



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**“ANÁLISIS DE LA CINÉTICA DEL SECADO DE CACAO NACIONAL
ECUATORIANO Y MEJORADO”**

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero
Electromecánico

Autores:

Atiaga Velastegui Jhony Alfonso

Tarco Condor Edison Israel

Tutor:

PhD. Ing. Héctor Luis Laurencio Alfonso

LATACUNGA- ECUADOR

2022



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Nosotros **Atiaga Velastegui Jhony Alfonso**, con cédula de ciudadanía N° **050335479-7** y **Tarco Condor Edison Israel**, con cédula de ciudadanía N° **050325311-4**, estudiantes de la carrera de **Ingeniería Electromecánica** declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “**ANÁLISIS DE LA CINÉTICA DEL SECADO DE CACAO NACIONAL ECUATORIANO Y MEJORADO**” siendo el **Ph.D Ing. Héctor Luis Laurencio Alfonso**, tutor del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Atiaga Velastegui Jhony Alfonso

C.C. 050335479-7

Tarco Condor Edison Israel

C.C. 050325311-4



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título: **“ANÁLISIS DE LA CINÉTICA DEL SECADO DE CACAO NACIONAL ECUATORIANO Y MEJORADO”**, de los ponentes: Atiaga Velastegui Jhony Alfonso y Tarco Condor Edison Israel , de la carrera de INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, agosto 2022

Tutor

PhD. Ing. Héctor Luis Laurencio Alfonso

C.C. 175836725-2



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

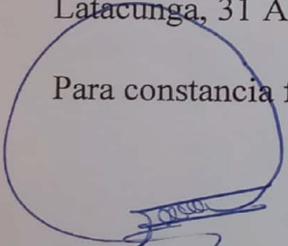
En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: **Atiaga Velastegui Jhony Alfonso con C.C. 050335479-7** y **Tarco Condor Edison Israel con C.C. 050325311-4** con el título de Proyecto de titulación:

“ANÁLISIS DE LA CINÉTICA DEL SECADO DE CACAO NACIONAL ECUATORIANO Y MEJORADO”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

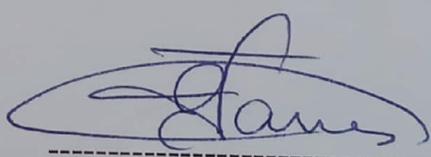
Latacunga, 31 Agosto del 2022

Para constancia firman:



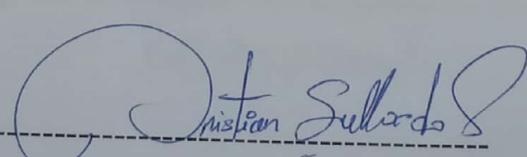
Lector 1 (Presidente)

Msc. Mauro Darío Albarracín Álvarez
C.C: 050311273-0



Lector 2

Ing. PhD. Enrique Torres Tamayo
C.C: 175712194-0



Lector 3

Ing. Ms.C Cristian Gallardo Molina
C.C: 050284769-2



AGRADECIMIENTO

Me gustaría agradecer a mi madre por la oportunidad de estudiar en esta prestigiosa universidad y por su apoyo durante este tiempo.

Honor especial a mi director de tesis PhD. Héctor Luis Laurencio no solo me guio en la elaboración de esta tesis, sino que también me apoyó a lo largo de mi carrera universitaria en el desarrollo profesional y la continuidad de mis valores.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, por haberme brindado tantas oportunidades y enriquecerme en conocimiento.

De manera muy agradecida quiero agradecer a mis amigos y compañeros por su amistad que supera todos los obstáculos que enfrentamos y cada uno de ellos nos ayudó a fortalecer nuestra amistad.

¡Muchas gracias a todos!

Jhony Atiaga Velastegui



DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado.

El presente trabajo está dedicado a mi madre por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida para formarme con valores y respeto.

Jhony Atiaga Velastegui



AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a ti Dios por bendecirme guiarme cada paso, brindarme sabiduría e inteligencia para lograr mis sueños.

A mi Institución “Universidad Técnica de Cotopaxi” por darme la oportunidad de estudiar y ser profesional y a la vez a mis queridos maestros por brindarme sus conocimientos.

Mi Gratitude especial a mis padres y hermanos por apoyarme incondicionalmente moralmente y educarme para ser una buena profesional.

De manera muy especial a mi tutora de Tesis quien fue un pilar fundamental en el desarrollo de la investigación.

Edison Israel Tarco Condor



DEDICATORIA

Esta investigación dedico a ti Dios por darme la sabiduría y guiarme cada paso darme la fuerza suficiente para no rendirme.

A mi hija Romina Tarco mi motivación más grande en mi vida para lograr mi objetivo y ser un profesional.

A mis padres Raúl Tarco y Blanca Córdor quienes me apoyaron moralmente y me brindaron su amor, consejos y educarme con buenos valores y principios para ser una buena profesional.

Edison Israel Tarco Condor



INDICE GENERAL

1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. INTRODUCCION	1
2.1 El problema	2
2.1.1 Situación Problemática	2
2.1.2 Matriz de identificación del problema	2
2.1.3 Formulación de Problema	2
2.2 Objeto y campo de acción.....	3
2.2.1 Objeto de estudio	3
2.2.2 Campo de acción	3
2.3 Beneficiarios	3
2.4 Justificación	3
2.5 Hipótesis	3
2.6 Objetivos	3
2.6.1 General	3
2.6.2 Específicos.....	4
2.7 Sistema de tareas.....	4
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	5
3.1 Antecedentes	5
3.2 Tipos de cacao.....	6
3.2.1 Cacao Nacional	6
3.2.2 Cacao CCN-51	7
3.3 Procesos del cacao	7
3.3.1 Cosecha.....	7
3.3.2 El desgrane.....	7
3.3.3 Proceso de fermentación.....	8
3.3.4 Secado.....	9



3.3.5	Análisis de cinética	10
3.4	Tipos de secado de cacao	11
3.4.1.	Secado del cacao CCN-51	11
3.4.2	Secado natural del cacao CCN-51	11
3.4.3	Secado natural en tendales	12
3.4.4	Secado a la sombra	12
3.4.5	Secador rotatorio	13
3.4.6	Secadores intermitentes	14
3.4.7	Secadoras de cascada	14
3.4.8	Secado Artificial Gas Licuado de Petróleo (GLP).....	15
3.4.9	Secado con ayuda de energía solar	16
3.4.10	Secado Híbrido (GLP y Energía solar)	17
3.4.11	Secado por colección solar	18
3.4.12	Secado de Cacao Cilíndrico Vertical.	18
3.5.	Ventajas y desventajas de los secadores para el cacao	19
3.5.1	Análisis Comparativo de Energía	21
4.	MATERIALES Y MÉTODOS	22
4.1.	Medidor de humedad.....	22
4.2.	Balanza de granos	23
4.3.	Deshidratador de granos de 35 °C – 70°C	24
4.4.	Cinética del Secado	24
4.4.1	Tipos de Modelos Matemáticos de Cacao.	25
4.4.2	Modelos matemáticos cinética del secado de cacao.....	25
4.5	Variable Dependiente.....	26
4.6	Variables Independiente	27
4.7	Metodología de la memoria de cálculo	27
4.7.1	Características Técnicas De Secado.....	27



4.7.2 Propiedades del grano de cacao	28
4.8. Cálculo del Volumen de cacao por cada muestra.....	28
4.8.1 Cálculo de la Masa seca de cacao.....	28
4.8.2 Cálculo de la Masa con la humedad deseada (7%)	29
4.8.3 Cálculo de la Densidad del aire seco en el sitio de estudio	29
4.8.4 Cálculo del Número de Reynolds	30
4.8.5 Cálculo del Número de Nusselt	30
4.8.6 Cálculo del Coeficiente de convección para un flujo de aire perpendicular a la superficie de contacto con el cacao.	30
4.8.7 Cálculo de la Velocidad de secado por unidad de tiempo de manera constante Rc.	31
4.9 Procesamiento de datos de la cinética del secado del cacao	31
4.9.1 Cálculo de la cinética	31
4.9.2 Regresión no lineal	32
4.9.2 Modelo matemático de Page.....	33
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	33
5.1 Resultados de Secado de Cacao Nacional Ecuatoriano	33
5.2 Resultados de Secado de cacao CCN-51.....	38
5.3 Resultado de ajuste de la cinética de secado de cacao Nacional Ecuatoriano	43
5.4 Resultado de ajuste de la cinética de secado de cacao CCN-51	47
5.2 Selección de materiales	52
5.2.1 Temperatura	52
5.3 Resultados del proceso de secado.....	52
6. COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN	53
6.1 Presupuesto.....	53
6.1.1 Costos Directos	53



6.1.2 Costos Indirectos	54
6.2. GASTOS GENERALES	54
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	54
7.1 Conclusiones	54
7.2 Recomendaciones	55
8. BIBLIOGRAFIA	56
9. ANEXOS	60
9.1 Anexo A	60
9.2 Anexo B	93
9.2 Anexo C	94
9.3 Anexo D	95



INDICE DE TABLAS

Tabla 1 : Objetivos de sistema de tareas	4
Tabla 2 : Tiempo de fermentación de cacao [12]......	8
Tabla 3 : Secado Natural Fuente Equipo de Investigación [28]......	19
Tabla 4 : Secado Artificial Natural Fuente Equipo De Investigación [28].	20
Tabla 5 : Tipos de secadores de cacao.....	20
Tabla 6 : Tipos de secadores de cacao.....	21
Tabla 7 : Características de Métodos de Generación de Calor [28]......	22
Tabla 8 : Modelos matemáticos que se utilizan para el ajuste de los diferentes modelos de la cinética del secado.....	25
Tabla 9 : Variable dependiente	27
Tabla 10 : Variables independientes.....	27
Tabla 11 : Condiciones técnicas para el secado.	28
Tabla 12 : Resultado del secado de 40°C.....	33
Tabla 13 : Resultado del secado de 50°C.....	34
Tabla 14 : Resultado del secado de 60°C	35
Tabla 15 : Resultado del secado de 70°C	36
Tabla 16 : Resultado del secado de 40°C.....	38
Tabla 17 : Resultado del secado de 50°C.....	39
Tabla 18 : Resultado del secado de 60°C.....	40
Tabla 19 : Resultado del secado de 70°C.....	41
Tabla 20 : T= 40 °C representa los valores del error con el ajuste.....	43
Tabla 21 : T= 50 °C representa los valores del error con el ajuste.....	44
Tabla 22 : T= 60 °C representa los valores del error con el ajuste.....	45
Tabla 23 : T= 70 °C representa los valores del error con el ajuste.....	46
Tabla 24 : Parámetros de modelo de Page de la cinética del secado de cacao Nacional.	47
Tabla 25 : Resultado del ajuste de 40 °C.....	47
Tabla 26 : Resultado del ajuste de 50 °C.....	48
Tabla 27 : Resultado del ajuste de 60 °C.....	49
Tabla 28 : Resultado del ajuste de 70 °C.....	50
Tabla 29 : Parámetros de modelo de Page de la cinética del secado de cacao CCN-51	51



Tabla 30 : Resultado del dimensionamiento térmico	53
Tabla 31 :Rubros de cinética del cacao	53
Tabla 32 : Rubros de transporte y varios, Fuente Equipo de Investigación	54
Tabla 33 : Gastos Generales, Fuente Equipo de Investigación	54



INDICE DE FIGURAS

Figura 1 : Ubicación del proyecto [2].	5
Figura 2 : Cosecha de cacao [9].	7
Figura 3 : El desgrane [11]	8
Figura 4 : Proceso de fermentación [12].	9
Figura 5 : Secado [13].	10
Figura 6 : Secado natural en tendales [18].	12
Figura 7 : Secado a la sombra [19].	13
Figura 8 : Secador rotatorio [20].	13
Figura 9 : Secadores intermitentes [21].	14
Figura 10 : Secadoras De Cascada [22].	15
Figura 11 : Secado Artificial Gas Licuado De Petróleo (GLP) [23].	15
Figura 12 : Secado de con ayuda de energía solar [24].	16
Figura 13 : Secado Híbrido (GLP y Energía solar) [25].	17
Figura 14 : Secado por colección solar [26].	18
Figura 15 : Secadora de Cacao cilíndrica Vertical [27].	19
Figura 16 : Medidor De Humedad	22
Figura 17 : Balanza De Granos	23
Figura 18 : Deshidratador De Granos 35°C – 70°C [29]	24
Figura 19 : Curvas de secado típica [33].	29
Figura 20 : Diagrama de la cinética del 40% de temperatura y la disminución de humedad.	34
Figura 21 : Diagrama de la cinética del 50% de temperatura y la disminución de humedad.	35
Figura 22 : Diagrama de la cinética del 60% de temperatura y la disminución de humedad.	36
Figura 23 : Diagrama de la cinética del 40% de temperatura y la disminución de humedad.	37
Figura 24 : Análisis Total del diagrama de Cinética Cacao Nacional Ecuatoriano.	37
Figura 25 : Diagrama de la cinética del 40% de temperatura y la disminución de humedad, Fuente Equipo de Investigación.	38
Figura 26 : Diagrama de la cinética del 50% de temperatura y la disminución de humedad.	39
Figura 27 : Diagrama de la cinética del 60% de temperatura y la disminución de humedad.	40
Figura 28 : Diagrama de la cinética del 70% de temperatura y la disminución de humedad.	41
Figura 29 : Análisis Total del diagrama de Cinética Cacao de CCN-51.	42



