad Secadora.

Potencia Instalada	Consumo Eléctrico	Precio del kw-hora
2.928kw	2.982kw*1hora	\$0.10
Total a pagar	\$0.30 por hora de operación	

Tabla 15. Costo monetario por hora de operación de la Unidad Secadora.

El consumo energético en 4 horas aproximadamente que tarda el proceso de secado en completarse será de \$ 1.20

Si este resultado se lo divide por la capacidad de diseño que es 800kg al 60% de humedad aduciendo esto para fines de cálculo, entonces se tiene que después de secar el cacao se tendrá 320 kg lo que dará como resultado lo siguiente:

$$\frac{\$1.20}{320 \text{ kg}} = \$0.0036 \text{ por kg seco}$$

Es decir que 45.54 kg (1 qq) de cacao costará secarlo alrededor de \$0.17 por quintal seco.

5. Consumo de combustible (GLP)

La unidad secadora constará de un quemador que será el que elevará la temperatura del aire en la cámara de combustión la cual se procederá a calcular mediante la potencia quemada.

Potencia Quemada

$$\text{Pot} = Q * P_c$$

Donde:

$$Pot = Kcal/h$$

$$Q = kg /h$$

$$Pc = Kcal/kg$$

Se requiere para la Unidad Secadora de cacao, la potencia térmica de, 15000 Kcal/h, en consecuencia tendremos que:

$$15000kcal/h = Q * 10830kcal/kg$$

$$\frac{15000kcal/h}{10830kcal/kg} = Q$$

$$Q = 1.3 kg/h$$

El quemador a utilizar será de 1.3 kg/h

5.7.2. RECURSOS, ANÁLISIS FINANCIERO

La implementación del diseño propuesto requiere de inversión en una serie de rubros para la construcción y puesta a trabajar del equipo. El talento humano que se necesita para la operación de la unidad secadora, para cargarla con cacao, secar el mismo y luego descargarla, está proyectado que lo hagan 2 personas.

El consumo energético es bajo esto, comparándolo entre los centros de acopio, que operan actualmente se obtiene por la eficiencia de los componentes instalados que optimizan los recursos energéticos, lo que permitirá cumplir con los objetivos antes planteados. Dado esto, se ha realizado el presupuesto para construcción y costos de operación de la secadora que se detalla a continuación.

PRESUPUESTO DE ESTRUCTURA METÁLICA			
CANTIDAD	DETALLE	PRECIO UNIT.	VALOR TOTAL
1	Ventilador Radial	\$300,00	\$300,00
1	Motor	\$ 400,00	\$400,00
1	Ángulo de 2 * 2 * ¼ Pulg	\$ 30,00	\$30,00
5	Ángulo de 2 * 2 * 1/8 Pulg	\$22,00	\$110,00
4	Ángulo T de 2 1/4*1*1/8 pulgadas	\$15,00	\$60,00
4	Chumaceras de 1pulgada	\$6,00	\$24,00
2	Polea de 8 pulgadas de diámetro	\$15,00	\$30,00
20	Tubo rectangular 2*1* 1/16	\$16,00	\$320,00
3	Canal en U 60mm x 20mm x 2mm	\$15,00	\$45,00
3	Paquete de soldadura 6011 1/8"	\$20,00	\$60,00
2	Bisagra 5/8	\$2,50	\$5,00
3	Correa	\$18,00	\$54,00
3	Platina de 3/4 * 1/8 de espesor	\$4,00	\$12,00
1	Cajón de madera	\$200,00	\$200,00
2	Polea de 3 pulgadas de diámetro	\$6,00	\$12,00
7.5m	Barra redondas de acero al carbono	\$75,00	\$75,00
12	Flejes	\$12,00	\$144,00
12	Pernos de 3/8, tuerca, anillos planos y de presión	\$0,50	\$6,00
6	Pernos 8mm, tuercas, anillos plano y de presión	\$ 0,40	\$2,40
6	Pernos de 1/2, tuercas, anillos planos y presión	\$0,50	\$3,00
20	Pernos de 12mm y tuercas	\$0,50	\$10,00
120	Tornillos para techo	\$0,10	\$ 6,00
4	Plancha de acero al carbono de 0,7 mm	\$25,00	\$100,00
1	Cobertor de tela fieltro	\$50,00	\$50,00
1	Cobertor de lana de roca	\$240,00	\$240,00
20	Servicio de doblado y plegado	\$0,25	\$5,00
1	Mano de obra	\$ 800,00	\$800,00
		Subtotal	\$2883,40
		Gasto adicional	10%
			\$288,34
		Total	\$3171,74

Tabla 16. Presupuesto aproximado para la construcción de la Unidad Secadora.

Diseño de la Unidad Secadora

El diseño de la Unidad Secadora, se plantea en base a los datos obtenidos en la entrevista concedidas por los Centros de Acopio con lo cual se pudo obtener soluciones viables de acuerdo a la realidad que viven al realizar el secado de cacao, además se obtuvieron observaciones por parte de los administradores que sirvieron para mejorar el modelo en el prototipo a escala que fue construido y se realizaron pruebas para comprobar los resultados obtenidos, con los proyectados,

a continuación se muestra una foto del Prototipo ya construido y además los planos con los isométricos el cual fue dimensionado para una capacidad de 35 kg de cacao húmedo.