Figura 30 : Curva de Estimación.....	42
Figura 31 : Se observa el valor de estimación dentro del ajuste con la regresión no lineal con la fórmula de page.	43
Figura 32 : Se observa el valor de estimación dentro del ajuste con la regresión no lineal con la fórmula de page.	44
Figura 33 : Se observa el valor de estimación dentro del ajuste con la regresión no lineal con la fórmula de page.	45
Figura 34 : Se observa el valor de estimación dentro del ajuste con la regresión no lineal con la fórmula de page.	46
Figura 35 : Ajuste del diagrama utilizando la fórmula de Page de Cinética Cacao de Nacional, dar como resultado los valores obtenidos en la gráfica.....	47
Figura 36 : Ajuste del diagrama utilizando la fórmula de Page de Cinética Cacao de CCN-51, de 40 °C	48
Figura 37 : Ajuste del diagrama utilizando la fórmula de Page de Cinética Cacao de CCN-51, de 50 °C	49
Figura 38 : Ajuste del diagrama utilizando la fórmula de Page de Cinética Cacao de CCN-51, de 60 °C	50
Figura 39 : Ajuste del diagrama utilizando la fórmula de Page de Cinética Cacao de CCN-51, de 70 °C.	51
Figura 40 : Ajuste del diagrama utilizando la fórmula de Page de Cinética Cacao de CCN-51, dar como resultado los valores obtenidos en la gráfica.	52
Figura 41 : Medidor De Humedad [35].....	93
Figura 42 : Datos Técnicos.....	93
Figura 43 : Valores De Medida.....	93
Figura 44 : Balanza De Granos	94
Figura 45 : Modo De Uso.....	94
Figura 46 : Resultados	94
Figura 47 : Deshidratador De Granos 35°C – 70°C	95
Figura 48 : Especificaciones Técnicas	95
Figura 49 : Instrucciones De Uso	95
Figura 50 : Instrucción Adicional.....	96



Figura 51 : Tipos De Secado	97
Figura 52 : Horas De Deshidratación.....	97
Figura 53 : Productos De Deshidratación	98



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULO: “ANÁLISIS DE LA CINÉTICA DEL SECADO DE CACAO NACIONAL ECUATORIANO Y MEJORADO”

Autores: Atiaga Velastegui Jhony Alfonso

Tarco Condor Edison Israel

Resumen

La presente propuesta tecnológica se fundamenta en la necesidad de conocer el comportamiento de la cinética de secado del cacao nacional y CCN-51 del Ecuador y de esta forma estimar la relación del contenido de humedad en función de la temperatura y el tiempo de secado. Para el procedimiento se utilizó un deshidratador de granos, marca SWEETESTHOME, con escala de temperatura variable desde 35 °C hasta 70 °C, un medidor de contenido de humedad marca AMTAST y una balanza de precisión marca POCKET, de 0,01g a 500g. Se realizaron mediciones para cuatro regímenes de temperatura desde 40 °C hasta 70 °C con un total de 10 muestras de cacao, con una masa de 42 gramos y contenido de humedad inicial del 50%, el intervalo de tiempo de análisis de las muestras fue de una hora. Los resultados fundamentales muestran el comportamiento decreciente, del contenido de humedad en función del tiempo para ambos tipos de cacao, en el nacional se alcanza un tiempo mínimo de secado de 7 horas y en el mejorado el tiempo de secado fue de 6.5 horas. El contenido de humedad de equilibrio en función de la temperatura mostró un comportamiento decreciente, alcanzando el valor mínimo de 5.4 %, para temperaturas de 70 °C, en el cacao nacional y mejorado. Se establecieron los modelos de ajuste no lineal utilizando el modelo de Page, los valores de los coeficientes del modelo son: $K= 0.2918$, $C= 0.9852$ y $N= 1.1328$, $error= 5252.2416$. El costo total de la investigación fue de 582.95 dólares.

Palabras claves: Contenido de humedad, Cinética de secado, Proceso de deshidratación.



COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY

FACULTY OF ENGINEERING SCIENCES AND APPLIED

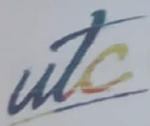
TITLE: “ANALYSIS OF THE KINETICS OF DRYING NATIONAL ECUATORIAN AND IMPROVED COCOA”

Authors: Atiaga Velastegui Jhony Alfonso
Tarco Condor Edison Israel

ABSTRACT

This technological proposal is based on the need to know the behavior of the drying kinetics of national and improved cocoa from Ecuador and thus estimate the relationship of moisture content based on temperature and drying time. For the procedure, a SWEETESTHOME brand grain dehydrator with a variable temperature scale from 35 oC to 70 oC, an AMTAST brand moisture content meter and a POCKET brand precision balance were obtained. It was carried out for four temperature systems from 40 oC to 70 oC with a total of 10 cocoa samples, with a weight of 42 grams and initial moisture content of 50%, the time interval for analyzing the samples was one hour.. The fundamental results show the decreasing behavior of the moisture content as a function of time for both types of cocoa, in the national one a minimum drying time of 7 hours is reached and in the improved one the drying time was 6.5 hours. The equilibrium moisture content as a function of temperature showed a decreasing, behavior reaching the minimum values of 5.4% for temperatures of 70 °C in national cocoa. Non-linear fit models were found using the Page model, the values of the model coefficients are: $K=0.2918$, $C=0.9852$ and $N=1.1328$. The total cost of the investigation was 582.95 Dollars.

KeyWords: *Moisture content, Drying kinetics, Dehydration process.*



UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE
COTOPAXI



CENTRO
DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del trabajo de titulación cuyo título versa: **“ANÁLISIS DE LA CINÉTICA DEL SECADO DE CACAO NACIONAL ECUATORIANO Y MEJORADO.”** presentado por: **Atiaga Velastegui Jhony Alfonso y Tarco Condor Edison Israel**, estudiantes de la Carrera de: **Ingeniería Electromecánica**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, agosto del 2022

Atentamente,

Mg. Marco Beltrán



CENTRO
DE IDIOMAS

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC

CI: 0502666514

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título: Análisis de la cinética del secado de cacao Nacional Ecuatoriano y mejorado

Fecha de inicio: 06/04/2022

Fecha de finalización: 22/08/2022

Lugar de ejecución:

Región: Sierra

Provincia: Cotopaxi

Cantón: Latacunga

Facultad que auspicia: Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.

Carrera que auspicia: Ingeniería en Electromecánica.

Equipo de Trabajo: Atiaga Velastegui Jhony Alfonso

Tarco Condor Edison Israel

PhD. Ing. Héctor Luis Laurencio Alfonso

Área de conocimiento:

07 Ingeniería; Industrial y construcción/ 071 Ingeniería y profesiones Afines/ 0713 Electricidad y Energía.

Línea de investigación:

Energía alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

Sublíneas de investigación de la carrera:

Eficiencia energética en sistemas electromecánicos y uso de fuentes renovables de energía

2. INTRODUCCION

El cacao en sus diversas formas es un producto ampliamente conocido y consumido en todo el mundo. Ecuador es conocido como productor y exportador de cacao aromático de alta calidad, la introducción de variantes genéticas exóticas lamentablemente ha provocado la hibridación natural, por lo que es necesario conservar las propiedades durante las etapas de fermentación y secado. El cacao es una fuente importante, que son sustancias biológicamente activas con una amplia gama de beneficios para la salud humana durante el procesamiento, estas sustancias se pierden en grandes cantidades, lo que reduce su calidad, además de proteger la salud al inicio

de la cadena de suministro, la estandarización de las prácticas de secado de los productores por el desconocimiento en su nivel óptimo de temperatura

2.1 El problema

La problemática de secado es el desconocimiento de la curva en función del tiempo y horas de secado debido a las condiciones climatológicas.

2.1.1 Situación Problemática

En el Ecuador existen dos tipos fundamentales de cacao que son el nacional y mejorado CCN-51, un conflicto en la variedad para el óptimo nivel de secado.

2.1.2 Matriz de identificación del problema

Un diagrama de causa y efecto le permitirá identificar soluciones basadas en los problemas de la lista de problema, causa y efecto, se puede identificar varias soluciones, lo que lleva a una breve idea para la propuesta mostrada en la Figura 1.

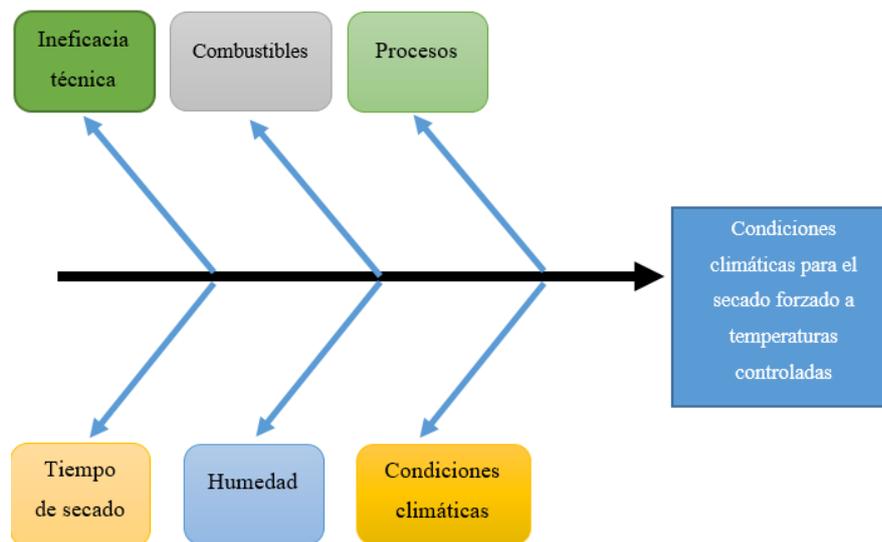


Figura 1: Diagrama Ishikawa, Fuente grupo de investigación

2.1.3 Formulación de Problema

Imprecisión en el proceso de simulación de la cinética del secado de cacao nacional y CCN-51 que permite el análisis de los modelos de comportamiento del contenido de humedad en función del tiempo y la temperatura.

2.2 Objeto y campo de acción

2.2.1 Objeto de estudio

El estudio de la cinética en función de las pérdidas de humedad en función del tiempo al proceso de secado final.

2.2.2 Campo de acción

El estudio conlleva a un proceso de secado de cacao en la cual se enfoca al análisis del proceso mediante la deshidratación a diferentes medidas y variables que se enfoca al estudio planteado.

2.3 Beneficiarios

Se estima que muchas personas se dedican al cultivo de cacao nacional y CCN-51. La cinética de secado establece un margen de calor para el grano. En ese caso, gracias a las pruebas de secado se estimará un valor máximo de temperatura para el secado lo que beneficia a pequeños productores podrán conocer el valor óptimo de calor para el secado.

2.4 Justificación

Se plantea encontrar el nivel óptimo de secado del cacao nacional y mejorado así ayudar en la reducción de temperatura y cocción de la semilla se estima ejecutar desde perspectiva ingeniosas en base a conocimientos electromecánicos [1].

Se tiene planeado el estudio del secado de manera artificial. Tiempo estimado de secado y optimización de la calidad con aroma.

2.5 Hipótesis

Es posible establecer los modelos de secado de cacao mejorado y nacional mediante el análisis del contenido de humedad final en función del tiempo y la temperatura del proceso de secado en régimen controlado.

2.6 Objetivos

2.6.1 General

Establecer los modelos de cinética de secado del cacao mejorado y nacional mediante el análisis del contenido de humedad final en función del tiempo y la temperatura del proceso de secado en régimen controlado.

2.6.2 Específicos

- Analizar los fundamentos teóricos relacionados con el proceso de secado del cacao los cuales servirán de base para el desarrollo del presente proyecto.
- Establecer la metodología que permita el desarrollo de la cinética de secado de cacao en función del contenido de humedad y el tiempo
- Realizar el análisis de resultados de la cinética de secado de cacao nacional y mejorado mediante un diseño de experimentos y el control del régimen de temperatura y tiempo.

2.7 Sistema de tareas

Tabla 1 : Objetivos de sistema de tareas

Objetivo	Tareas por cumplir
Analizar los fundamentos teóricos relacionados con el proceso de secado del cacao los cuales servirán de base para el desarrollo del presente proyecto.	Investigar fuentes bibliográficas y materiales a ocupar para el análisis del secado de cacao.
	Identificar los distintos tipos de materiales, herramientas y equipos que sean indispensables para la realización del proyecto.
Establecer la metodología que permita el desarrollo de la cinética de secado de cacao en función del contenido de humedad y el tiempo	Establecer pruebas del secado de cacao a diferentes niveles de temperatura.
	Verificar datos en tablas para el proceso de sacado.
	Proceso de secado de caco con los diferentes niveles de temperatura.
Realizar el análisis de resultados de la cinética de secado de cacao nacional y mejorado mediante un diseño de experimentos y el control del régimen de temperatura y tiempo.	Adquirir los materiales y el equipo adecuado para realizar las pruebas de cinética de secado de caco.
	Realizar los procesos de secado a distintas temperaturas.
	Realizar varias pruebas para la obtención del secado final
	Verificar el producto a las condiciones forzadas.

Fuente: Grupo de Investigadores

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1 Antecedentes

Ubicación: El proyecto se desarrollará en la Universidad Técnica de Cotopaxi, ubicada en la Parroquia Eloy Alfaro en el Barrio Ejido, Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga.

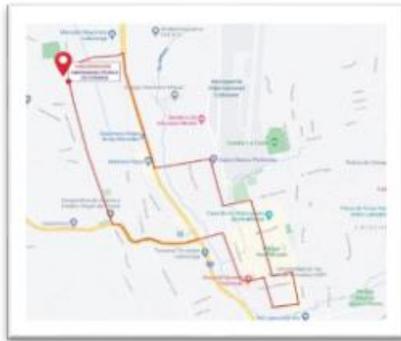


Figura 1 : Ubicación del proyecto [2].

Historia: La cultura del cacao en Ecuador es antigua, se sabe que, a la llegada de los españoles en la costa del Pacífico, ya se observaban grandes árboles de cacao que demostraban el conocimiento y la utilización de esta especie en la región costera, antes de la llegada de los europeos[2].

En el Ecuador actual se cultivan algunos tipos de cacao, pero la variedad conocida como NACIONAL es la más buscada entre los fabricantes de chocolate, por la calidad de sus granos y la finura de su aroma [2].

Sin embargo, la llegada de enfermedades severas como la monoliosis (monilla) o la escoba de bruja, hace unos 100 años, engendró la introducción masiva de cacao extranjero, proveniente particularmente de Venezuela [2].