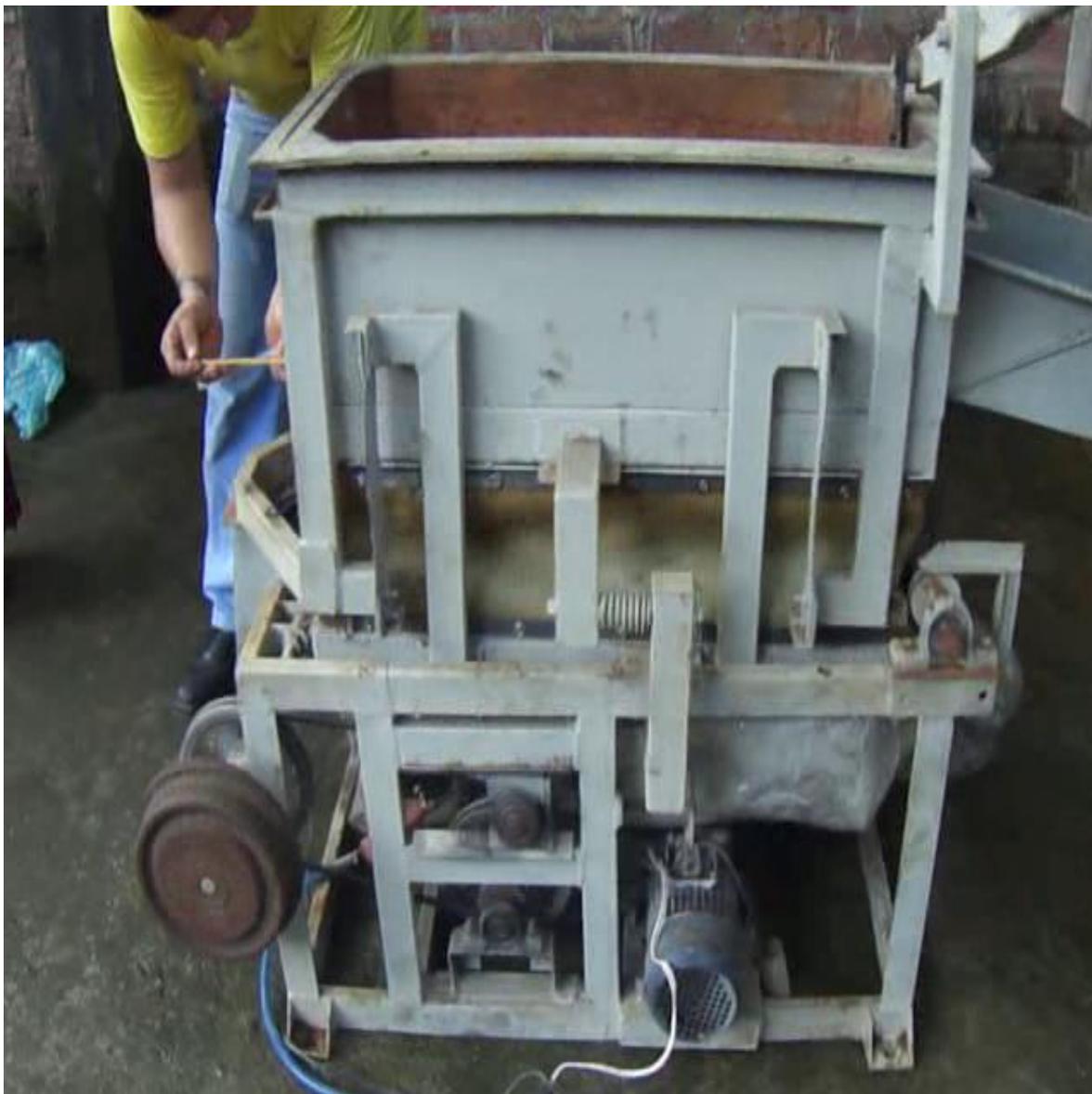
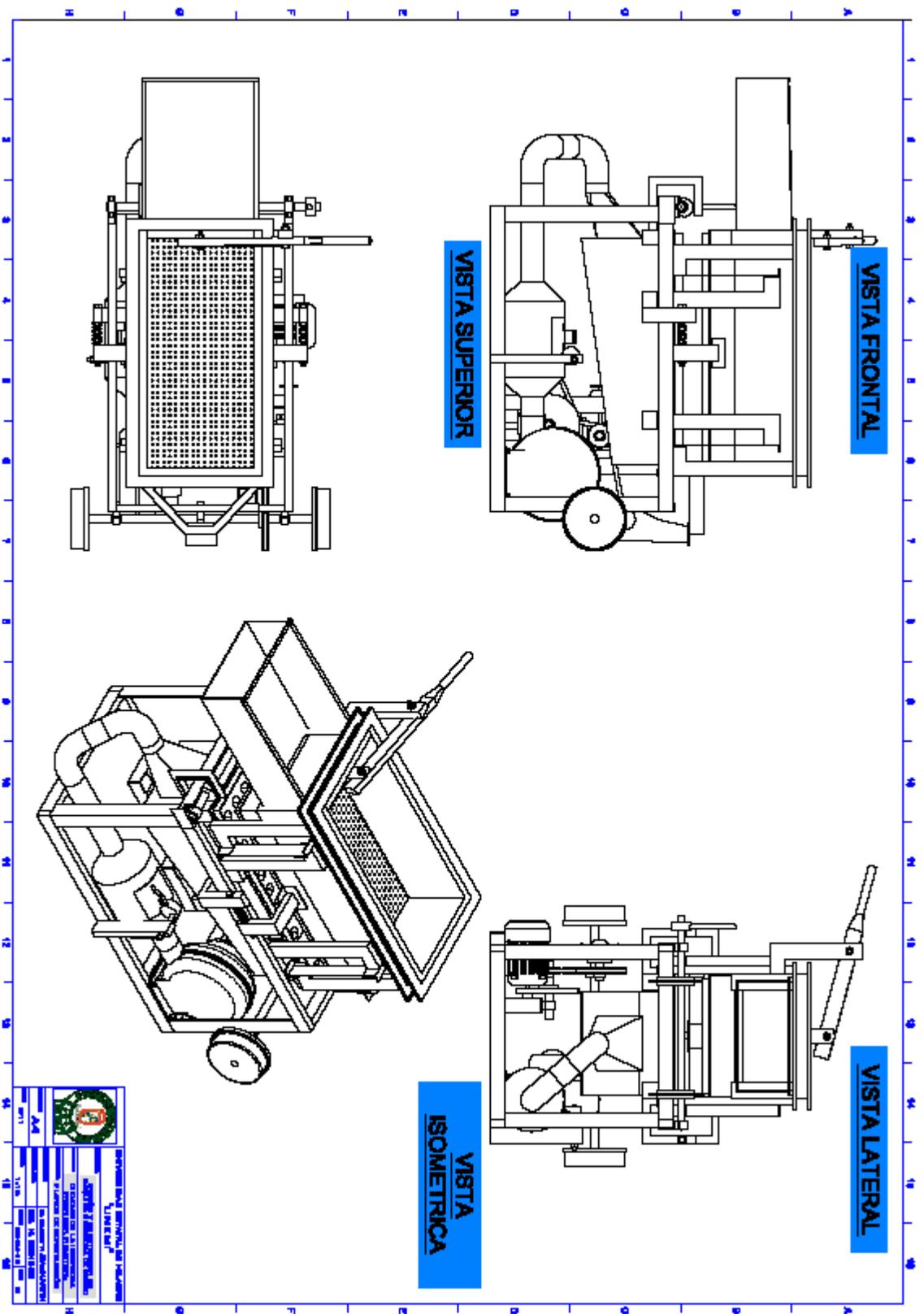


Foto 2. Prototipo de Unidad Secadora.

Planos de Prototipo de la Unidad Secadora

A continuación se muestra el plano del Prototipo en perspectivas con las respectivas vistas.

Los planos complementarios de construcción del Prototipo están en el Anexo 5.



5.7.3. Impacto

Los principales beneficiados serán los comerciantes de cacao de la ciudad de Milagro, con la implementación de este sistema, lograrán optimizar los recursos energéticos como es el combustible derivado de petróleo (GLP), energía eléctrica y también el talento humano que está vinculado en esa labor, además reducirá el tiempo que usualmente se requiere para el proceso de secado dando como resultado la mejora sustancial de la rentabilidad en esta actividad. Desde el punto de vista ambiental, también se produce un impacto significativo, porque se reducirá el consumo de combustible lo significa la reducción de las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

5.7.4. Lineamiento para evaluar la propuesta

Una vez construida la máquina se procederá a la puesta en marcha del equipo, y hacer las pruebas respectivas, se iniciará procesos de control del mismo, con el propósito de comprobar el manejo y funcionamiento adecuado.

Otro aspecto que se dará seguimiento durante las pruebas de funcionamiento serán; los resultados logrados, frente a los problemas que fueron detectados y analizados en el primer capítulo de esta investigación, como son: el alto consumo energético y la baja eficiencia en las secadoras convencionales.

También se analizará si la Unidad Secadora propuesta brinda las facilidades operacionales para las personas y la reducción del tiempo de secado.

El análisis de los aspectos físicos y químicos obtenidos por la unidad secadora lo realizará el laboratorio "PROTAL" de la "ESPOL".

Estos resultados permitirán tomar correctivos inmediatos y lograr que el modelo aplicado cumpla con los resultados para lo cual fue calculado y diseñado.

Resultados obtenidos con el prototipo de la Unidad Secadora

En los ensayos realizados después de la construcción de la Unidad Secadora, en vacío para la verificación de la resistencia de los elementos que lo componen y la

correcta operación de la misma, así como también con carga para comprobar los resultados que se había previstos, para luego confrontar con los resultados obtenidos en las investigaciones que fueron tomadas como referencia mediante el uso de las tablas elaboradas de otros autores que a continuación en la Tabla 18 y 19 se detalla¹⁷.

Prueba referencial 1

Velocidad del aire = 0.28 m/s

Temperatura del aire = 80 °C

Espesor de la cama = 8.3 cm

TIEMPO DE SECADO (min)	HUMEDAD (%)
0	45.81
48	37.20
71	29.19
76	27.24
81	25.55
88	24.33
91	23.58
98	23.32
106	22.55
118	22.03
128	21.23
148	20.41
171	19.47
192	18.30
211	18.88
232	18.07
258	15.15
286	14.20
306	13.58
334	12.91
358	11.57
384	10.89
534	10.54
571	8.81
828	4.90
888	3.31

Tabla 17. Valores a utilizar para confrontar con resultados obtenidos en la Unidad Secadora propuesta.

¹⁷ FIERRO SALAZAR, Manuel Kennedy: *óp. cit.*, pp. 61-65.



Gráfico 9. Representación de la curva de secado en pruebas de secado referenciales.

Prueba referencial 2

Velocidad del aire = 0.28 m/s

Temperatura del aire = 75 °C

Espesor de la cama = 20 cm

TIEMPO DE SECADO (min.)	HUMEDAD (%)
0	49.9
8	48.5
14	45.6
28	44.0
49	41.6
68	36.6
78	36.5
88	34.0
96	30.0
116	25.5
135	23.0
155	16.0
175	15.5
195	13.5
215	12.0
239	10.0
345	9.3
450	7.4

Tabla 18. Valores a utilizar para confrontar con resultados obtenidos en la Unidad Secadora propuesta.



Gráfico 10. Representación de la curva de secado en pruebas de secado referenciales.

En las pruebas realizadas con la unidad secadora propuesta se dieron los resultados esperados superando ampliamente a los resultados enunciados en las Tablas 14 y 15 referente a tiempo, cantidad y calidad, a continuación se expresan los valores obtenidos en las pruebas realizadas.

Primera Etapa de Pruebas

Velocidad del aire = 0.23 m/s

Espesor de la cama = 22 cm.

Vibración de cama = Máxima velocidad

TIEMPO DE SECADO (min.)	PRUEBA 1 70 °C	PRUEBA 2 90 °C	PRUEBA 3 95 °C	PRUEBA 4 85°C	PRUEBA 5 80°C	PRUEBA 6 100°C
	PORCENTAJE DE HUMEDAD					
0	58.7	55.0	55,0	55.0	53,0	55.0
2	53.0	48.5	49,0	48.5	49,3	48.5
10	51.6	45.6	47,0	45.6	45,0	45.6
12	50.0	44.0	45,0	44.0	44,6	44.0
15	49.6	41.6	42,0	41.6	42,0	41.6
20	46.2	40.1	37,5	36.6	37,0	36.6
25	45.0	36.9	37,2	36.5	36,6	36.5
30	40.0	34.6	34,5	34.0	34,8	34.0
35	36.5	32.0	30,5	30.0	31,0	30.0
40	30.4	29.0	26,0	25.5	26,4	25.5
45	29.1	27.0	24,9	23.0	22,9	23.0
50	28.2	25.9	24,5	22.0	22,2	22.0
60	26.1	23.0	22,0	21.5	21,9	21.5
69	24.9	22.1	21,6	21.3	21,1	21.3
75	22.3	21.9	21,3	20.6	20,0	20.6
80	21.9	21.0	20,9	20.5	19,8	20.5
90	19.8	20.5	20,0	20.1	19,2	19.6

Tabla 19. Valores obtenidos de la primera etapa en las pruebas de la Unidad Secadora.

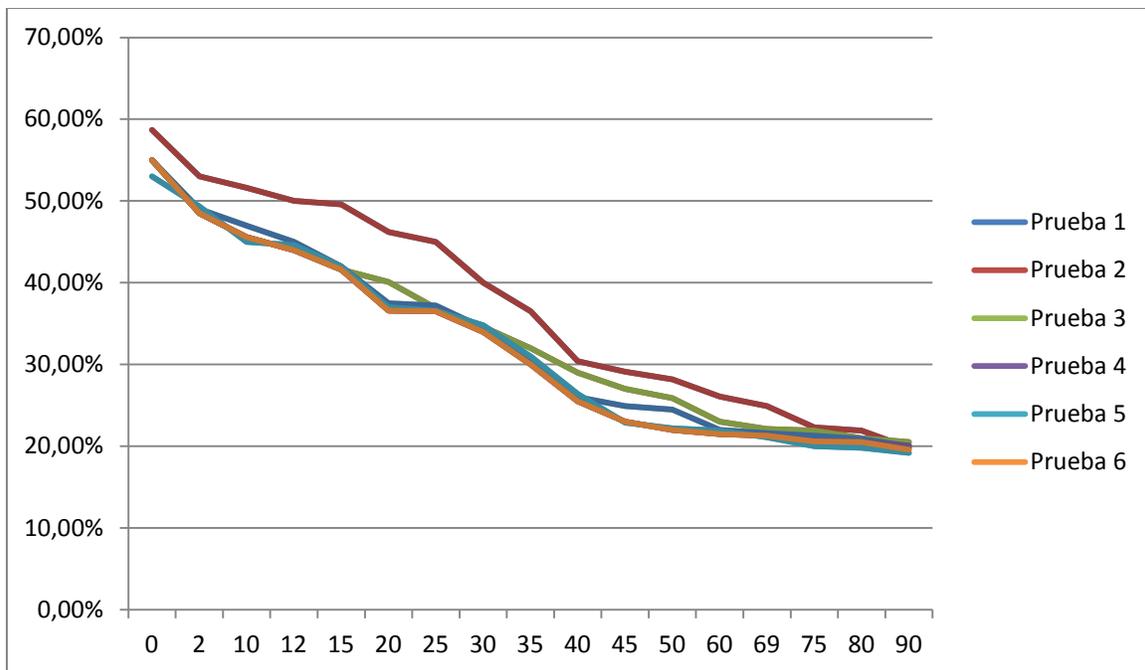


Gráfico 11 Representación de curvas de secado de las pruebas en la Primera Etapa.

Después de realizar las pruebas, se evidenció que la extracción de la humedad no se producía en el mismo grado, tampoco con la misma rapidez con que se venía dando al comienzo del proceso, y esto ocurrió en las 6 pruebas arriba tabuladas.

Los resultados obtenidos después de 90 minutos de operación de secado, estuvieron en alrededor del 20% de humedad, a pesar de variaciones en la temperatura y la velocidad de sacudida, después de haber transcurrido el periodo de tiempo antes mencionado, comenzó a producirse el descascara miento del grano, dando la percepción de que el grano de cacao ya había sido secado por completo, al medir la humedad por medio de operaciones matemáticas en base al peso del volumen que se puso a secar inicialmente, y con el que se tenía luego de transcurrido el minuto 90, se constató que aún no se había llegado a la humedad requerida que va del 7 a 8%, sino que ésta, se mantuvo en las 6 pruebas realizadas, ligeras variaciones desde el minuto 79. Es decir el secado era solo en la parte superficial del grano y la parte interna del mismo, aún contenía humedad.

Luego de todas las pruebas realizadas y de indagaciones e investigar sobre los resultados obtenidos se concluyó que para realizar el secado de forma eficaz ésta, se la debería realizar en 2 intervalos de tiempo de 90 min cada uno, con un

periodo de 24 horas de reposo entre cada intervalo, esto con el fin de que la humedad interna del grano de cacao, brote a la superficie de la misma. A continuación se presenta los resultados obtenidos en el segundo intervalo de las pruebas.

Segunda Etapa de Pruebas

Velocidad del aire = 0.23 m/s

Espesor de la cama = 22 cm

Vibración de cama = Velocidad Media

TIEMPO DE SECADO (min.)	PRUEBA 7 85°C	PRUEBA 8 70°C	PRUEBA 9 60°C	PRUEBA10 70°C	PRUEBA 11 60°C	PRUEBA 12 60°C
	PORCENTAJE DE HUMEDAD					
0	19.8	21.5	20	20.1	20.1	22.6
2	18.9	21.1	19.5	19.5	19.5	21.5
10	17.6	20.6	18.6	19.2	19.2	20.1
12	16.0	19.0	18.0	18.3	18.3	19.0
15	16.0	18.6	17.5	18.1	18.1	18.5
20	15.6	17.6	16.9	17.5	17.8	17.9
25	14.9	17.1	16.1	16.4	16.6	16.5
30	14.3	16.0	15.8	16.0	16.0	15.7
35	14.0	16.3	15.0	15.6	15.7	15.2
40	13.5	15.5	14.6	14.9	14.9	14.4
45	13.1	15.1	14.0	13.6	13.8	14.0
50	13.0	14.6	13.6	13.0	13.2	13.6
60	12.1	13.5	11.5	12.1	12.1	11.5
69	10.3	12.3	10.3	11.3	11.1	10.3
75	9.6	10.6	9.6	10.6	10.6	9.2
80	9.5	9.5	9.5	9.5	9.9	9.0
90	8.3	8.38	8.0	8.13	8.53	8.3

Tabla 20 Valores obtenidos en segunda etapa de prueba en la Unidad Secadora.

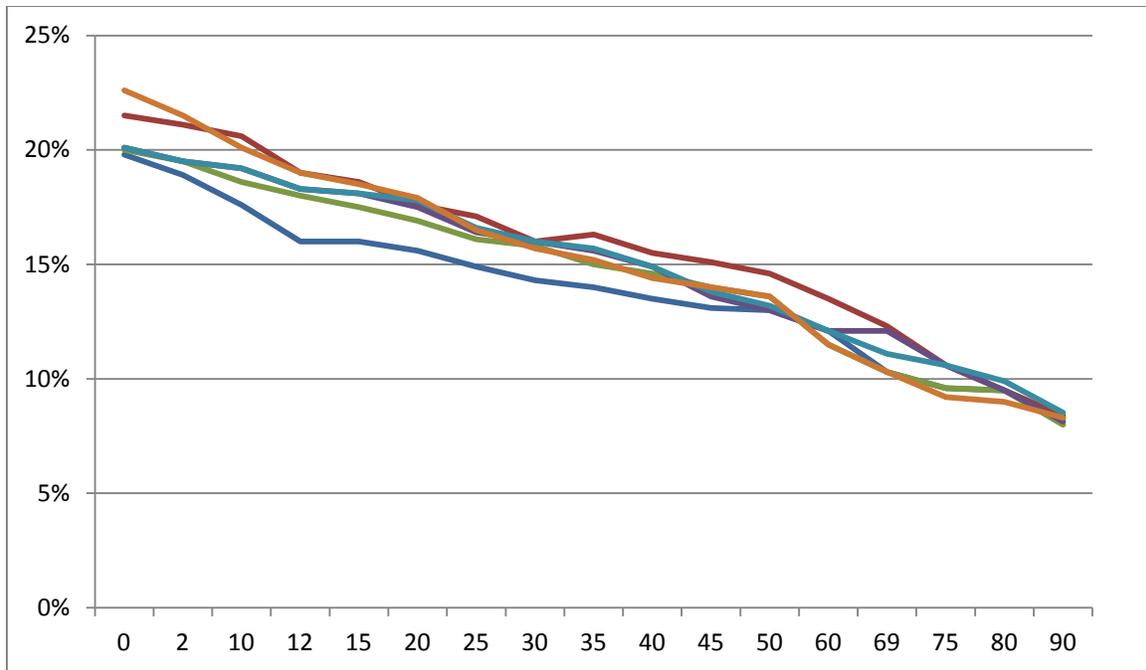


Gráfico 12 Representación de curvas de secado de las pruebas en la Segunda Etapa.

Al iniciar el segundo intervalo de secado, después de transcurrido las 24 horas se evidencio que los granos que se dejaron reposar, presentaban rastros de agua en la superficie, lo que constataba que la humedad interna habría brotado a la superficie como se habría presumido. Al iniciar el segundo intervalo de secado el grano de cacao perdió humedad rápidamente lo que al llegar al minuto 80 según los cálculos de humedad realizados, se habría llegado a la humedad requerida por lo que se decidió apagar la unidad secadora, para luego tomar las muestras para verificar la humedad final en el grano, en el laboratorio de la Escuela Superior Politécnica del Litoral “PROTAL” para así comparar con los resultados obtenidos mediante cálculos.