Estos cacaos se cruzaron con variedades locales, dando como resultado híbridos fuertes y productivos, pero con frutas menos aromáticas que las variedades originales. Se pensó entonces que se debería poder encontrar los representantes de esta variedad ancestral, que se estaba paulatinamente perdiendo en el proceso de hibridación y poder así volver a recrear las variedades productivas con un gusto equivalente a la variedad nativa Nacional [2].

Ecuador es el cuarto producto de cacao en el mundo, con un incremento de 110% en los últimos 10 años, y la cadena de valor beneficia a más de 6000.000 hogares. El 65% de la producción de cacao aromático de alta calidad proviene de Ecuador, el origen del chocolate y totalmente rastreable al perfil de sabor único en el mundo, que difiere en cada una de las regiones de producción del país [3].

Se seleccionaron 233 muestras de cacao de 55 países productores de cacao diferentes entre los 50 principales, con Ecuador seleccionados tres veces. Las muestras ecuatorianas que provienen de Esmeraldas, Los Rios y Manabí ocupan los lugares 14,15,16 respectivamente. Como resultado, el cacao ecuatoriano ha sido reconocido una vez más por sus propiedades organolépticas únicas y sabores distintivos, lo que convierte a esta fruta ecuatoriana en una de los chocolate más buscados del mundo [4].

La cámara de Comercio del Mar de Ecuador, CAME, menciona que solo el 1% del cacao en grano producido se convierte en chocolate y alrededor de 3% o 4% se vende como productos semielaborados, aunque esto indica un aumento significativo en el volumen con cada vez más empresas productoras y exportadores de chocolate exitosos. En 2018, la producción alcanzó las 315.000 toneladas y las exportaciones fueron de 680 millones de dólares estadounidenses. Se espera que alcance las 330.000 toneladas este año [5].

3.2 Tipos de cacao

Para el respectivo estudio se analizarán dos tipos de cacao, los cuales son los siguientes:

- Cacao Nacional
- Cacao CCN-51

3.2.1 Cacao Nacional

Es la variedad más común, pero también la más fuerte y productiva. Produce el menor número de semillas aromáticas. Es una planta que los europeos introdujeron en tierras coloniales a principios de siglos XX, cuando la demanda de chocolate creció rápidamente, cultivándose principalmente en: Perú, Ecuador, Colombia, Brasil, Guyana e incluso Venezuela. Asimismo, en Costa de Marfil, Ghana, Camerún y Santo Tome. También hay plantaciones en el sudeste asiático. Este tipo de cacao tiene un fuerte sabor amargo y ligeramente ácido. Tiene un alto contenido de taninos y astringentes y tienen un aroma maravilloso, pero sin irritabilidad ni variedad de sabores. Su producción alcanza el 70% de la producción total mundial [6].

3.2.2 Cacao CCN-51

Cacao CCN51 es de origen ecuatoriano, el 22 de junio del 2005 : fue declarado mediante acuerdo ministerial como un bien de alta productividad, como esta declaratoria el Ministerio de Agricultura brinda apoyo para fomentar la productividad del cacao, comercialización y exportación [7]. Sus mazorcas son rojizas, moradas cuando están tiernas y color rojizo, de color naranja cuando están maduras proceso de cosecha es moderada y resistente a enfermedades para finalizar de alta productividad y calidad[7].

3.3 Procesos del cacao

3.3.1 Cosecha

El cacao en la cosecha de dos veces al año, en los días de verano concernientes a septiembre y diciembre, los días de invierno desde enero a mayo. Actualmente cada hectárea produce más 250 kg de cacao, cantidad que se incrementa anualmente y se espera llegue a un tope de 750 kg anuales en la Figura 2 podemos verificar la cosecha de gran cantidad de cacao para realizar su respectivo procedimiento [8].



Figura 2 : Cosecha de cacao [9].

3.3.2 El desgrane

El desgrane es un gran procedimiento en la Figura 3 se procede el quiebre de la mazorca se realiza comúnmente con machete o con mazos de madera. En ocasiones, previo al quiebre y desgrane, se realiza la actividad de almacenamiento o “aguante” de la mazorca, la cual acelera el proceso de fermentación debido a que la temperatura interior de fruto se eleva rápidamente;

sin embargo, esta práctica puede ocasionar problemas de germinación de las almendras, o bien, pérdida de frutos por contaminación por hongos, generalmente [10].



Figura 3 : El desgrane [11]

3.3.3 Proceso de fermentación

El cacao, después de la cosecha, elimina la pulpa del grano, estimula la muerte del embrión, mejora la forma del grano de cacao y realiza cambios que posteriormente producen el sabor y el aroma del cacao. Entre los métodos a favor del cacao se destaca el método de fermentación en caja de madera. El fermentador triple es un conocido diseño de varias cajas dispuestas en batería, con cierta inclinación o montaje trapezoidal con deflectores desmontables, facilitando la inversión de los terrones de cacao de una caja a otra. Las cajas deben estar protegidas del mal tiempo, especialmente del viento [12].

En la Tabla 2 podemos observar el tiempo de fermentación del cacao; como el cacao nacional tiene una duración de 5 a 7 días normalmente y el cacao CCN-51 de 4 a 6 días duración de menos tiempo para su para la fermentación y como resultado en la Figura 4 podemos verificar como resultado de la fermentación.

Tabla 2 : Tiempo de fermentación de cacao [12].

Tiempo de fermentación del cacao	
Cacao nacional	5 a 7 días
Cacao CCN-51	4 a 6 días

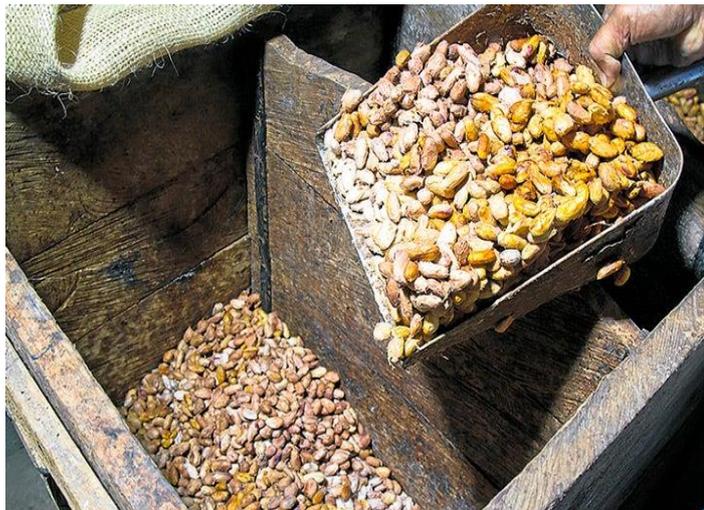


Figura 4 : Proceso de fermentación [12].

3.3.4 Secado

El secado es un paso del procesamiento del cacao en el que se utiliza calor para eliminar el exceso de agua de los granos de cacao y completar el desarrollo del aroma y el sabor del chocolate. Al final de la fermentación del cacao, el contenido de humedad de los granos ronda el 60%, que debe reducirse a un valor cercano al 8% para evitar el deterioro y facilitar el almacenamiento. Es fundamental facilitar el transporte, manipulación, almacenamiento y comercialización de los granos de cacao. Después de la fermentación, el cacao permanece con un contenido de humedad de más o menos el 55 %, pero este debe reducirse a un margen de 6,5 a 7,5 % para garantizar que pueda venderse o almacenarse durante mucho tiempo [13].

El método de secado industrial que se inventó en el mundo utiliza una corriente de aire caliente que se aplica cuidadosamente para no generar contaminación, especialmente humo. Como fuentes de calor se puede utilizar leña, carbón, gasolina, gas natural o electricidad. Con este método, el tiempo de secado puede variar entre 20 y 60°C [14]. En la Figura 5 podemos verificar una gran cantidad de cacao en proceso de secado en grandes bandejas por cantidades determinadas para luego de un tiempo determinado virarles y el secado uniformemente.



Figura 5 : Secado [13].

3.3.5 Análisis de cinética

El propósito de este estudio es utilizar la segunda ley de Fick para analizar la dinámica del proceso de secado del grano de cacao, para lo cual utilizamos granos de cacao con un espesor de $8 \cdot 10^{-3}$ m y un contenido de humedad inicial de aproximadamente 54%. El factor 24 considerado en el diseño experimental fue el método de secado (línea de secado y ambiente), hojas de plátano tratadas a 60°C por 3 horas. Con un nivel de confianza del 95 %, el factor que afectó significativamente el coeficiente de difusión fue el método de secado y procesamiento a 60°C para facilitar la eliminación de la humedad de los granos de cacao procesados. El coeficiente de $2,06 \cdot 10^{-10} \pm 2,50 \cdot 10^{-11}$ m²/s corresponde a un secado en un ambiente de $29,81 \pm 2,60^\circ\text{C}$. Además, no se encontró diferencia significativa en la acidez total de los tratamientos resultantes, por ende, estos resultados sirven de base para determinar las condiciones del secado al ambiente de los granos de cacao dentro de la Asociación de productores de Cacao [15].

La energía cinética depende de dos factores. Uno es la velocidad, por supuesto, y el otro es la calidad. Lo comprobamos día a día. Es más difícil evitar que un objeto en movimiento se mueva. Cuando mayor es la velocidad, mayor será el proceso de la calidad. No es lo mismo detener un tractor en movimiento que detener una bicicleta. En los términos matemáticos, dentro de la energía cinética tenga la igualdad del producto dentro de la masa (m), al cuadrado y la velocidad, (v) dividido por 2. Es decir, $E_c = 0,5 \times (m \cdot v^2)$ [16].

Cuando un objeto cae desde cierta altura, si ignoramos la fricción del aire, lo que sucede es que su energía potencial se convierte en energía cinética, en otras palabras. Cuando inicia la caída su energía cinética es cero y a medida que transcurre el tiempo su energía potencial disminuye

(pierde altura) y esa pérdida de energía potencial es exactamente la energía cinética que va adquiriendo el cuerpo que cae[16].

El proceso matemático, determina la energía y fuerza (E_p), energía cinética (E_c). La simplicidad en el tipo del movimiento, experimenta un objeto dentro de la caída libre, ausencia de aire, es factibilidad de probar la matemáticamente dentro del movimiento y la energía potencial, da a convertirse en movimiento y energía cinética. Esto requiere algunos conceptos básicos sobre cómo definir matemáticamente el movimiento de un cuerpo en caída libre. Estas preguntas deberían ser resueltas fácilmente por cualquier estudiante de secundaria (al menos en teoría). Es el típico ejemplo de que la energía, ni se crea ni se destruye, sólo se transforma [16].

3.4 Tipos de secado de cacao

3.4.1. Secado del cacao CCN-51

El proceso de secado del cacao implica la modificación del contenido de humedad por el sol, esto se denomina secado natural, pero a menudo se eligen diferentes métodos, como el uso de máquinas adecuadas para transportar los granos de cacao, convertir la energía en calor para realizar el secado del cacao. Se llama secado industrial. La humedad óptima o permisible para un buen secado es del 7% si la humedad es menor entonces los granos o habas tienden a romperse fácilmente y si la humedad es alta tienden a pudrirse lo que reduce la calidad del cacao [17].

3.4.2 Secado natural del cacao CCN-51

Este tipo de secado se realiza utilizando energía solar, y cómo operar incluye colocar moléculas de cacao en Seno en los cursos, carreteras o en cualquier otro lugar como la tierra que el fabricante debe ser una ardilla continua, el proceso de secado puede continuar durante un mínimo de 3 A 12 un día, dependiendo de los días soleados, la ventaja es que el uso de energía solar usa energía natural que puede proporcionar dinero, "beneficios" o que ocurren o defectos cuando los agricultores o los productores de cacao son constantemente cautelosos debido a esto porque puede alcanzar insectos u otros contaminantes que pueden causar algunos adultos. El cacao o su pérdida irreversible, y otro estimulante es el tipo de cacao que se ha eliminado como una atmósfera porque siempre hay días soleados. En la Figura 6, podemos notar el proceso de secar la transformación natural, ya que esto se hace en la dirección al sol y con la ayuda de la función.

3.4.3 Secado natural en tendales

Es la forma más sencilla, se le denomina también secado en tendales, ya que es regalo en una base ya sea de madera, piso de cemento, lonas, etc. El secado se da por la acción del sol en grandes espacios, es medio está expuesto a la contaminación al grano[18]. En la Figura 6 El secado natural en tendero se produce cuando el cacao se pone en el suelo ya se en algún espacio o superficie, inclinado para que el producto liquido seco se distribuya uniformemente y se intercambie de energía entre la humedad y el aire en el que se encuentre el producto. Es necesario remover el cacao en cierto tiempo.



Figura 6 : Secado natural en tendales [18].

3.4.4 Secado a la sombra

Este es un método más complicado que los métodos tradicionales, aunque el método de fermentación es sencillo, estos procesos se realizan en cajas de madera cubiertas con hojas de plátano. Más difícil porque no pueden retener el calor que desprenden. Esto puede tomar de 5 a 7 días para que se seque por completo, lo que varía dependiendo de si el cacao se ha agitado o agitado para que se aire[19]. En la Figura 7 observamos una gran cantidad de cacao bajo a unos invernaderos para que se protejan del algunas enfermedades o lluvias.



Figura 7 : Secado a la sombra [19].

3.4.5 Secador rotatorio

El método de secado rotatorio es uno de los métodos ampliamente utilizados en los campos de la industria alimentaria, química y alimentaria, y el método es rápido y de bajo costo en términos de cantidad. En la Figura 8 los secadores rotativos funcionan mediante el flujo de aire caliente que se alimenta corriente abajo. La eficiencia del secador depende principalmente de la diferencia entre las temperaturas del aire entrante y saliente. El tiempo de secado depende de la velocidad de aplicación. Agua desde el centro hasta la superficie del material [20].



Figura 8 : Secador rotatorio [20].

3.4.6 Secadores intermitentes

El secado intermitente es un proceso que no elimina la humedad deseada del producto en una sola pasada, lo que requiere varias pasadas por la secadora para reducir la humedad. Es impresionante saber que hay casos en los que la capacidad del secador disminuye drásticamente con la cantidad de transferencias de productos.