La fórmula para calcular la humedad es la siguiente:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso de masa inicial} - \text{Peso de masa final}}{\text{Peso de masa inicial}}$$

De los resultados expresados en los gráficos 9 y 10 las pruebas de secado realizadas por otros investigadores se demuestra que se requiere de alrededor de

3 veces más tiempo del que el Prototipo de la Unidad Secadora requirió para secar, eso implica ahorro en el consumo de energía eléctrica y combustible. Además que las curvas de secado son totalmente diferentes con solo haber variado dos variables que son el espesor de la cama de granos y la temperatura.

Como puede apreciarse en los gráficos 11 y 12 en las pruebas realizadas en el Prototipo de la Unidad Secadora se evidencia la estabilidad en las curvas de secado en todas las pruebas de secado realizadas, en la primera y segunda etapa sin que le haya afectado las variaciones en la temperatura que se realizó. En pruebas de secado realizadas por otros investigadores, la otra variable determinante es el espesor de la cama de granos, ya que con variarlo ligeramente, cambiaba drásticamente la curva de secado. En las pruebas realizadas en el Prototipo de la Unidad Secadora propuesta, el espesor de la cama de granos dejó de causar variación en la curva de secado.

Análisis comparativo de la Unidad Secadora

FINALIDAD (¿Qué se resuelve?)	ESTRUCTURA	CONCEPTO DE DISEÑO	USOS FUNCIONES	TECNOLOGÍA
Mejorar los índices de humedad, es decir llegar a la humedad idónea para el almacenamiento y la comercialización del cacao	Utiliza una combinación de materiales en sus distintos componentes, lo que garantiza la eficiencia en el secado del grano.	Propone la racionalización del consumo y también la conservación de las propiedades organolépticas del cacao	En la propuesta de la Unidad secadora con la incorporación de un aditamento se puede secar varios tipos de granos sin ningún inconveniente.	La tecnología con la que fue concebido este prototipo garantiza la sostenibilidad y realiza el proceso de secado de forma semiautomática

Tabla 21 Análisis comparativo de la Unidad Secadora.

Análisis de la inversión en la Unidad Secadora propuesta

En la Tabla 23 se detalla las variables tomadas en cuenta para el cálculo de costos de operación en cada proceso de secado.

Alternativas de secado	Costos por secado de cacao (kg)	Índice de humedad obtenido	Ineficiencia
Secado Natural	\$0.006	13.3%	5.3%
Secado Artificial	\$0.09	10.22%	2.22%
Propuesta	\$0.003	8%	0%

Tabla 22 Variables consideradas para el cálculo de costos de operación.

El costo por la ineficiencia es lo que eleva los costos de operación, debido a la reducción del peso por el alto índice de humedad, expresado de otra manera, es, por cada punto porcentual equivale al precio comercial de la libra (la libra unidad de medida de peso que comúnmente se usa en el mercado local de la ciudad de Milagro) el costo de la libra es de \$ 1 dólar (es el precio que está actualmente en el mercado y con el cual se realizó los cálculos hasta fin de esta investigación y estará sujeto a variaciones de acuerdo al mismo) entonces tendremos que:

Alternativas de secado	Costos por secado de cacao (kg)	Masa a secar (kg)	Costo por capacidad de secado	Costo por la ineficiencia del proceso	Costos total en cada proceso
Sec. Natural	\$0.006	1000	\$ 6	\$116.6	\$122.6
Sec. Artificial	\$0.09	1000	\$ 90	\$48.84	\$138.8
Propuesta	\$0.003	1000	\$ 5	\$ 0	\$ 5

Tabla 23. Costos de operación para cada alternativa.

La inversión aproximada para la construcción de la Unidad Secadora es de \$ 3200 dólares tomando en cuenta que el promedio de producción diario de cacao es de 800kg entonces se tiene, que se obtendrá el retorno de la inversión en 8 semanas de trabajo de la Unidad Secadora comparando con el proceso de secado natural. Y en comparación con el proceso de secado artificial se tiene que el retorno de la inversión será en 6 semanas. En ambos casos con semanas de 6 días laborables.

Con lo arriba detallado queda demostrado la sostenibilidad de la propuesta

CONCLUSIONES

1. La temperatura inicial que se debe utilizar para secar cacao en baba es de 90°C y con máxima velocidad en el sacudidor, por un lapso de 30 minutos luego de transcurrido este tiempo, se bajara la temperatura hasta 60°C y el sacudidor se bajara al 75% de velocidad. Cuando se inicia el proceso de secado con cacao semi-seco la temperatura será de de entre 50 y 60°C, el sacudidor debe estar al 50% de capacidad y esta será constante hasta que el cacao haya llegado a la humedad requerida.
2. La bandeja de secado está construida con madera, entre las razones principales es que no modifica el sabor ni el aroma del grano al momento secarlo, además este actúa como aislante térmico permitiendo que las pérdidas de calor sean mínimas.
3. El tiempo de secado requerido para cacao en baba es de 4 horas (240 minutos) esto en se lo hará en 2 intervalos de tiempo, uno de 90 minutos y otro de 150 minutos y de al menos 24 horas de reposo después del primer intervalo para que la humedad interna brote a la superficie, y si se trata de cacao de semi-seco será de 160 minutos para tener una humedad de entre 7 y 8 % según las condiciones en las que se realice el mismo.
4. En comparación con el tiempo requerido para el proceso de secado natural, utilizando tendales que es alrededor de 7 días si las condiciones climáticas son favorables, se obtendrá una disminución del 71.5 % del tiempo lo que favorecerá a los comerciantes ya que podrán venderlo en menos tiempo, permitiendo contar con recursos económicos más rápidos.
5. El área utilizada por el secador propuesto es de 20 m² en comparación con los 195 m² requeridos por los tendales para secar 800 kg de cacao, se tiene una disminución del 90 % del área antes utilizada.

6. La Unidad Secadora al realizar el secado de forma semiautomática minimizará los riesgos de enfermedades ocupacionales inherentes a esta labor.
7. Se requiere de aproximadamente de \$ 3200 dólares americanos para la construcción de la Unidad Secadora.

RECOMENDACIONES

1. La temperatura de sacado en el segundo intervalo no debe exceder los 60°C ya que al hacerlo, el grano comenzará a descascararse y también correrá el riesgo que aumente la acidez, lo cual deriva a la pérdida de calidad y el no cumplimiento de las normas que la regulan.
2. Se debe tener cuidado con las pérdidas de calor que se pueden producir en las juntas de la cámara de secado, lo cual se recomienda recubrir todas estas zonas con silicona para alta temperatura.
3. Cuando la Unidad Secadora se implemente, se debe guiar con las tablas de pruebas mostradas en el Capítulo V en la sección de Resultados, para poder determinar los tiempos y las características reales del proceso.
4. Se debe utilizar cilindros industriales de GLP para operación de la Unidad Secadora.
5. Para alcanzar mayor eficiencia de la Unidad Secadora se debe incorporar un sistema de control de humedad, velocidad del ventilador y electroválvulas para la automatización de la misma.

BIBLIOGRAFÍA

1. BICKFORD, Jhon H: *American Institute of Steel Construction 8th. Ed.* Chicago. 1987.
2. BRIONES, xc: *Automatización del secador rotativo piloto de cereales* Colombia 2012.
3. F. CASTAÑO F. R. RUBIO M. G. ORTEGA, "Modelado de Secadora Rotatoria en Isocorriente", *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial RIAI*, Vol. 6, N° 4, España, 2009 pp. 32-43.
4. FIERRO SALAZAR, Manuel Kennedy *Diseño térmico de secadora de cacao tipo plataforma*, Tesis de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico, Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador, 1990.
5. GIRALDO ZÚÑIGA, Abraham Damián-AREVALO PINEDO, Aroldo-FERREIRA SILVA, Alessandra-FERREIRA SILVA, Polyana-VALDES SERRA, Juan Carlos & MENESES PAVLAK, "Datos experimentales de la cinética del secado y del modelo matemático para pulpa de cupuacu (*Tehobroma Grandiflorum*) en rodajas", *Ciencia y tecnología de alimentos ISSN 0101-2061*, Brasil, 2010, pp. 179-182.
6. HECTOR Y YORMALI Diana, "Análisis del proceso deshidratación de cacao para la disminución del tiempo de secado" *EIA ISSN*, N°13, Colombia, 2010.
7. INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS. MANUAL DEL CULTIVO DE CACAO. 2DA. ED. ESTACIÓN EXPERIMENTAL TROPICAL PECHELINGUE DEL INIAP. S.E., Ecuador, 1993.
8. MANRIQUE VELADES, José Ángel: *Transferencia De Calor Segunda Edición*, Alfa omega, México, 2005.
9. MOUREIRA POVEDA, Juan Pablo: *Diseño y simulación de un secador de cacao con colectores solares planos mediante convección forzada para una capacidad de 500kg.*, Tesis de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico, Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí, Ecuador, 2006.

10. Oficina Regional de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura para América Latina y el Caribe. *Secado de granos a altas temperaturas*, Santiago, autores, Valdecir Antoninho Dalpasquale, Daniel Antonio Márquez Pereira, Roberto Sinicio, Delly Oliveira Filho, 1991.
11. PARRA ROSERO Pablo-SAAVEDRA Rafael & IPANAQUÉ William”, Modelación y simulación en ambiente ecosimpro de una cámara de secado para cacao”, *Ingenius Revista de Ciencia y Tecnología de la Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador*, Ecuador, 2012, pp.54-60
12. VIGNOTE, Santiago y MARTINES, Isaac. *Tecnología de la madera 3era. Ed.* Barcelona, Mundi-prensa Libros, 2006.
13. www.anecacao.com, Asociación Nacional de Exportadores de Cacao, 21-02-2006. Pagina web consultada: www.anecacao.com/index.php/es/cacao-en-ecuador/historia-del-cacao.html
14. Diario OPINION: *Secadoras de cacao serían las que más gas consumen.* Página web consultada: www.diariopinion.com/local/verArticulo.php?id=58121 28-08-2009
15. SODEPAD *Materiales para una acción educativa en el consumo crítico.* Página web consultada: www.edualter.org/material/consumo/unidad5_4.htm, 10-01-1997
16. FROCAMPO *El cultivo de cacao en el Ecuador.* Pagina web consultada: www.frocampo.com/frocampo.html. 25-04-1994
17. Diario EL COMERCIO. *Ecuador promueve en la ICCO su cacao fino para el mundo.* Página web consultada: www.elcomercio.com/pais/Ecuador-promueve-ICCO-cacao-mundo_0_671333095.html
18. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura FAO. *Quemadores para calentamiento del aire.* Página web consultada: www.fao.org, Calentamiento del aire, Español, 2006.
19. Servicio de información y censo agropecuario del Ministerio de Agricultura y Ganadería SICA. *Cacao y Elaborados* Página web consultada: www.sica.gov.ec, 18-05-2006.

20. Diario EL TELÉGRAFO. *Ecuador exportó \$425.7 millones en cacao en 2012.* Página web consultada: www.telegrafo.com.ec/economia/item/ecuador-exporto-4257-millones-en-cacao-en-2012.html
21. TIENDA DEL CHOCOLATE. *Historia del chocolate.* Página web consultada: www.zchocolat.com/z34/chocolate/chocolate/historia-del-chocolate.asp

ANEXO 1

**Cotización de análisis de humedad de laboratorio
“PROTAL de la ESPOL”.**

 LABORATORIO PROTAL N.- 13-03/0187	<h1>COTIZACIÓN</h1>	Cod. APR-4.4-01-00-01 REV N.- 07 Responsable: Responsable de Marketing y Proyectos
--	---------------------	---

Fecha: 25/03/2013, 10:22 a.m.	Empresa: Sanmartín Fajardo Franklin Mauricio
Lugar: Guayaquil, Ecuador	Dirección: Naranjito Ciudadela Xavier Marcos MZ. 128 S.26
Atención: Sanmartín Fajardo Franklin Mauricio	Teléfono: 0988810361

Datos del producto #1

Producto: Cacao	Tipo de análisis: Control
Detalle: Informe control en: 6 muestras de cacao en grano	Reporte: Informe

Código	Parámetro de análisis	Método	Informe	Control	# Controles	Ficha	Subtotal
	Análisis Físico - Químicos:						
PAR20	Humedad *	AOAC 180.931.04 *	\$11.50	---	0	---	\$11.50

Subtotal unitario: \$11.50
Cantidad de productos: 6
Subtotal x cantidad de productos: \$69.00

<p>* Observaciones: Las Muestras que llegan al Laboratorio después de las 12H00 son consideradas muestras del día siguiente.</p> <p>* Parámetros No Acreditados</p> <p>* Subcontratado</p> <p><small>Se inicia los análisis con el pago del 100% con cheque certificado, transferencia, o depósito sólo en efectivo a la cta cte 11138648 del Bco de Guayaquil o la cta cte 742778-4 del Bco del Pacífico a nombre de ESPOL-TECH E.P. código de ejecución 140399. Informamos que ESPOL-TECH E.P. es una empresa pública para la cual no se refone ningún valor.</small></p>	<p>Subtotal: \$69.00</p> <p>Iva: \$8.28</p> <p>Total: \$77.28</p>
---	--

N° de Telefax: - 2269733, 2269739 Móvil 087344361	E-mail: pposanto@espol.edu.ec
--	--------------------------------------

LABORATORIO PROTAL AGRADECE SU ATENCION Y CONFIANZA, ESTAMOS LISTOS PARA SERVIRLE. Esta oferta tiene validez de 45 días hábiles.	
_____ Firma Autorizada	_____ Firma del Cliente
Vigente desde: 16-02-12	

Laboratorio PROTAL de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, obtiene del Organismo de Acreditación Ecuatoriano OAE la acreditación N° OAE L/E IC 05-001, con un sistema de calidad ISO 17025:2006, para realizar análisis de alimentos.

Para poder brindar nuestros servicios poseemos a su disposición la cotización de los siguientes análisis, esperamos servirle con confianza y la confidencialidad que caracteriza al Laboratorio.

ANEXO 2

Resultados de los análisis de humedad.



Informe: 12-03-0090-M006

GR-4-01-00-01

Datos del cliente

Nombre: Sarmarín Fajardo Franklin Mauricio	Teléfono: 098581035
Dirección: Nonojo Cindocén Xavier Vazros MZ. 128 S.26	

Identificación de la muestra / etiqueta

Nombre: Prototipo de unidad secadora Muestra: 5	Código muestra: 12-03-0090-M006
Marca comercial: S/M	Lote: N/A
Tipo de alimento: Cereales	Fecha elaboración: N/A
Envase: N/A	Fecha recepción: N/A
Conservación: Ambiente Fresco y Seco - Zona Clásica IV	Fecha recepción: 28/03/2013
Fecha análisis: 28/03/2013	Vida útil: N/A
Contenido neto declarado: N/A	
Contenido neto encontrado: N/A	
Presentaciones: N/A	
Condiciones climáticas del ensayo: Temperatura 22.5 °C ± 2.5 °C y Humedad Relativa 55% ± 1.5%	

Análisis Físico - Químico

Ensayos realizados	Unidad	Resultado	Registros	Métodos/Ref.
Humedad *	%	8.30	---	AOAC 18C, 92, 04 *

* Los resultados emitidos corresponden exclusivamente a la muestra proporcionada por el cliente.

Las opiniones / interpretaciones / etc. que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAC.

* Observaciones:

Se realizó el análisis microbiológico solicitado por el cliente.

Los datos bromatológicos se encuentran registrados en el Cuaderno de Vegetales Procesados, Frutas y Derivados N° 14, páginas 2470.

Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAC.

* Representa el Espesante

* Subcontratado

En microbiología los valores expresados como < 1,8, < 2, < 3, y < 10 se estiman en celdas

Los resultados del presente informe son válidos hasta 6 meses a partir de su emisión

Guayaquil, 5 de Abril del 2013.

Dra. Graciela Higuera de Pacheco
Directora General y Gerente Técnica

Ing. María Teresa Aranda
Gerente de Calidad





Informe: 13-03-0090-M001

CCR-4.1-01-0043

Datos del cliente

Nombre: Santarín Fajardo Franklin Mauricio	Teléfono: 0688210961
Dirección: Maritim, Cindociela Xavier Marcos MZ. 138 N.26	

Identificación de la muestra / etiqueta

Nombre: Prototipo de unidad sacarina Muestra 1	Código muestra: 13-03-0090-M001
Marca comercial: N/A	Lote: N/A
Tipo de alimento: Cacao	Fecha elaboración: N/A
Envase: N/A	Fecha expiración: N/A
Conservación: Almacenar fresco y seco - Zona Climática IV	Fecha recepción: 28/03/2013
Fecha análisis: 28/03/2013	Vida útil: N/A
Contenido neto declarado: N/A	
Contenido neto encontrado: N/R	
Presentaciones: N/A	
Condiciones climáticas del ensayo: Temperatura 22.5 °C ± 2.5 % y Humedad Relativa 33% ± 13%	

Análisis Físico - Químico

Ensayos realizados	Unidad	Resultado	Requisitos	Métodos Ref.
Humedad *	%	8.30		AOAC 18h 931.01 *

Los resultados e métodos corresponden exclusivamente a la muestra proporcionada por el cliente.

Las opiniones / interpretaciones / etc. que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAF.

* Observaciones:

Se realizó el análisis bromatológico únicamente por el cliente.

Los datos bromatológicos se encuentran registrados en el Cordenio de Vegetales Procesados, Frutas y Derivados N° 14, página 2462.

Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAF.