Algunos productos como la Figura 9 en las agrícolas no soportan un secado continuo hasta el contenido de humedad final deseado, sin sufrir daños físicos significativos y sin perder sus propiedades. Este es el caso de frutos secos como el cacao y otros productos que se cosechan con mucha humedad. Estos productos deben secarse de forma intermitente. Los gránulos se colocan en una sección rectangular ubicada en la cámara de secado. El componente principal es el aire saturado que viaja a través del ventilador. El calentamiento del aire se puede lograr con desechos naturales o mediante el uso de gas licuado de petróleo [21].



Figura 9 : Secadores intermitentes [21].

3.4.7 Secadoras de cascada

Los secadores de cascada están de formado por cortinas o canaletas invertidas colocadas en alternativas o cruzadas con una distancia de 0.30 metros en la Figura 10 los gramos de cacao fluyen hacia abajo por acción de la fuerza de gravedad, encima de las canaletas invertidas, este tipo de secado tienen una duración de 30 a 45 minutos o más [22].



Figura 10 : Secadoras De Cascada [22].

3.4.8 Secado Artificial Gas Licuado de Petróleo (GLP)

El secador artificial es aquellos que usan el combustible que surge del aceite (GLP) en la figura 11 es la idea de crear una secadora que genera la necesidad de reducir las grandes áreas que ocupan la secadora naturalmente para regresar al muy pequeño lugar. A su vez, ayuda a secar el producto, debe tener este método si la temperatura es alta, el producto corre el riesgo de perder la naturaleza para reducir la calidad del producto [23].

Este proceso se debe principalmente a la transferencia de temperatura forzada a la carga forzada porque consiste en un ventilador que conduce a una atmósfera que pasa a través del refrigerante, lo que aumenta la temperatura de la habitación y el cacao en la parte superior de la habitación. El secado estará en las escaleras perforadas, donde se distribuirá el aire caliente responsable de realizar la función de secado [23].



Figura 11 : Secado Artificial Gas Licuado De Petróleo (GLP) [23].

3.4.9 Secado con ayuda de energía solar

El uso de secadores solares reduce el tiempo de secado hasta en un 40-60 % en comparación con los métodos de secado tradicionales. Estos resultados son consistentes con los informados por Henry et al. (2013) quienes contaron 11 horas de radiación solar por día durante un período de 5 a 7 días. Al comparar las condiciones de temperatura actuales dentro de la secadora y el ambiente, el valor de la temperatura dentro de la secadora siempre es más alto debido al efecto invernadero, y la mayor diferencia es de 20°C y ocurre después de aproximadamente 4 horas, esto permite un secado más rápido que en un ambiente más seco. La diferencia entre la temperatura interna y la temperatura ambiente es mayor que la diferencia de 13,6 °C, sin embargo, el perfil de temperatura no es constante durante las mismas horas del día, ni durante los días en que se prolonga el proceso de secado. De hecho, la temperatura del secador depende de la radiación solar, no es constante. Dentro de la concierne a la humedad y la relativa del aire y del secado es uno de los factores más importancia para el control de la velocidad y del secado. Cuanto menor sea la humedad relativa, mayor será la capacidad de absorción del aire de secado[24].

A diferencia del secado natural, en la Figura 12 el secado artificial solo busca ayudar a obtener una mejor calidad de secado y reducir diversos inconvenientes, es por eso que con la ayuda de la radiación solar, comúnmente se utilizan sensores para calentar el aire antes de ingresar a la sala de secado, asumiendo que el aire entrante será beneficioso para el proceso ya que entrega más humedad a la salida del secador junto con Juan M Teixeira-Da Silva y Freddy A. Malpica P, confirma que el uso de complejos es un poderoso auxiliar en el secado del cacao [24].



Figura 12 : Secado de con ayuda de energía solar [24].

3.4.10 Secado Híbrido (GLP y Energía solar)

El efecto de secado del proceso “híbrido” aparece el primer día en orden ascendente, debido a que hay un período de incubación durante el cual el alimento se adapta a las condiciones de temperatura, y luego inicialmente pierde menos humedad y conduce a una menor eficiencia. La eficiencia máxima registrada fue del 71 % y luego disminuyó gradualmente el segundo día hasta el 13 % porque el segundo día la humedad residual en el alimento tiene restricción de agua, lo que requiere más energía y tiempo para hacer la evaporación del agua. En cuanto a la eficiencia en la operación “solar indirecta”, se observó que la deshumidificación se realiza lentamente durante 27 horas, lo que equivale a 3,4 días de energía solar; Esta vez se debe a temperaturas entre 35 y 44 grados centígrados. La baja pérdida de humedad con el tiempo da como resultado una eficiencia de secado de alrededor del 20% en promedio, lo que resulta en una mala calidad del producto asociada con el desarrollo, el crecimiento microbiano y un tiempo de secado prolongado [25].

En el proceso de secado de GLP, la eficiencia de secado es mayor que en los dos casos anteriores, debido a que la energía generada por la combustión de GLP proporciona suficiente y continua para mantener la cámara de secado a una temperatura promedio de 55°C, la cual es adecuada para aumentar la velocidad de secado en comparación con los modos de funcionamiento híbrido y solar. Se observa que al secar con GLP como en el híbrido presentan un comportamiento similar en cuanto a velocidad de secado, teniendo intervalos constantes de velocidad de secado con valores de 0.031 y 0.030 (kg agua/kg) respectivamente. kg min) a la humedad. alrededor del 94-44% [25].



Figura 13 : Secado Híbrido (GLP y Energía solar) [25].

3.4.11 Secado por colección solar

Para todas las aplicaciones solares, la parte principal del sistema es el colector, el dispositivo que captura la energía del sol y la convierte en energía útil, ya sea en forma de calorías o electricidad. Para convertir la energía solar en energía eléctrica, en Figura 14 se utiliza una CELDA SOLAR de un material semiconductor, principalmente del tipo silicio. Se utilizan en relojes, ordenadores, incluso en naves espaciales, etc. Solo unos pocos países en el mundo producen celdas solares debido a los requisitos de inversión inicial y la complejidad de la producción. Por otro lado, la energía solar se puede convertir en calor utilizando colectores simples, que se pueden fabricar fácilmente con materiales disponibles en el mercado local [26].



Figura 14 : Secado por colección solar [26].

3.4.12 Secado de Cacao Cilíndrico Vertical.

Este tipo de máquina permite secar el cacao en el menor tiempo posible y se diferencia de las máquinas rectangulares en que trabaja con granos utilizando componentes y mecanismos mecánicos. Su diseño de proceso de secado permite una unidad de alto rendimiento sin cambiar su calidad. La Figura 15 el secador cuenta con: una plataforma especial para el uso del calor, el diseño de montaje de acero inoxidable o acero inoxidable galvanizado, grado alimenticio, opcional; Su temperatura es regulada electrónicamente, y también dispone de salidas para la descarga del producto. Sistema de secado de cacao. Los sistemas que se considerarán para este proceso dependen de calefacción y ventilación[27].



Figura 15 : Secadora de Cacao cilíndrica Vertical [27].

3.5. Ventajas y desventajas de los secadores para el cacao

Después de revisar la literatura, se conocen los diferentes métodos de secado y se deben considerar las ventajas y desventajas para elegir el modelo adecuado para que sea necesario un proceso sin problemas con un secado uniforme y tengamos resultados exitosos de la propuesta.

Tabla 3 : Secado Natural Fuente Equipo de Investigación [28].

Secado natural	
Ventajas	Desventajas
Uniformidad del secado	Necesita una estricta etapa de fermentación
Clasificación inmediata de las semillas de cacao	Riesgo de exposición a contaminantes ambientales
No requiere de fuentes de energía	Mayor tiempo de secado
Mejor control de calidad	Depende del estado meteorológico para realizar el secado
	Efectos fúngicos porque no se alcanza el porcentaje de humedad requerido

Tabla 4 : Secado Artificial Natural Fuente Equipo De Investigación [28].

Secado artificial	
Ventajas	Desventajas
Tiempo de secado mínimo	Utiliza combustibles fósiles
Calidad mejorada en porcentaje de semillas secadas	Costo elevado en su implementación
No depende del estado meteorológico	Levemente contaminante
Etapas de fermentación moderada	No se tiene un control claro y adecuado sobre los factores químicos y físicos en los granos de cacao que les otorgan una mejor calidad.
Opciones en tipos de secadores	

Tabla 5 : Tipos de secadores de cacao

N°	Tipos de secadores de cacao	Características
1	Secador Solar	Proceso técnicamente sencillo
		Muy bajo coste de implementación y mantenimiento
		No Requiere mano de obra especializada
		No hace uso de combustible
2	Secador Rotatorio	Exceso de combustible GLP (gas licuado de petróleo)
		Alto rendimiento de temperatura excesiva.
		Es un secador rotativo de gran tamaño
		Altos costos de implementación
		Temperaturas elevadas
3	Secador de Bandejas	El flujo del aire interno con temperaturas graduales.
		Utilizan bandejas perforadas para el secado.
		Grado medio de automatización para la gestión del aire de circulación interna.
		La producción de productos aumentó.
		circulación de aire forzada
4	Secador con Removedor	Control de temperaturas entre 50 a 60 °C
		Elevado grado de automatización para girar el producto.
		Máquina eficiente para el secado.
		Alto costo de implementación.
		Paletas de remoción.

5	Secador Híbrido	Máquina extremadamente costosa.
		Alta eficiencia de los productos de cacao.
		Seca el cacao produciendo energía con la radiación solar.
		Se ha introducido un colector solar primario.
		La mejor garantía electrónica para un secado rápido.
		alto grado de automatización.
		Circulación forzada de aire..

Tabla 6 :Tipos de secadores de cacao.

		Tipos de secador					
		Secado por energía solar	Secador rotativo	Secador de cascada	Secador intermitente	Secador híbrido	secador cilíndrico vertical
CARACTERÍSTICAS	Uso de energía	2	3	1	3	3	3
	Costo de fabricación	2	2	3	1	1	1
	Costo de operación	1	1	1	1	2	2
	Tiempo de secado	1	2	1	2	3	2
	Mantenimiento	2	1	1	2	2	2
	Total	8	9	7	9	11	10

Ponderación: (1) Malo, (2) Regular, (3) bueno

3.5.1 Análisis Comparativo de Energía

Para un sistema de secado mixto, es necesario determinar los tipos de energía que realizarán las motivaciones necesarias en este proceso, y por esta razón, las ventajas y desventajas de los métodos de energía están grabados. Completo. En los oídos. El medio ambiente en general aprovecha mejor el proceso de secado en este caso.

Tabla 7 : Características de Métodos de Generación de Calor [28].

Método de Energía	Ventajas	Desventajas
Energía Eléctrica	Energía segura	Alto costo de implementación
	Vida útil prolongada	Consumo elevado de energía
GLP	Alto Poder Calorífico	Requiere mantenimiento constante
	Bajo costo	Tendencia de baja disponibilidad
	Costo de implementación moderado	Requiere conocimiento Técnico para combustión óptima
Energía solar obtenida por colectores solares de panel plano	Es fácil y rápido de instalar.	Elementos sensibles
	Amigable con el medio ambiente	Exposición directa a cambios climáticos
	Ahorro de energía en base a derivados de petróleo	

Comprender los diferentes tipos de secado del cacao y resaltar los pros y los contras de los métodos de secado, como el secado natural y artificial, ha llevado a la selección de diseños para lograr geometrías más precisas. Proporcionar características de eficiencia de secado ayudará en el manejo de las variables cubiertas por la propuesta.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Medidor de humedad



Figura 16 : Medidor De Humedad

El controlador de humedad de los granos secos dentro de este dispositivo, permite la medición de 15 tipos de granos diferentes. Este medidor de granos es una herramienta muy útil en molinos, graneros o industrias que manejen granos y leguminosas. Los medidores de humedad de granos ayudan a prevenir el deterioro del grano debido al alto contenido de humedad antes

de que se almacene, procese, compre o venda. Solo se requiere una pequeña muestra para medir el medidor de humedad de grano. El valor de la humedad se mostrará en la pantalla durante un breve período de tiempo. El medidor de humedad del grano se controla mediante 4 botones. El dispositivo se alimenta con una batería de 9 V. Gracias a su tamaño compacto, puede utilizar el medidor de humedad de grano sobre la marcha.

- Sé requiere un volumen de una muestra pequeña.
- Para 15 tipos de cereales posibilidad de ajuste.
- Compensación de temperatura
- Manejo sencillo
- Pantalla LCD

4.2. Balanza de granos



Figura 17 : Balanza De Granos

Evitar la temperatura extrema, los resultados mejores se obtienen a temperaturas de ambiente normales.

Las partes internas de la balanza necesitan 30 minutos de tiempo de precalentamiento a estabilizarse. Mantener una balanza en un lugar limpio y seco.

Es un instrumento de precisión y por ende tienen que ser utilizada con mucho cuidado. El sensor interno puede ser dañado muy fácilmente en caso que la balanza sea manipulada brutalmente. Utilizar la balanza solamente sobre una superficie estable, plana y libre de vibraciones.

Posicionar todos los objetos que se van a pesar con cuidado sobre el plato de la balanza.

4.3. Deshidratador de granos de 35 °C – 70°C



Figura 18 : Deshidratador De Granos 35°C – 70°C [29]

Un deshidratador es un dispositivo que remueve la humedad de los alimentos para ayudar a su preservación por periodos prolongados. Una secadora de alimentos usa una fuente de calor y un flujo de aire para reducir el contenido de agua del alimento. La mayoría de las frutas y vegetales tienen un elevado contenido de agua, que va del 80 al 95% en la mayoría de los casos, además, el deshidratador consiste esencialmente de un elemento de calor, un ventilador y conductos que permiten la circulación del aire, además de las charolas o superficies donde se coloca el alimento. El elemento calefactor del secador de alimentos calienta la comida ocasionando que su humedad se remueva de su interior. El ventilador remueve el aire caliente y húmedo, haciéndolo circular por los conductos de la secadora este proceso normalmente prosigue durante horas, hasta que los alimentos quedan con un contenido de agua substancialmente más bajo, normalmente del orden de 15 a 20 % o aún menos. [29]

4.4. Cinética del Secado

Para determinar la cinética del secado de secado del cacao, primeramente, tenemos que realizar la fermentación se colocan las almendras frescas dentro de cajones por un periodo de 5 a 7 días. El rebozado de almendras debe quedar liso y parejo en altura y tapar el cajón con una hoja de plátano o un saco de yute para retener la humedad y conservar el calor liberado durante la fermentación. Las almendras se secan con un secador de frutas a temperaturas de 40, 50, 60 y 70°C y alrededor de 40% de humedad relativa. El deshidratador utilizado es a escala de laboratorio e incluye: una cámara de secado para bandejas y muestras de bandejas; un sistema de calentamiento de aire proporcionado por un conjunto de resistencias y un sistema de

circulación de aire compuesto por un ventilador y un anemómetro para controlar la velocidad del aire caliente.

Antes del secado, se puso en marcha el deshidratador una hora antes para estabilizar la temperatura a la que se secaron las muestras. Una vez que la temperatura se ha estabilizado, la muestra se coloca en una bandeja y se lleva a la cámara de deshidratación donde comienza el proceso.

Durante el secado, las muestras se retiraron del deshidratador cada 1 h hasta que las muestras alcanzaron el equilibrio dinámico con el aire caliente o hasta que no se observaron cambios en el peso de cada muestra. El peso de las muestras fue de aproximadamente 45 g, la velocidad del aire de secado fue de 1,5 m/s y una humedad relativa del aire variando en 40 y 50 % [15].

4.4.1 Tipos de Modelos Matemáticos de Cacao.

Tabla 8 : Modelos matemáticos que se utilizan para el ajuste de los diferentes modelos de la cinética del secado.

	Nombre	Modelo	Referencia
1	Newton	$MR = \exp(-kt)$	Togrul y Pehlivan (2002)
2	Page	$MR = C \exp(-kt^n)$	Saeed et al. (2006)
3	Henderson	$MR = a \cdot \exp(-kt)$	Saeed et al. (2006)
4	Logarítmico	$MR = a \cdot \exp(-kt) + b$	Akpinar y Bicer (2005)
5	Midilli	$MR = a \cdot \exp(-kt^n) + bt$	Midilli et al. (2002)
6	Dos términos	$MR = a \cdot \exp(-kt) + b \cdot \exp(-gt)$	Lahsasni et al. (2004)
7	Henderson modificado	$MR = a \cdot \exp(-kt) + b \cdot \exp(-gt) + c \cdot \exp(-ht)$	Kaya et al. (2007)
8	Verma	$MR = a \cdot \exp(-kt) + (1 - a) \cdot \exp(-gt)$	Doymaz (2005)
9	Dos términos exponencial	$MR = a \cdot \exp(-kt) + (1 - a) \cdot \exp(-kat)$	Sacilik et al. (2006)
10	Aproximado a la difusión	$MR = a \cdot \exp(-kt) + (1 - a) \cdot \exp(-kbt)$	Wang y Singh (1978)

4.4.2 Modelos matemáticos cinética del secado de cacao

Las curvas de secado obtenidas experimentalmente se obtuvieron utilizando Fick y de Page. El modelo difusiones de Page fue ampliamente utilizado por muchos investigadores en el estudio de secado de alimentos [30].

El modelo de Page fue utilizado considerándose la muestra como una placa plana infinita, difusividad efectiva constante, sin considerar el encogimiento de la muestra y ausencia de cualquier resistencia al transporte de masa[30].

$$\frac{w-w_e}{w_0-w_e} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n-1)^2} \left[- (2n-1)^2 \frac{\pi^2 D_{ef} t}{4L^2} \right] \quad (1)$$

Donde:

$$\frac{w-w_e}{w_0-w_e} = \text{razón de humedad en base seca, adimensional.}$$

w : humedad media en el instante t ; (g/g); w_e : humedad de equilibrio, (g/g); w_0 : humedad inicial (g/g); L : espesor medio de la rodaja o placa (m); D_{ef} : difusividad efectiva, (m² /s); y t : tiempo (s) [30].

El modelo de Page utilizado fue el siguiente

$$\frac{w-w_e}{w_0-w_e} = C \cdot \exp(-k \cdot t^n) \quad (2)$$

dónde: w = humedad media en el instante t (g/g); w_e = humedad de equilibrio (g/g); w_0 = humedad inicial (g/g); y C , K y n = parámetros del modelo [30].

También podemos observar que la dinámica de secado del cacao tiene las mismas características que la mayoría de las frutas tropicales. Se observó que el secado a 50 °C requirió 9.2 h, 60 °C, 8.1 h y 70 °C, 7.3 h para obtener una muestra de cacao con un contenido de humedad de aproximadamente 20%. Se concluyó que la deshidratación a 70 °C sería económicamente más viable, pero se necesitan más estudios para evaluar las posibles pérdidas de nutrientes.

4.5 Variable Dependiente

Las variables dependientes representan la relación de los parámetros de salida en el proceso de cinética de secado.

Tabla 9 : Variable dependiente

Variable	Descripción	Unidad de medida	Técnica	Instrumento
Contenido de humedad	El porcentaje de humedad removida de los granos de cacao durante el secado	Porcentaje %	Medición	Sensor de humedad

4.6 Variables Independiente

VARIABLES QUE INCIDEN DIRECTAMENTE EN EL PROCESO DE ENTRADA DEL SECADO DE CACAO EN RÉGIMEN CONTROLADO.

Tabla 10 : Variables independientes

Variable	Descripción	Unidad de medida	Técnica	Instrumento
Masa a secar	Cantidad de cacao a secar con un contenido de humedad de entrada del 50%	g	Medición	Balanza de precisión
Temperatura de secado	La temperatura será constante dentro del proceso para no degradar las propiedades de los granos de cacao.	Grados Celsius °C	Medición	Sensor de temperatura del Deshidratador
Contenido de Humedad	El porcentaje de humedad removida de los granos de cacao durante el secado	Porcentaje %	Medición	Sensor de humedad

4.7 Metodología de la memoria de cálculo

4.7.1 Características Técnicas De Secado

CON LOS CONOCIMIENTOS ADQUIRIDOS PREVIAMENTE Y LUEGO DE REVISAR LA DIVERSA LITERATURA RELACIONADA CON EL PROCESO DE SECADO DEL CACAO Y SUS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS A TENER EN CUENTA PARA LA PROPUESTA TECNOLÓGICA DE SECADO DE CACAO, ENFATICE LAS VARIABLES PLANTEADAS AGUAS ARRIBA PARA SUGERIR SOLUCIONES RELEVANTES. SE HAN ESTUDIADO VARIOS DATOS RECOMENDADOS PARA EL SECADO DEL CACAO BASADOS EN LA EXPERIENCIA DE SECADO.

- La temperatura del aire dentro del secado, se tendrá cuenta todas las cualidades para optimizar la temperatura de 60 °C como máximo.
- El contenido de humedad final del cacao seco estará en una relación de secado del 7% con un error de $\pm 2\%$ al final del proceso de secado.
- Para el diseño también es importante tener en cuenta la velocidad del aire que genera el ventilador para que el proceso de secado sea homogéneo [31].

Tabla 11 : Condiciones técnicas para el secado.

N°	CRÍTERIO	VALOR
	Temperatura de aire de secado	Max 60-70 °C
2	Humedad inicial del producto	Aprox. 60-70%
3	Humedad final del producto	7-10% con $\pm 2\%$

4.7.2 Propiedades del grano de cacao

En las cuentas de saldo térmico y la pérdida de calor para el cacao seco, es necesario que las diferentes propiedades físicas y térmicas de los frijoles de cacao CCN51.

4.8. Cálculo del Volumen de cacao por cada muestra

Para el diseño se establece la cantidad de 41 g por cada muestra de cacao para el proceso de secado, la masa total a secar del contenedor se estima en la densidad de los granos de cacao secos [32].

$$V_c = \frac{m_c}{\rho_{cacao}} \quad (4)$$

Donde:

m_c =masa total de cacao, [kg]

V_c =Volumen de cacao que ocupa en el contenedor, [m³]

ρ_{cacao} = densidad del caco, [kg/m³] [32].

4.8.1 Cálculo de la Masa seca de cacao

$$m_s = m_c (1 - \%_{humid}) \quad (4)$$

Donde:

m_c = Masa total de cacao en el contenedor, [kg]

$\%_{humid}$ =porcentaje de humedad inicial, [%] [32]

4.8.2 Cálculo de la Masa con la humedad deseada (7%)

Para el análisis final de humedad del cacao se menciona que no debe estar completamente seco por razones de calidad, por lo que el contenido de humedad requerido es del 7%.

$$m_{7\%} = \left(\frac{m_s}{1-0,07} \right) \quad (5)$$

El $m_{7\%}$, es la masa total de cacao obtenida con un contenido de humedad especificado del 7%.

El proceso de secado se realiza por aire caliente, ya que se debe determinar el proceso de secado de los granos de cacao, por lo que se han determinado los siguientes factores.

4.8.3 Cálculo de la Densidad del aire seco en el sitio de estudio

$$\rho_{\text{sec}} = \frac{1}{v_{\text{esp}}} \quad (6)$$

Donde:

v_{esp} = Volumen específico del aire en el sitio de estudio, [m³]

ρ_{sec} = Densidad del aire de secado, [kg/m³]

Hay una serie de curvas de secado características que muestran la relación entre el contenido de humedad y el tiempo de secado.

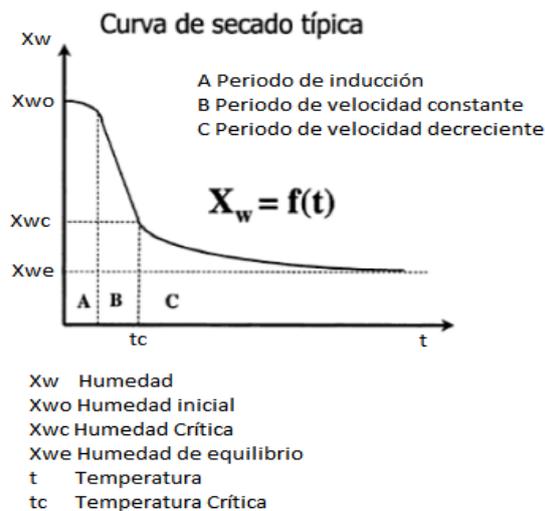


Figura 19: Curvas de secado típica [33].

Según [33], se conoce como humedad crítica de un sólido al punto en el que la velocidad de secado deja de ser constante y empieza a ser decreciente, a estos períodos de secado se los llama anticrítico. Dentro del equilibrio el valor de la humedad se obtendrá en un sólido con humedad

al contacto con el aire y temperatura y los valores constantes de la humedad constantes, es igual a la presión de vapor del agua en el aire.

4.8.4 Cálculo del Número de Reynolds

Las propiedades del aire se buscan en la tabla A-15 del “libro transferencia de calor y masa” a temperatura de 60°C[31]

$$Re = \frac{\rho \cdot D \cdot v}{\mu} \quad (7)$$

Donde:

Re = Reynolds, [Adimensional]

ρ = Densidad de flujo, [kg/m³]

D = Diámetro interior, [m]

v = Velocidad del fluido, [m³/s]

μ = Viscosidad dinámica del fluido, [kg/m . s]

4.8.5 Cálculo del Número de Nusselt

$$Nu_{cil} = 0.023 \cdot Re^{0.8} Pr^{\frac{1}{3}} \quad (8)$$

Donde:

Nu_{cil} = Nusselt de un cilindro, [Adimensional]

Re = Número de Reynolds, [Adimensional]

Pr = Número de Prandtl, [Adimensional]

4.8.6 Cálculo del Coeficiente de convección para un flujo de aire perpendicular a la superficie de contacto con el cacao.

$$h_{conv} = \frac{Nu \cdot k}{D} \quad (9)$$

h_{conv} = Coeficiente de convección para flujo de aire de secado perpendicular, [kJ/kg]

Nu = Número de nusselt, [Adimensional]

k = Conductividad térmica del material, [W/(m*K)]

D= Diámetro interior, [m]

4.8.7 Cálculo de la Velocidad de secado por unidad de tiempo de manera constante Rc.

$$Rc = h_{cov} \cdot \frac{T_{sec} - T_g}{H_{fg}} \quad (10)$$

Donde:

Rc: Velocidad de secado por unidad de tiempo de manera constante, [kg/m²*s]

T_{sec}= temperatura de secado, [K]

T_g= Temperatura de los granos de cacao en el bulbo húmedo, [K]

H_{fg}= Calor latente de evaporación a temperatura de bulbo húmedo, [kcal/kg]

Dentro de la temperatura de bulbo el húmedo es una medida y la temperatura representa toda la propiedad física dentro de un sistema que conlleva en la evaporación del agua y del aire. La evaporación consume calor para suceder, provocando enfriamiento, a medida que las moléculas de mayor energía escapan (evaporan) y las que quedan tienen menor energía cinética promedio, la temperatura del líquido disminuye [34] .

Los valores de transformación de unidades son la siguientes:

$$1 \frac{kcal}{kg} = 4184 \frac{J}{kj} \quad (11)$$

$$1 W = 1 \frac{J}{s}$$

4.9 Procesamiento de datos de la cinética del secado del cacao

4.9.1 Cálculo de la cinética

Dentro de la humedad las variables físicas se definen como la cantidad de agua que es disuelta dentro de un gas y un sólido. El contenido de humedad de un sólido se puede expresar en base húmeda.

$$Xh = Ma + Ms \quad (12)$$

donde Ma es la masa de agua y Ms es la masa de sólidos secos.

Entonces la humedad en cada momento se puede obtener bajo las siguientes condiciones

$$Xt = W - Ws \quad (13)$$

donde W es el peso total de sólidos húmedos (sólidos secos más humedad) y W_s es el peso total de sólidos secos. Después de establecer las condiciones de (2) 57 Escuela de Ingeniería de Antioquia secado y establecer la relación de humedad, es posible determinar el contenido de humedad libre X para cada valor de X_t por medio de la expresión

$$X = X_t - X \quad (14)$$

donde X es el contenido de humedad de equilibrio del sólido. Cada grano se somete a una extracción de humedad cada hora para evitar su deterioro, por lo que, si se supera este valor, no se puede mantener la calidad del grano. La tasa de extracción se llama tasa de secado y se define como

$$R = Ms \cdot \frac{dX}{dt} \cdot A \quad (15)$$

Donde $\frac{dX}{dt}$ el cambio de la humedad donde t es el tiempo y donde A es el área tangible del cacao.