* Representa el Exponente

* Subcentímetro

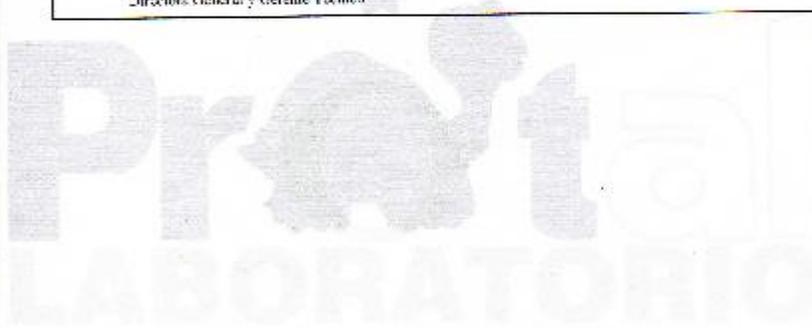
En microbiología los valores expresados como < 1, < 2, < 3, y < 10 se estiman en ausencia.

Los resultados del presente informe son válidos hasta 6 meses a partir de su emisión.

Guayaquil, 5 de Abril del 2013.

Dra. Gloria Buitrago de Pacheco
Directora General y Gerente Técnica

Ing. María Tazúo Aunich
Gerente de Calidad



www.laboratorioportal.espol.edu.ec



Informe: 13-03-0090-M002

GER-4.1-01-00-03

Datos del cliente

Nombre: Sanmarín Fajardo Franklin Mauricio	Teléfono: 0988810301
Dirección: Narajito Ciudadela Xavier Marcos MZ. 128 S.26	

Identificación de la muestra / etiquetas

Nombre: Principio de unidad secadora Muestra 7	Código muestra: 13-03-0090-M002
Marca comercial: S/A	Lote: N/A
Tipo de alimento: Cacao	Fecha elaboración: N/A
Envase: N/A	Fecha expiración: N/A
Conservación: Ambiente fresco y seco - Zona Climática IV	Fecha recepción: 28/03/2013
Fecha análisis: 28/03/2013	Vida útil: N/A
Contenido neto declarado: N/A	
Contenido neto encontrado: N/R	
Presentaciones: N/A	
Condiciones climáticas del ensayo: Temperatura 22.5 °C ± 0.5 °C y Humedad Relativa 55% ± 15%	

Análisis físico - Químico

Ensayos realizados	Unidad	Resultado	Requisitos	Métodos/Ref.
Humedad *	%	8.38	--	AOAC 18th 931.01 *

Los resultados emitidos corresponden exclusivamente a la muestra proporcionada por el cliente.

Las opiniones / interpretaciones / etc. que se indiquen a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAF.

* Observaciones:

Se realizó el análisis bromatológico solicitado por el cliente.

Los datos bromatológicos se encuentran registrados en el Cuaderno de Vegetales Procesados, Frutas y Derivados N° 14, página 7466.

Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAF.

* Representa el Exponente

* Subcentrado

En bromatología los valores reportados como < 1.6, < 2, < 3, y < 10 se estiman como 0.

Los resultados del presente informe son válidos hasta 6 meses a partir de su emisión.

Guayaquil, 5 de Abril del 2013



Dra. Gloria Espinoza de Pacheco
Directora General y Gerente Técnico



Ing. María Teresa Amador
Gerente de Calidad



www.laboratorioprotal.espol.edu.ec

ACCREDITADO SIN LÍMITES DE VALOR

PROTAL

Guayaquil, Ecuador - Calle 10 de Agosto y Avenida 24 de Mayo - Sector Santa Elena

Teléfono: 098 881 0301 / 098 881 0302 / 098 881 0303

Facebook: Laboratorio PROTAL - ESPOL | Twitter: @LaboratorioProtal | LinkedIn: Laboratorio PROTAL-ESPOL



Informe: 13-03-0099-M003

GCR-1-01-00-05

Datos del cliente

Nombre: Seminario Ejecuta Producción Mianzin	Teléfono: 0988810361
Dirección: Naranjo Ciudadela Xavier Miróus RdZ. 128 5.26	

Identificación de la muestra / etiqueta

Nombre: Prototipo de unidad seccion Muestr 3	Código muestra: 13-03-0099-M003
Marca comercial: SPM	Lote: N/A
Tipo de alimento: Cerezo	Fecha elaboración: N/A
Envase: N/A	Fecha expiración: N/A
Conservación: Ambiente Fresco y Seco - Zona Climática IV	Fecha recepción: 28/03/2013
Fecha análisis: 28/03/2013	Vida útil: N/A
Contenido neto declarado: N/A	
Contenido neto encontrado: N/R	
Presentaciones: N/A	
Condiciones climáticas del ensayo: Temperatura 22,5 °C ± 2,5 °C Y Humedad Relativa 50% ± 15%	

Análisis Físico - Químicos

Ensayos realizados	Unidad	Resultado	Requisitos	Métodos/Ref.
Humedad *	%	8,0	---	AOAC 18h 941,04 *

Los resultados obtenidos corresponden exclusivamente a la muestra proporcionada por el cliente.

Las opiniones / Interpretaciones / etc. que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

* Observaciones:

Se realizó el análisis bromatológico solicitado por el cliente.

Los datos bromatológicos se encuentran registrados en el Caudero de Vegetales Procesados, Frutas y Derivados N° 14, página 2467.

Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE

* Representa el Esporante

* Subcentrado

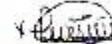
En miembros de los valores expresados como < 1, < 2, < 3, y < 10 se estimó ausencia

Los resultados del presente informe son válidos hasta 6 meses a partir de su emisión

Guayaquil, 5 de Abril del 2013



Dra. Charis Mante de Pacheco
Directora General y Gerente Técnico



Ing. María Teresa Amador
Gerente de Calidad



www.laboratorioprotal.espol.edu.ec

CIENICIENTE: 13-03-0099-M003

Elaborado por: Ing. María Teresa Amador
Revisado por: Ing. María Teresa Amador
Aprobado por: Dra. Charis Mante de Pacheco
Fecha de emisión: 28/03/2013
Laboratorio PROTAL-ESPOL
Guayaquil, Ecuador



Informe: 13-03-0090-M004

GCR - 147-00-05

Datos del cliente

Nombre: Severino Tajardo Francisco Mauricio	Teléfono: 0988810361
Dirección: Naranjo Ciudadela Xavier Muroz MZ. 128 S.26	

Identificación de la muestra / etiqueta

Nombre: Protalpa de unidad sectorial Maestra 4	Código muestra: 13-03-0090-M004
Marca comercial: S-M	Lote: N/A
Tipo de alimento: Cacao	Fecha elaboración: N/A
Envase: N/A	Fecha expiración: N/A
Conservación: Ambiente Fresco y Seco - Zona Climática IV	Fecha recepción: 28/03/2013
Fecha análisis: 28/03/2013	Vida útil: N/A
Contenido neto declarado: N/A	
Contenido neto encontrado: N/R	
Presentación: N/A	
Condiciones climáticas del ensayo: Temperatura 22.5 °C ± 2.5 °C Y Humedad Relativa: 55% ± 15%	

Análisis Físico - Químico

Ensayos realizados	Unidad	Resultado	Requisitos	Métodos/Ref.
Humedad *	%	8.13	---	AOAC 18m 931.04 *

Los resultados emitidos corresponden exclusivamente a la muestra proporcionada por el cliente.

Las opiniones / interpretaciones / etc. que se incluyan a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

* Observaciones:

Se realizó el análisis de humedad solicitado por el cliente.

Los datos fitosanitarios se encuentran registrados en el Censario de Vegetales Procesados, Frutas y Derivados N° 14, página 2468.

Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE.

* Representa el impoente

* Subcometido

En microbiología los valores expresados como 1, 2, 3, y < 10 se estiman ausencia

Los resultados del presente informe son válidos hasta 6 meses a partir de su emisión

Guayaquil, 7 de Abril del 2013


Dra. Gladys Escobar de Pacheco
Directora General y Gerente Técnica


Ing. María Teresa Aranda
Gerente de Calidad





Informe: 12-100140-M002

GCR-11-01-0047

Datos del cliente

Nombre: Samson o Ejaide Franklin Mauricio	Teléfono: 0988810261
Dirección: Naranjal Ciudadela Xavier Marcos MZ 128 N.26	

Identificación de la muestra / etiqueta

Nombre: Comercial Zéngis	Código muestra: 12-100140-M002
Marca comercial: N/A	Lote: N/A
Tipo de alimento: Lente	Fecha elaboración: N/A
Envase: N/A	Fecha expiración: N/A
Conservación: Ambiente Frio y Seco - Zona Climática IV	Fecha recepción: 31/10/2012
Fecha análisis: 01/10/2012	Vida útil: N/A
Contenido neto declarado: N/A	
Contenido neto encontrado: N/A	
Preservaciónes: N/A	
Condiciones climáticas del ensayo: Temperatura 22.5 °C ± 2.5 °C y Humedad Relativa 55% ± 15%	

Análisis Físico - Químico

Ensayo realizado	Unidad	Resultado	Requisitos	Método/Ref.
Humedad *	%	10.34	---	AOAC 9809.01 (4) *

Los resultados emitidos corresponden exclusivamente a la muestra preparada por el cliente.