La humedad del vapor de agua en el aire se puede determinar de varias maneras, pero el análisis más simple es determinar la masa de vapor de agua presente en una unidad de masa de aire seco, llamada humedad específica, definida como

$$W = \frac{M_v}{M_a} \quad (16)$$

determine la más y el vapor dentro agua con el aire, M_a será la masa del aire seco.

Luego se determina la humedad específica en función de la presión

$$W = 0.622 \frac{P_v}{P - P_v} \quad (17)$$

$$W = 0.622 \frac{P_v}{P - P_v}$$

donde P_v viene a ser la presión de vapor de agua, P será la presión total dentro de la masa del aire, P_a establece la presión de aire seco.

4.9.2 Regresión no lineal

Las técnicas de regresión no lineal permiten crear un modelo no lineal. Este modelo describe la relación entre una variable dependiente y (también conocida como la respuesta) como una función de una o varias variables independientes X_i (denominadas predictores). La ecuación general correspondiente a un modelo de regresión no lineal es:

$$Y = \beta_0 + \beta_i X + \epsilon_i \quad (18)$$

$$Y = 0.0024 \cdot m^3 - 0.15 \cdot m^2 + 3.049 \cdot m - 12.758$$

4.9.2 Modelo matemático de Page.

Fórmula de curva de regresión

$$\frac{w-w_e}{w_o-w_e} = C \exp(-kt^n) \quad (19)$$

Fórmula del error

$$\begin{aligned} error &= (y - y_{modelo})^2 \\ scr &= \sum (Y - Y_{modelo})^2 \end{aligned} \quad (20)$$

$$sct = \sum (Y - Y_{modelo})^2$$

$$R^2 = \frac{SCT - SCR}{SCT}$$

Fórmula suma de cuadrados totales

$$Y = A(1 - e^{-kn}) \quad (21)$$

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Secador de cacao con controlador de temperatura permitirá el proceso de secado adecuado en un tiempo determinado, para la prueba experimental se estima que hay 10 muestras en el deshidratador con un peso estimado de 42 gramos, el cacao húmedo se puede manejar de manera homogénea. en un intervalo de tiempo. Considere agregar los parámetros requeridos en la siguiente tabla.

5.1 Resultados de Secado de Cacao Nacional Ecuatoriano

Tabla 12 : Resultado del secado de 40°C

	t (min)	Humedad (%)	Masa (g)
0	0	49,8	47,3
1	45	45,1	46,3
2	90	32,5	43,2
3	150	22,5	39,9
4	210	17,6	37,7
5	270	14,1	37,43
6	330	11,6	35,6
7	390	10,2	34,79
8	450	8,6	34,1
9	510	7,7	33,9
10	630	7,5	33,61

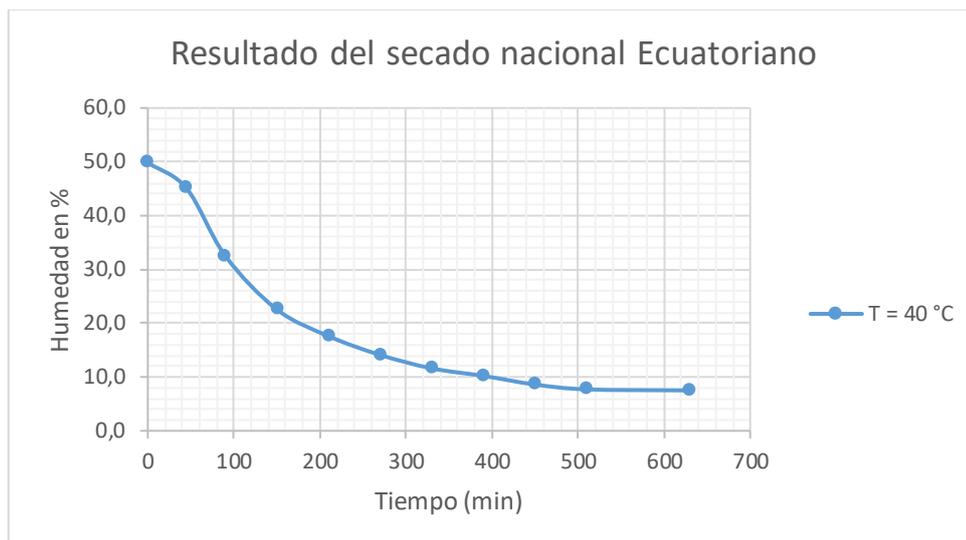


Figura 20 :Diagrama de la cinética del 40% de temperatura y la disminución de humedad.

Análisis: El valor del resultado de la suma en la tabla 21, de 40 °C, Figura 30, es de una humedad de 49.8 % a Una disminución de 7.5 % de humedad para la cinética del secado de cacao nacional.

Tabla 13 : Resultado del secado de 50°C

	t (min)	Humedad (%)	Masa (g)
0	0	47,9	46,9
1	45	41,9	45,6
2	90	29,7	42,36
3	150	20,9	39,21
4	210	15,6	39,11
5	270	12,9	38
6	330	10,6	37,62
7	390	8,6	37,1
8	450	7,8	36,98
9	510	7,6	33,56
10	630	7,3	32,65

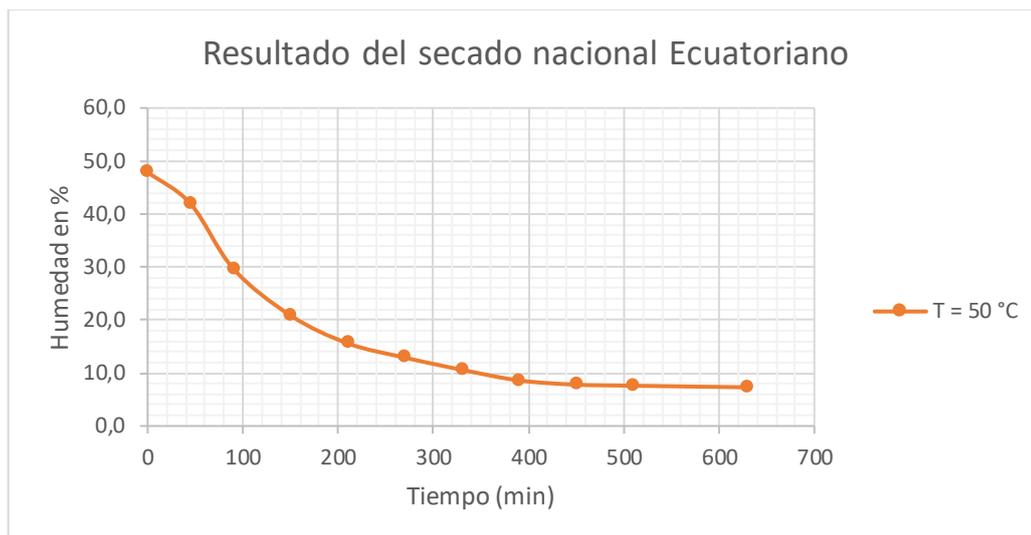


Figura 21 :Diagrama de la cinética del 50% de temperatura y la disminución de humedad.

Análisis: El valor del resultado de la suma en la tabla 22, de 50 °C, Figura 31, es de una humedad de 47.9 % a Una disminución de 7.3 % de humedad para la cinética del secado de cacao nacional.

Tabla 14 : Resultado del secado de 60°C

	t (min)	Humedad (%)	masa (g)
0	0	44,2	46,1
1	45	38,1	44,69
2	90	27,4	41,65
3	150	19,1	38,45
4	210	13,92	36,29
	270	10,45	34,61
6	330	8,64	32,12
7	390	7,96	34,79
8	450	7,63	36,21
9	510	7,6	33,28
10	630	6,9	32,67

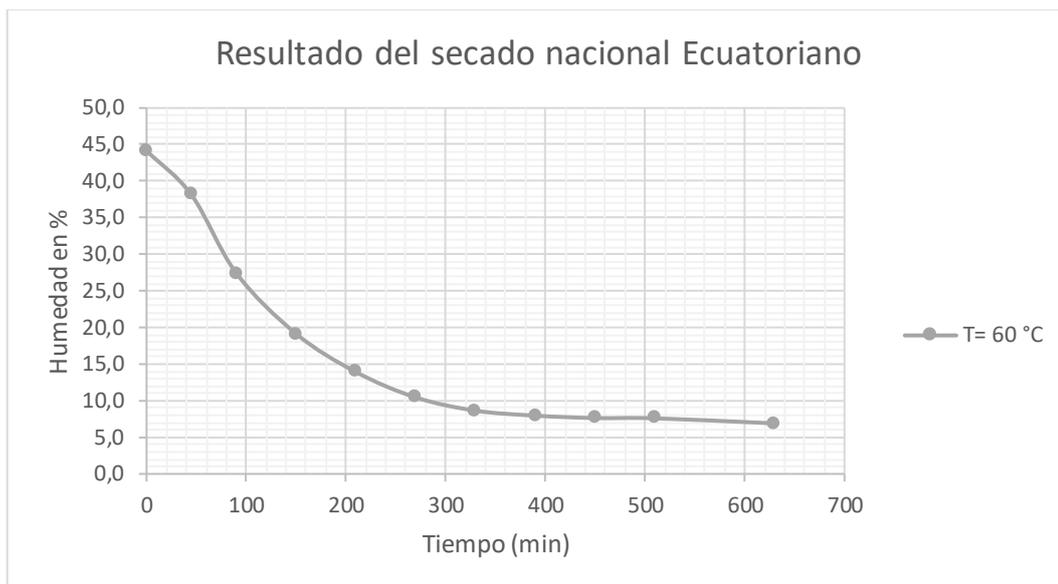


Figura 22 : Diagrama de la cinética del 60% de temperatura y la disminución de humedad.

Análisis: El valor del resultado de la suma en la tabla 23, de 60 °C, Figura 32, es de una humedad inicial de 44.2 % a Una disminución de 6.9 % de humedad para la cinética de secado de cacao nacional.

Tabla 15 :Resultado del secado de 70°C

	t (min)	Humedad (%)	Masa (g)
0	0	42,1	45,63
1	45	34,8	43,82
2	90	24,4	40,62
3	150	16,2	36,95
4	210	11,6	35,68
5	270	8,69	34,98
6	330	7,8	33,6
7	390	7,2	32,79
8	450	6,9	32,5
	510	6,2	31,56
10	630	6,03	30,36

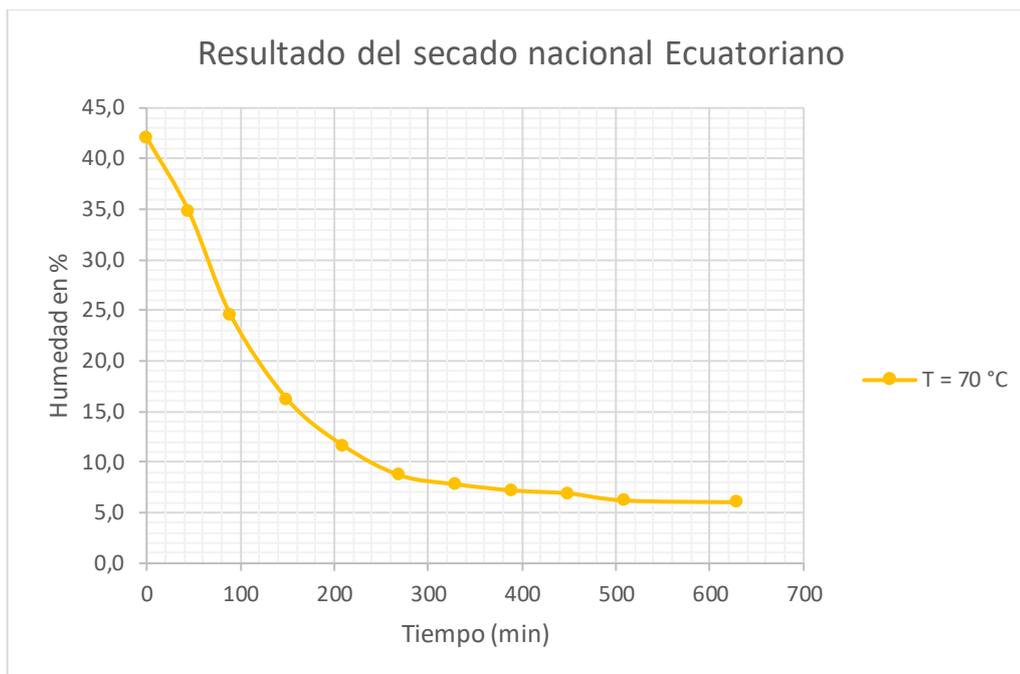


Figura 23 : Diagrama de la cinética del 40% de temperatura y la disminución de humedad.

Análisis: El valor del resultado de la suma en la tabla 24, de 70 °C, Figura 33, es de una humedad de 42.1 % a Una disminución de 6.03 % de humedad para la cinética del secado de cacao nacional.

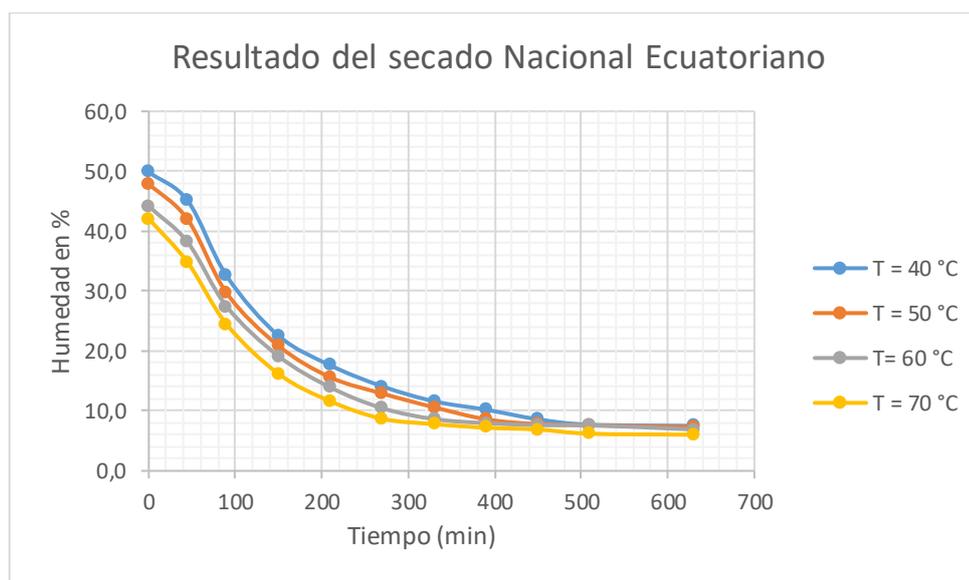


Figura 24 : Análisis Total del diagrama de Cinética Cacao Nacional Ecuatoriano.

Análisis: El resultado del diagrama de la figura 34 da como resultado un grado total de disminución de la cinética de secado de cacao nacional.

5.2 Resultados de Secado de cacao CCN-51

Tabla 16 : Resultado del secado de 40°C

	t (min)	Humedad (%)	Masa (g)
0	0	49,4	47,21
1	45	47,5	46,81
2	90	41,9	45,6
3	150	27,3	41,6
4	210	19,6	39,6
5	270	15,6	37,65
6	330	13,2	36,2
7	390	11,32	34,64
8	450	9,3	33,33
9	510	8,6	32,6
0	630	7,2	31,96

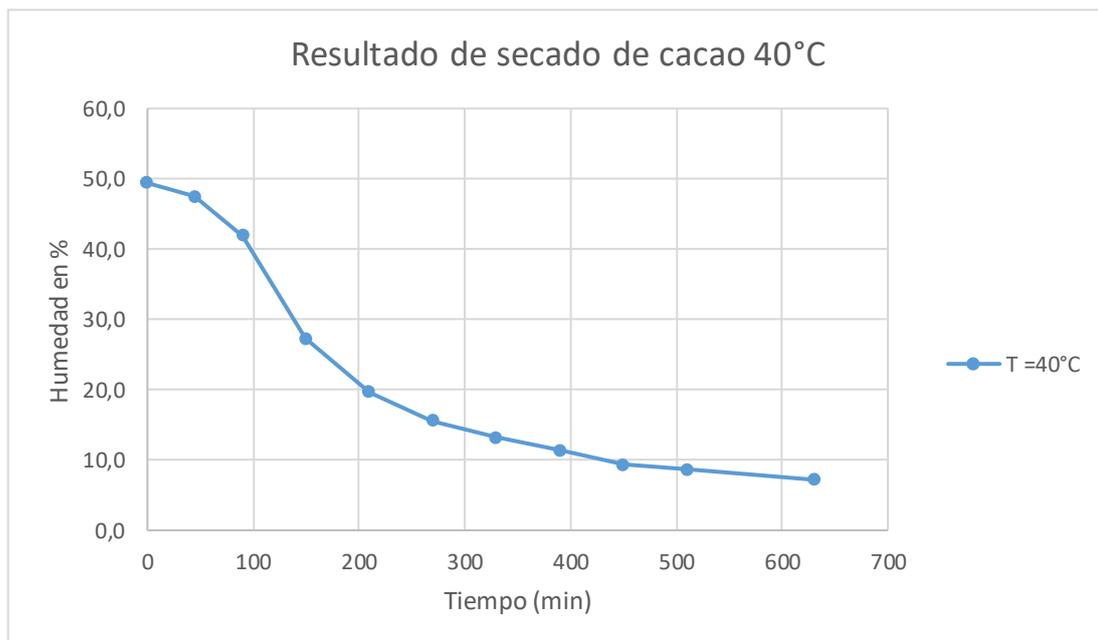


Figura 25 : Diagrama de la cinética del 40% de temperatura y la disminución de humedad, Fuente Equipo de Investigación.

Análisis: El valor del resultado de la suma en la tabla 25, de 40 °C, Figura 35, es de una humedad de 49.4 % a Una disminución de 7.2 % de humedad para la cinética de secado de cacao CCN-51.

Tabla 17 : Resultado del secado de 50°C

	t (min)	Humedad (%)	Masa (g)
0	0	48,3	46,98
1	45	45,2	46,32
2	90	39,2	44,96
3	150	23,6	40,3
4	210	16,56	36,4
5	270	12,63	35,1
6	330	9,98	34,6
7	390	8,5	31,25
8	450	7,5	29,65
9	510	7,32	27,65
10	630	6,3	24,9

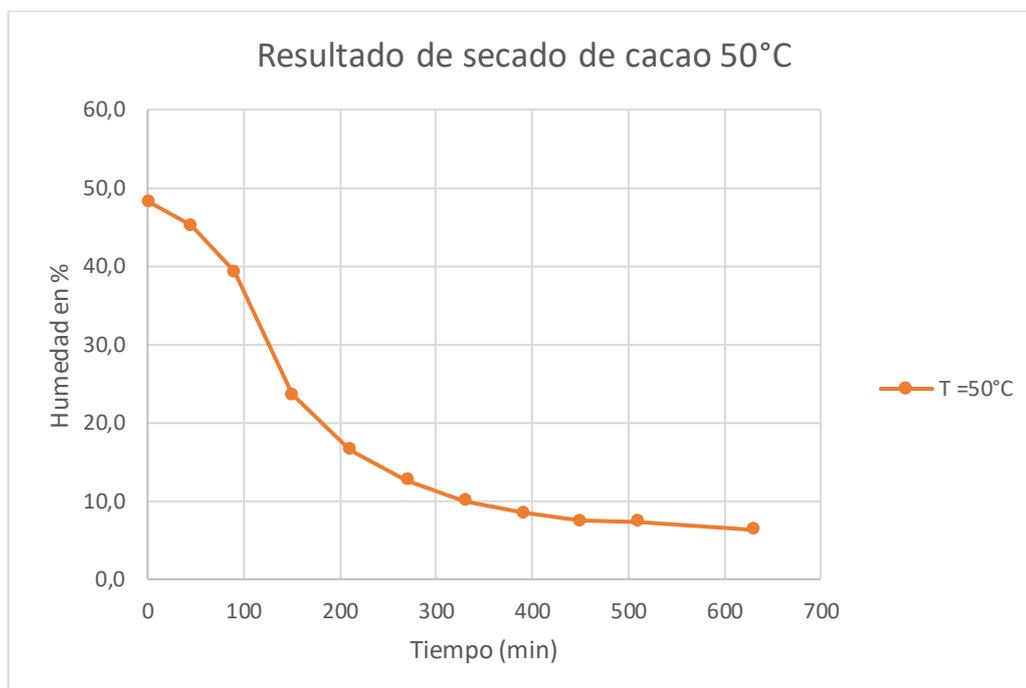


Figura 26 : Diagrama de la cinética del 50% de temperatura y la disminución de humedad.

Análisis: El valor del resultado de la suma en la tabla 26, de 50 °C, Figura 36, es de una humedad de 48.3 % a Una disminución de 6.3 % de humedad para la cinética de secado de cacao CCN-51.

Tabla 18 : Resultado del secado de 60°C

	t (min)	Humedad (%)	Masa (g)
0	0	46,4	46,58
1	45	43,3	45,9
2	90	36,3	44,23
3	150	22,0	39,7
4	210	15,36	35,9
5	270	11,65	33,2
6	330	8,8	31,65
7	390	7,6	30,21
8	450	6,8	28,4
9	510	6,1	27,41
10	630	5,5	23,32

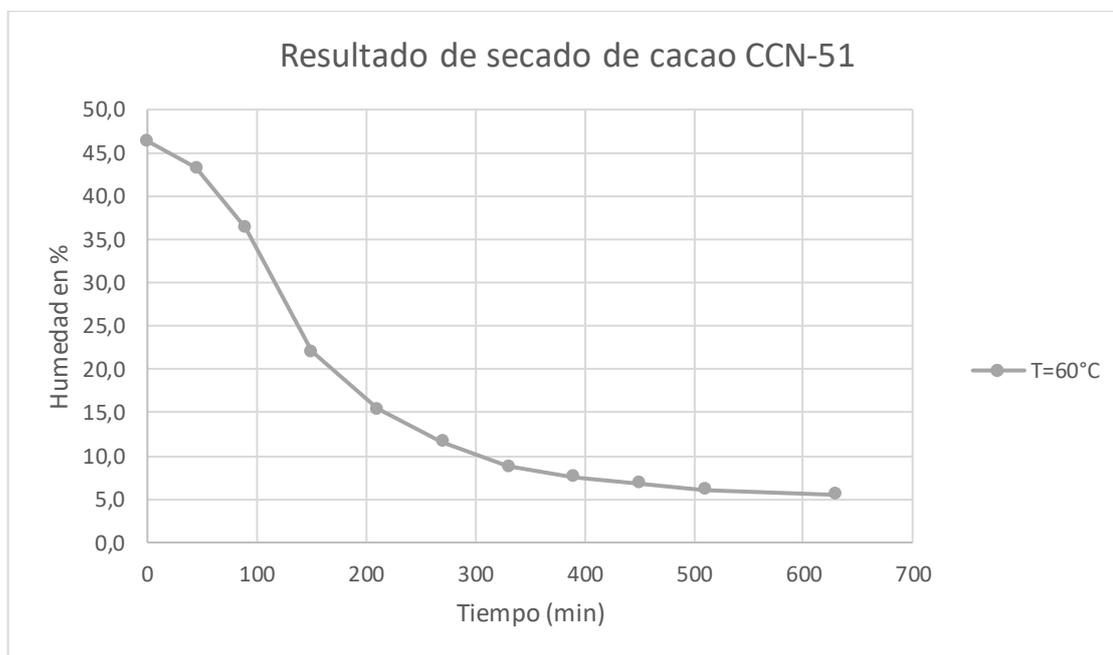


Figura 27 : Diagrama de la cinética del 60°C de temperatura y la disminución de humedad.

Análisis: El valor del resultado de la suma en la tabla 27, de 60 °C, Figura 37, es de una humedad de 46.4 % a Una disminución de 5.5 % de humedad para la cinética de secado de cacao CCN-51.

Tabla 19 : Resultado del secado de 70°C

	t (min)	Humedad (%)	Masa (g)
0	0	43,3	45,92
1	45	40,0	45,14
2	90	32,2	43,12
3	150	18,96	40,32
4	210	13,2	33,9
5	270	9,9	32,21
6	330	7,2	30,9
	390	6,5	30,08
8	450	6,2	27,96
9	510	5,9	25,94
10	630	5,2	22,3

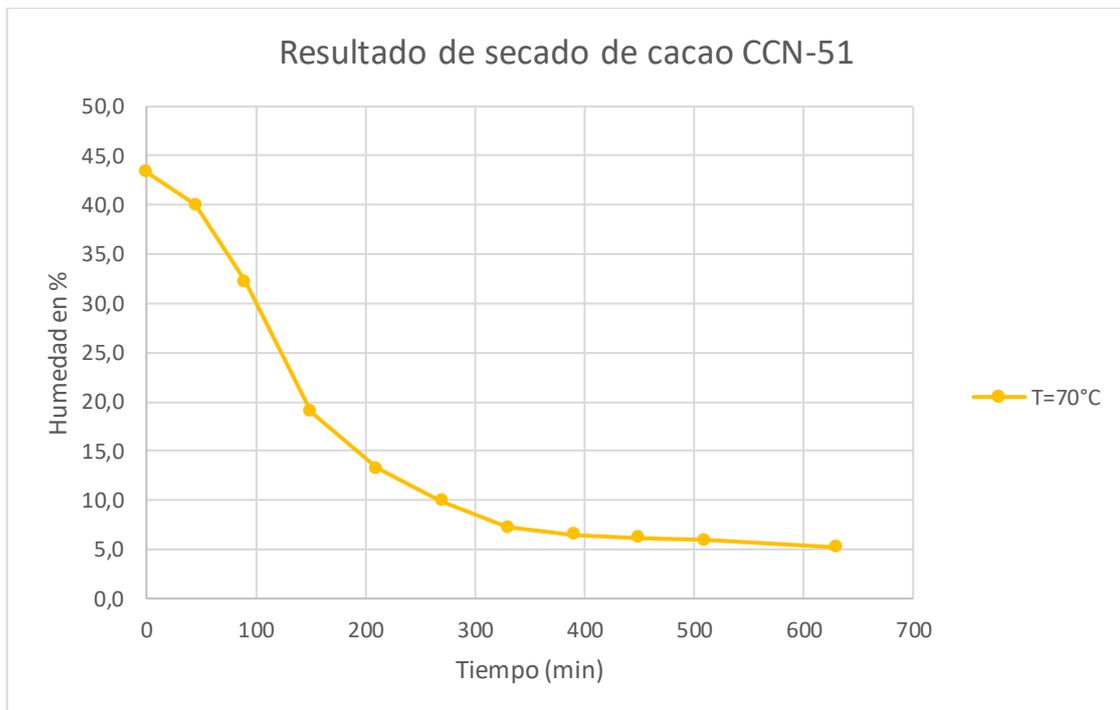


Figura 28 : Diagrama de la cinética del 70% de temperatura y la disminución de humedad

Análisis: El valor del resultado de la suma en la tabla 28, de 40 °C, Figura 38, es de una humedad de 43.3 % a Una disminución de 5.2 % de humedad para la cinética de secado de cacao CCN-51.