* Observaciones:

Se realizó el parámetro bromatológico solicitado por el cliente.
Los datos bromatológicos se encuentran registrados en el formato de "Registros Procesados-Frutas y Derivados NP 13" en la página 2386.

* Parámetros No Analizados

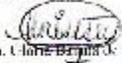
* Representa el Expediente

* Subcontratado

En métricas y/o los valores expresados entre < 1.8, < 2, < 3, y < 10 se estiman ausentes.

Los resultados del presente informe son válidos hasta 6 meses a partir de su emisión.

Guayaquil, 12 de Noviembre del 2012.


Dra. Ulrike Brühl de Paulsen
Directora General y Gerente Técnica


Ing. María Teresa Acevedo
Gerente de Calidad



www.laboratorioprotal.espol.edu.ec



Informe: 12-100140-M003

GC3-4-101-0049

Datos del cliente

Nombre: Sr. Mario Ejarida Frazán Muroto	Teléfono: 0988810261
Dirección: Naranjo Ciudadela Xavier Muroto MZ. 128 S.76	

Identificación de la muestra / etiqueta

Nombre: Seda de Hoja de Vainas	Código muestra: 12-100140-M003
Marca comercial: N/A	Lote: N/A
Tipo de alimento: Cacao	Fecha elaboración: N/A
Envase: N/A	Fecha extracción: N/A
Conservación: Ambiente Fresco y Seco - Zona Climática IV	Fecha recepción: 31/10/2012
Fecha análisis: 31/10/2012	Vida útil: N/A
Contenido neto declarado: N/A	
Contenido neto encontrado: N/A	
Presentaciones: N/A	
Condiciones climáticas del ensayo: Temperatura 22.5 °C ± 2.5 °C y Humedad Relativa 55% ± 15%	

Análisis Físico - Químico

Ensayos realizados	Unidad	Resultado	Requisito	Método Ref.
Umidad *	%	10.76	---	AOAC 8.01.01 *

Los resultados emitidos corresponden exclusivamente a la muestra preparada por el cliente.

*** Observaciones:**

Se realizó el parámetro microbiológico solicitado por el cliente.
Los datos microbiológicos se encuentran registrados en el catálogo de Vegetales Procesados- Frutas y Derivados N° 13 en la página 2587.

* Parámetros No Acreditados:

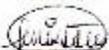
○ Representación Expositiva

○ Subcategorías

En microbiología los valores expresados como < 1, < 2, < 3, y < 10 se estiman así como

Los resultados del presente informe son válidos hasta 6 meses a partir de su emisión

Guayaquil, 12 de Noviembre del 2012.


Dra. Gloria Mejía de Pacheco
Directora General y Docente Titular


Ing. María Teresa Amador
Gerente de Calidad





Informe: 12-100140-M004

Datos del cliente

Nombre: Saramita Feguda Fracalán Mauricio	Teléfono: 058810361
Dirección: Naranjo Ciudadela Xavier Marcos MZ. 128 S.26	

Identificación de la muestra / etiqueta

Nombre: AGROKIN S.A.	Código muestra: 12-100140-M004
Marca comercial: N/A	Lote: N/A
Tipo de alimento: Cacao	Fecha elaboración: N/A
Envase: N/A	Fecha expiración: N/A
Conservación: Ambiente Fresco y Seco - Zona Climática IV	Fecha recepción: 3 / 10 / 2012
Fecha análisis: 31 / 10 / 2012	Vida útil: N/A
Contenido neto declarado: N/A	
Contenido neto encontrado: N/A	
Presentaciones: N/A	
Condiciones climáticas del ensayo: Temperatura: 22.5 °C ± 0.5 °C y Humedad Relativa: 55% ± 1.5%	

Análisis Físico - Químicos

Ensayos realizados	Unidad	Resultado	Requisitos	Métodos Ref.
Humedad *	%	10.22	---	AOAC ISO 921.01 *

Los resultados cuantitativos corresponden exclusivamente a la muestra proporcionada por el cliente.

* Observaciones:

Se realizó el parámetro bromatológico solicitado por el cliente.

Los datos bromatológicos se encuentran registrados en el cuaderno de Vegetales, Processados - Frutas y Derivados N° 13 en la página 2358.

* Prácticas No Acreditadas

> Represente el Exponente

> Subestratado

En microbiología los valores expresados como <1, <2, <3, y <10 se estiman así.

Los resultados del presente informe son válidos hasta 6 meses a partir de su emisión.

Guzayán, 12 de Noviembre del 2012.


Dra. Gilda Beatriz de Pacheco
Directora General y Gerente Técnica


Ing. María Tereza A. Torres
Gerente de Calidad





Informe: 12-100140-M005

OCR 4 - 01-00-0

Datos del cliente

Nombre: Sumaria Paizco Franklin Mauricio	Teléfono: 09888 0351
Dirección: Avenida Ciudadela Xerez Marcos MZ. 128 S.2a	

Identificación de la muestra / etiqueta

Nombre Comercial: Cerezo	Código muestra: 12-100140-M005
Marca comercial: N/A	Lote: N/A
Tipo de alimento: Cerezo	Fecha elaboración: N/A
Envase: N/A	Fecha extracción: N/A
Conservación: Ambiente Fresco y Seco - Zona Climática IV	Fecha recepción: 31/07/12
Fecha análisis: 31/10/2012	Vida útil: N/A
Contenido neto declarado: N/A	
Contenido neto encontrado: N/A	
Presentación: N/A	
Condiciones climáticas de ensayo: Temperatura 22,5 °C ± 2,5 °C Y Humedad Relativa 55% ± 15%	

Análisis Físico - Químico

Ensayos realizados	Unidad	Resultado	Requisitos	Métodos/Ref.
Humedad *	%	6,95	—	AOAC 1985.33.04 *

Todos los métodos analíticos corresponden exclusivamente a la muestra proporcionada por el cliente

* Observaciones:

Se realizó el parámetro bacteriológico solicitado por el cliente.

Los datos bacteriológicos se encuentran registrados en el cuaderno de Registros de Vegetales Procesados: Frutas y Derivados N° 13 en la página 2792.

* Parámetros No Acreditados

☐ Representa el Evidente

☐ Subcuantizado

En microbiología los valores expresados como < 1, < 2, < 3, y < 10 se estiman ausencias

Los resultados del presente informe son válidos hasta 6 meses a partir de su emisión.

Guayaquil, 12 de Noviembre del 2012


Dra. Gloria Espino de Pacheco
Directora General y Gerente Técnica


Ing. María Teresa Amador
Gerente de Calidad

Protal
LABORATORIO

www.laboratorioprotal.espol.edu.ec



Informe: 12-10/0140-M1005

CCR-4.1.01-00.03

Datos del cliente

Nombre: Samartín, Fejardo Francisco Mauricio	Teléfono: 0988810361
Dirección: Naranjo Ciudadela Xavier Marcos MZ. 128 S.26	

Identificación de la muestra / etiqueta

Nombre: Comercio: SANTUR	Código muestra: 12-10/0140-M1005
Marca comercial: N/A	Lote: N/A
Tipo de alimento: Cacao	Fecha elaboración: N/A
Envase: N/A	Fecha expiración: N/A
Conservación: Ambiente Fresco y Seco - Zona Climática IV	Fecha recepción: 31/10/2012
Fecha análisis: 31/10/2012	Vida útil: N/A
Contenido neto declarado: N/A	
Contenido neto encontrado: N/A	
Presentaciones: N/A	
Condiciones climáticas del ensayo: Temperatura 22.5 °C ± 2.5 °C Y Humedad Relativa (RH) = 15%	

Análisis Físico - Químicos

Ensayos realizados	Unidad	Resultado	Requisitos	Métodos/Ref.
Humedad *	%	13.03	--	AOAC 18e: 921.04 *

Los resultados emitidos corresponden exclusivamente a la muestra proporcionada por el cliente.

* Observaciones

Se realizó el procedimiento metodológico solicitado por el cliente.

Los datos bien sintetizados se encuentran registrados en el cuaderno de Vegetales Procesados- Frutos y Derivados N° 13 en la página 2390.

* Parámetros No Acreditados

* Representa el Exponente

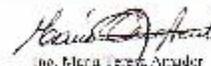
* Subcentrado

En microbiología los valores expresivos como < 1, < 2, < 3, y < 10 se estiman ausentes.

Los resultados del presente informe son válidos hasta 6 meses a partir de su emisión.

Quayquil, 12 de Noviembre del 2012


Dra. Cherie Espinoza de Pacheco
Directora General y Gerente Técnica


Ing. Maira Cerezo Arcaud
Gerente de Calidad

Protal
LABORATORIO

www.laboratorioprotal.espol.edu.ec



GCR-4.140-00-03

Informe: 12-100110-M001

Datos del cliente

Nombre: Semolina Fajada Francisco Muzardo	Teléfono: 0986811364
Dirección: Nanajito Ciudadela Xavier Mucos MZ. 128 S 26	

Identificación de la muestra / etiqueta

Nombre: Comercial Fajate	Código muestra: 12-100110-M001
Marca comercial: N/A	Lote: N/A
Tipo de alimento: Cerezo	Fecha elaboración: N/A
Envase: N/A	Fecha expiración: N/A
Conservación: Ambiente Fresco y Seco - Zona Climática IV	Fecha recepción: 31/10/2012
Fecha análisis: 31/10/2012	Vida útil: N/A
Contenido neto declarado: N/A	
Contenido neto encontrado: N/A	
Presentaciones: N/A	
Condiciones climáticas del ensayo: Temperatura 22,5 °C ± 2,5 °C Y Humedad Relativa 55% ± 15%	

Análisis Físico - Químico

Ensayos realizados	Unidad	Resultado	Requisitos	Métodos/Ref.
Humedad *	%	10,28	---	AOAC 18h 92L04 *

Los resultados emitidos corresponden exclusivamente a la muestra proporcionada por el cliente.

* Observaciones:

Se realizó el primer muestreo solicitado por el cliente.

Los datos bromatológicos se encuentran registrados en el cuaderno de Vegetales Procesados: Frutas y Derivados N° 13 en la página 2345.

** Parámetros No Acreditados:

* Representación: Exponente

** Subcontratado

En análisis biológico las veces expresados como < 1,8, < 2, < 3, y < 4 se señalan ausencia

Los resultados del presente informe son válidos hasta 6 meses a partir de su emisión.

Guayaquil, 12 de Noviembre del 2012.

Dra. Gladys Benítez de Pacheco
Directora General y Gerente Técnico

Ing. María Teresa Amador
Gerente de Calidad



www.laboratorioprotal.espol.edu.ec

ANEXO 3

Formato de oficio para solicitar entrevista.



UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

Oficio n°: 899-OF

Milagro, 4 de octubre de 2012

CENTRO DE ACOPIO

De mis consideraciones:

En calidad de Coordinador de la unidad académica Ciencias de la Ingeniería y a nombre de la UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO, solicito a usted, muy comedidamente, se le permita a nuestros Egresados de la carrera de Ingeniería Industrial, Sr. Franklin San Martín Fajardo y Sr. Henry Gilces Vera, brindarles las facilidades para obtener información técnica sobre el PROCESO DE SECADO DE CACAO que será de mucha importancia para la investigación en su tema de Tesis, "SECADORA DE CACAO" previo a la obtención título de Ingeniero Industrial.

La información suministrada se mantendrá en absoluta reserva, ya que esta investigación tiene como única finalidad aportar con el desarrollo del sector agrícola mediante la implementación de un proceso que optimice el secado.

Agradeciendo su valiosa colaboración con la UNEMI, particularmente con la Carrera de Ingeniería Industrial, me suscribo de Ud.

Atentamente.

Ing. Luis Córdova Martínez
COORDINADOR DE LA UNIDAD ACADÉMICA
CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

www.unemi.edu.ec

Dirección: Cda. Universitaria Km. 1.12 vía Milagro/Km. 28
Commutador: (04) 2974317 - (04) 2970661
Teléfono: (04) 2974319 • E-mail: rectorado@unemi.edu.ec
Milagro - Guayas - Ecuador

Visión
Ser un centro de educación superior que abra oportunidades para el desarrollo integral del país, con estándares globales.

Misión
Formar una institución de Educación Superior abierta a las ciencias del conocimiento humano, que contribuya al progreso del desarrollo humano del país, mediante la formación integral del estudiante, mediante la investigación y la innovación, para transformar el país mediante el conocimiento del 2012-2016 y 2017-2020 del 2016.

ANEXO 4

Cuestionario para levantamiento de información y encuesta.



UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO
UNIDAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

PROYECTO DE INVESTIGACION:

**"ANÁLISIS Y SELECCIÓN DEL PROCESO DE SECADO DE CACAO Y DISEÑO
DE UN PROTOTIPO DE SECADOR."**

OBJETIVO

Levantamiento de información sobre el manejo, secado y comercialización del cacao.

1. ¿Dirección del local comercial?
2. ¿Cuánto tiempo tiene en esta actividad? _____
3. ¿Para la compra de cacao qué requisitos debe reunir el producto para el efecto?
Requisito de prioridad; (3) leve; (2) media; (1) alta.
Grano mohoso () Grano sin fermentar ()
Grano dañado por insectos () Grano mal fermentado ()
Grano dañado por la germinación () Grano infestado con cualquier insecto ()
Grano múltiple o hecho pelota () Grano con impurezas ()
Grano negro () Grano en baba ()
Grano ahumado () Otros ()
Grano plano () _____ ()
Grano quebrado () _____ ()
4. ¿Cómo determinan la humedad en el producto?
 - a. Mediante inspección visual
 - b. Mediante algún instrumento de control de humedad
5. ¿Cuánto cacao compran en promedio a la semana? _____

6. ¿Han determinado cuánto cacao secan en promedio a la semana?

Si No

¿Si su respuesta es SI cuanto es este promedio?

7. ¿Al vender el producto les exigen que el grano tenga algún porcentaje de humedad?

Si No

¿Si su respuesta es SI cuanto es este porcentaje?

8. ¿Cómo sus compradores determinan la humedad?

a. Inspección visual

b. Instrumento de control de humedad

9. ¿Cuál es el método que usted utiliza para secar el cacao?

a. Secado natural (secado al sol en tendales)

b. Secado artificial (gas, carbón, diesel, etc.)

¿Por qué?

10. ¿Si el método que utiliza para secar es el natural indique las características que debe reunir el sitio para realizar dicha labor?

1 _____ 2 _____ 3 _____

11. ¿Cuánto tiempo tienen utilizando este método? _____

12. ¿Cuánto espacio utiliza para realizar el secado en los tendales o explanadas? _____

13. ¿Considera que este espacio es adecuado para el desempeño de sus actividades?

Si No

¿Por qué?

14. ¿Considera usted con la cantidad de espacio con que cuenta es suficiente para realizar dicha labor?

Si No

¿Si su respuesta es NO ha considerado hacer una ampliación del espacio que tiene actualmente?

Si No

Indique las razones

1 _____ 2 _____ 3 _____

15. ¿De que material es construido su explanada de secado?

Hormigón Asfalto Tendal de lona Tendal de yute
Otro

¿Indique el nombre? _____

16. ¿Mediante este método cuantas personas son necesarias para realizar esta labor? _____

17. ¿Para secar el grano cuantos días son necesarios?

- a. Si los días son soleados _____ días
- b. Si los días son nublados _____ días
- c. Si hay una combinación de ambas _____ días

18. ¿Ha determinado cuanto le cuesta a ustedes secar el grano con este método?

Si No

¿Si su respuesta es Si podría especificar en cuanto lo cuantificó? _____

19. ¿Ha determinado la reducción de humedad a la que llega después de considerar que ya está listo para la venta?

Si No

Si su respuesta es si ¿Cómo lo determino?

- a. Con inspección visual
b. Con la ayuda de algún instrumento

¿Si lo hizo con algún instrumento indique el nombre de este? _____

¿A que porcentaje llego? _____

20. ¿Si el método que utiliza para secar es el Artificial indique las características que debe reunir el sitio en donde está instalada la maquina secadora para realizar esta labor?

1 _____ 2 _____ 3 _____

21. ¿Cuánto tiempo tienen utilizando este método? _____

22. ¿Cuántas personas son requeridas para realizar el secado en maquina secadora? _____

23. ¿Cuánto espacio necesita la maquina secadora para realizar dicha labor?

24. ¿La maquina secadora fue construida por:

- a. Ustedes
b. Adquirieron construida

25. ¿Si fue construida por ustedes, la construcción fue mediante algún diseño, es decir con planos de construcción?

Si No

26. ¿Cómo obtuvieron esta información?

- a. Por la comunicación de algún colega suyo
b. Por algún medio de comunicación

¿Indique cual? _____

- c. En el Internet
d. Por las recomendaciones del técnico constructor
e. Otra forma

¿Indique cual? _____

27. ¿De qué material es construido la maquina secadora?
- a. Hormigón
 - b. Madera
 - c. Hierro u otro metal
 - d. Combinación de los anteriores materiales
28. ¿Qué combustible utiliza la secadora?
- a. Gas (GLP)
 - b. Diesel
 - c. Carbón
 - d. Otro combustible (Indique cual) _____
29. ¿Además de combustible esta también requiere de electricidad para su operación?
- Si No
30. ¿Qué capacidad de secado tiene la secadora por carga? _____
31. ¿Ha determinado la reducción de humedad a la que llega después de considerar ya está listo para la venta?
- Si No
- ¿Cómo lo determino?
- a. Con Inspección visual
 - b. Con la ayuda de algun Instrumento
- ¿Indique el nombre de este Instrumento? _____
- ¿A que porcentaje llego? _____
32. ¿Ha determinado cuanto le cuesta a ustedes secar el grano con este método?
- Si No
- ¿Si su respuesta es Si podría especificar en cuanto lo cuantifico? _____

Firma

ANEXO 5

**Planos de construcción del Prototipo de la Unidad
Secadora.**