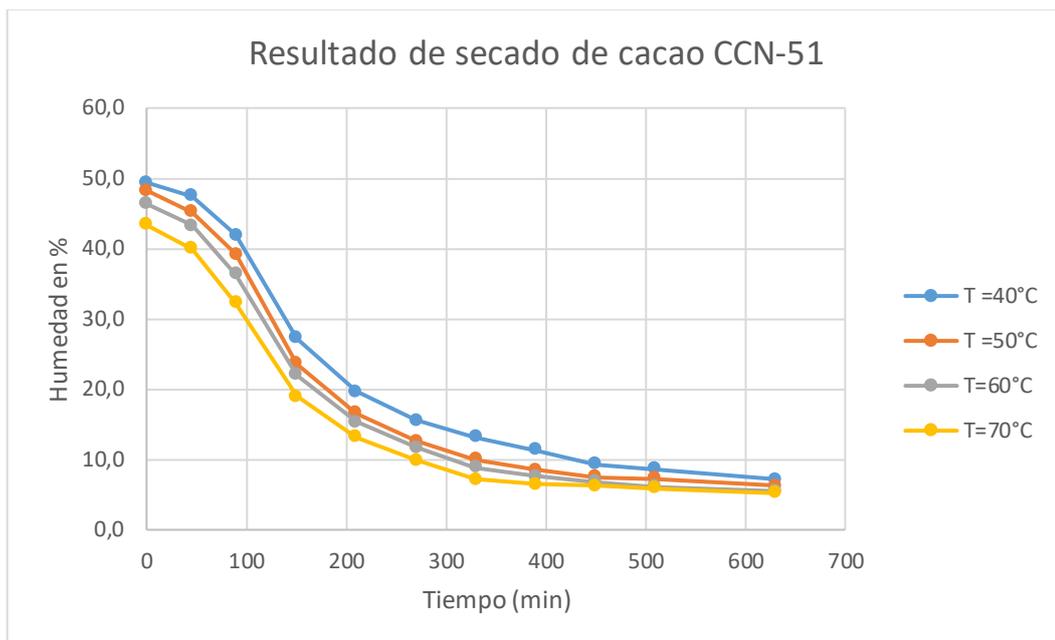


Figura 29 : Análisis Total del diagrama de Cinética Cacao de CCN-51

Análisis: El resultado del diagrama de la figura 39 da como resultado un grado total de disminución de la cinética de secado de cacao CCN-51.

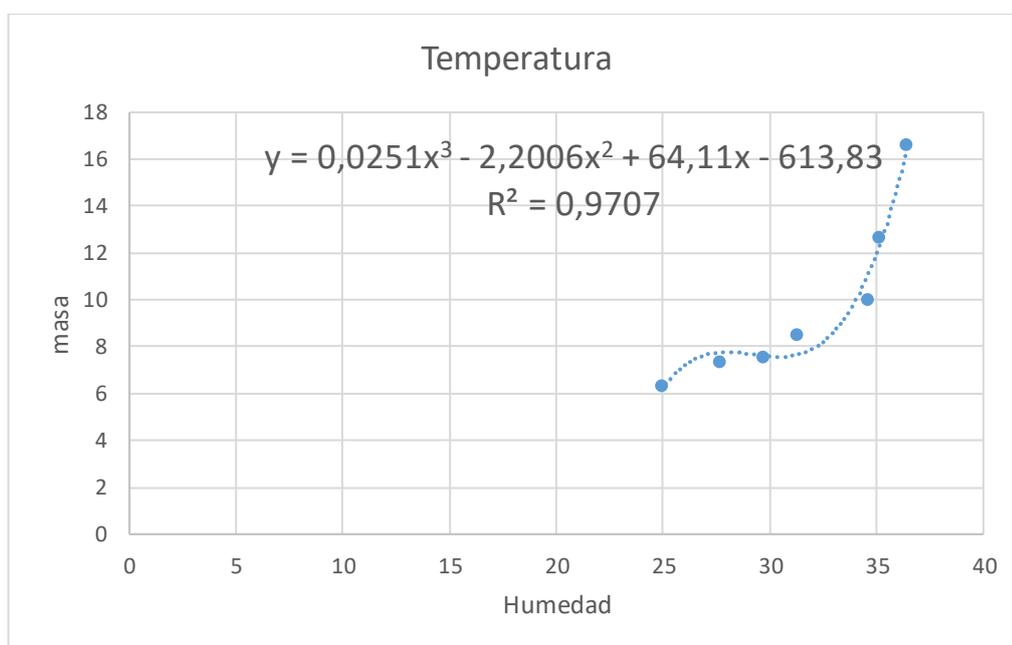


Figura 30 : Curva de Estimación

Análisis: fórmula matemática para encontrar los valores expediente para encontrar los valores 17 % de humedad al valor más alto, utilizando la humedad y la masa de los valores bajos con la fórmula matemática del valor inicial más alto es de 52 % de humedad.

5.3 Resultado de ajuste de la cinética de secado de cacao Nacional Ecuatoriano

Tabla 20 : T= 40 °C representa los valores del error con el ajuste.

(min)	W (%)	Wmodelo (%)	Error
0	0,95	9,51	0,89
45	0,84	3,28	0,713
90	0,56	8,23	0,315
150	0,34	1,72	0,113
210	0,23	1,00	0,051
270	0,15	1,08	0,021
330	0,09	1,77	0,008
390	0,06	4,00	0,003
450	0,02	1,16	0,000
510	0,00	4,10	2,019
630	0,00	8,32	6,926

Utilizando el modelo de Page se observan los resultados de SCR = 2.12594 es la suma del error, los valores de C = 0.95056, K= 1.48187, n= 0.56179 son los valores de ajustes de las curvas de la cinética.

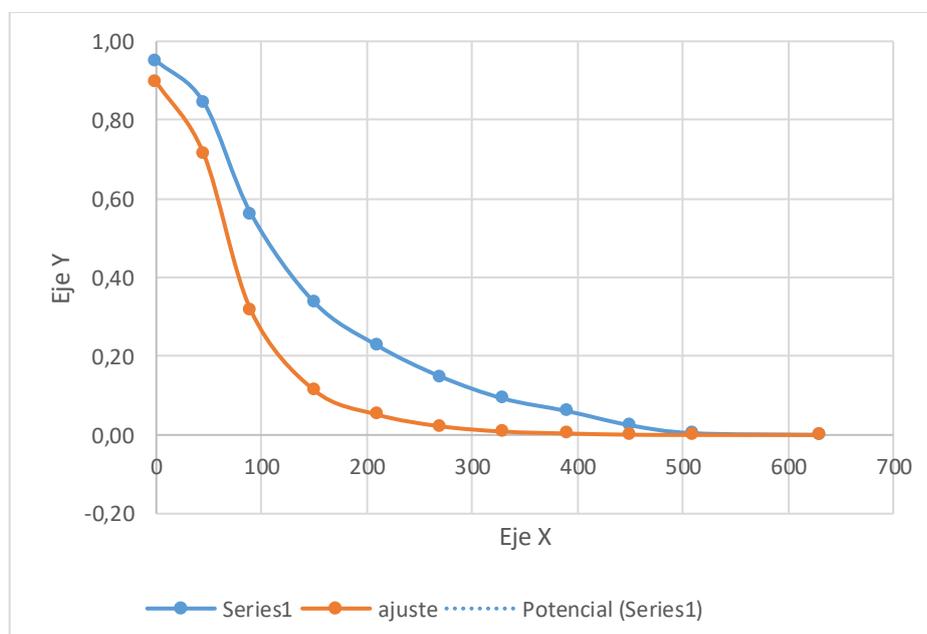


Figura 31 : Se observa el valor de estimación dentro del ajuste con la regresión no lineal con la fórmula de page.

Tabla 21 : T= 50 °C representa los valores del error con el ajuste.

(min)	W (%)	Wmodelo (%)	Error
0	0,91	9,08	0,874
45	0,77	1,84	0,597
90	0,50	5,49	0,248
150	0,30	1,68	0,090
210	0,18	9,86	0,033
270	0,12	8,51	0,014
330	0,07	9,54	0,004
390	0,02	1,30	0,000
450	0,0	2,04	8,078
510	0,00	3,62	5,049
630	0,00	1,52	2,299

Utilizando el modelo de Page se observan los resultados de SCR = 1.86483 es la suma del error, los valores de C = 0.907865, K= 1.27308, n= 0.498874 son los valores de ajustes de las curvas de la cinética.

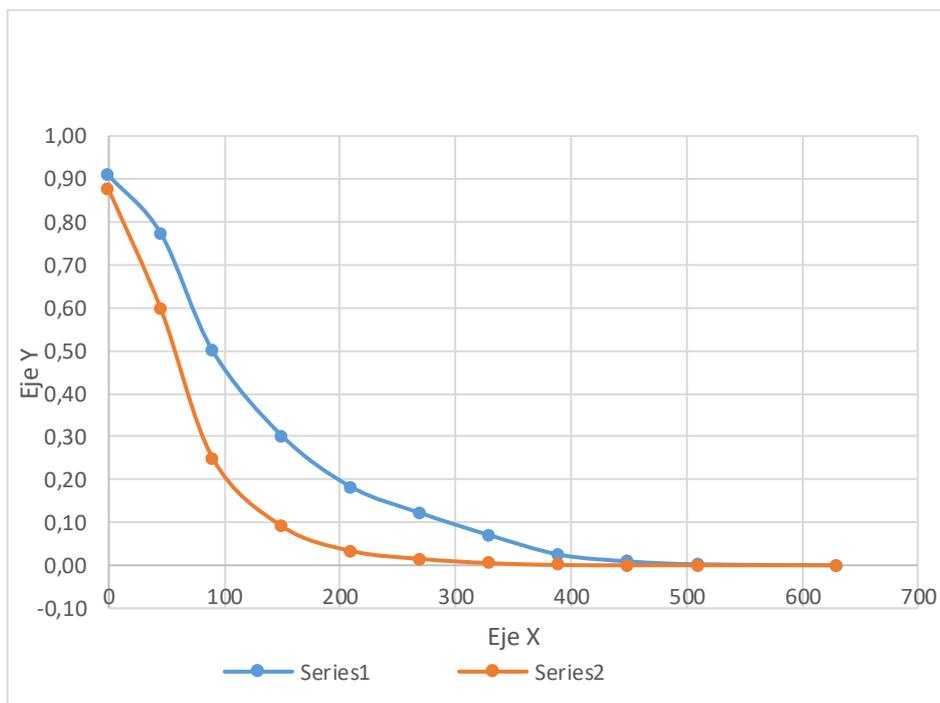


Figura 32 : Se observa el valor de estimación dentro del ajuste con la regresión no lineal con la fórmula de page.

Tabla 22 : T= 60 °C representa los valores del error con el ajuste.

t (min)	W (%)	Wmodelo (%)	Error
0	0,8	8,27	0,758
45	0,69	1,77	0,476
90	0,45	1,81	0,206
150	0,27	2,00	0,073
210	0,15	3,45	0,024
270	0,07	7,72	0,006
330	0,03	2,05	0,001
390	0,02	6,17	0,0005
450	0,01	2,05	0,0002
510	0,01	7,35	0,0002
630	0	1,13	1,2841

Utilizando el modelo de Page se observan los resultados de SCR = 1.54736 es la suma del error, los valores de C = 0.827049, K= 1.08989, n= 0.45544 son los valores de ajustes de las curvas de la cinética.

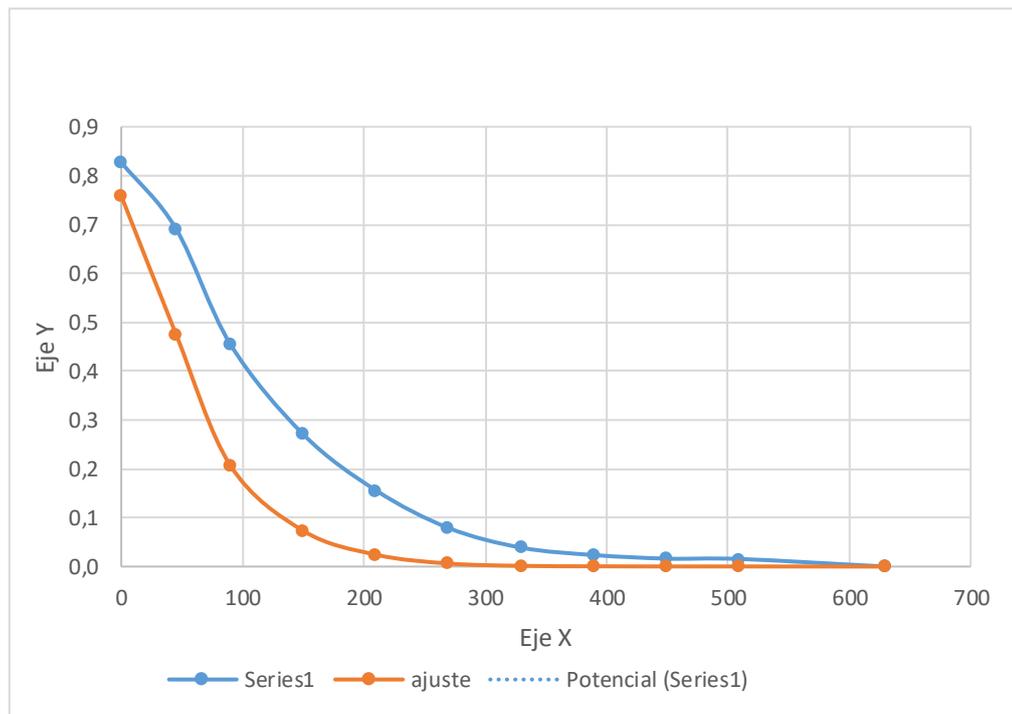


Figura 33. Se observa el valor de estimación dentro del ajuste con la regresión no lineal con la fórmula de page.

Tabla 23 : T= 70 °C representa los valores del error con el ajuste.

t (min)	W (%)	Wmodelo (%)	Error
0	0,78	7,85	0,6958
45	0,63	1,09	0,3780
90	0,40	2,80	0,1574
150	0,22	7,81	0,0485
210	0,12	2,89	0,0146
270	0,06	1,25	0,0033
330	0,04	6,04	0,0014
390	0,03	3,14	0,0006
450	0,02	1,73	0,0003
510	0,00	9,99	1,3601
630	0	3,70	1,3694

Utilizando el modelo de Page se observan los resultados de SCR = 1.3004 es la suma del error, los valores de C = 0.784641, K= 0.93328, n= 0.39960 son los valores de ajustes de las curvas de la cinética.

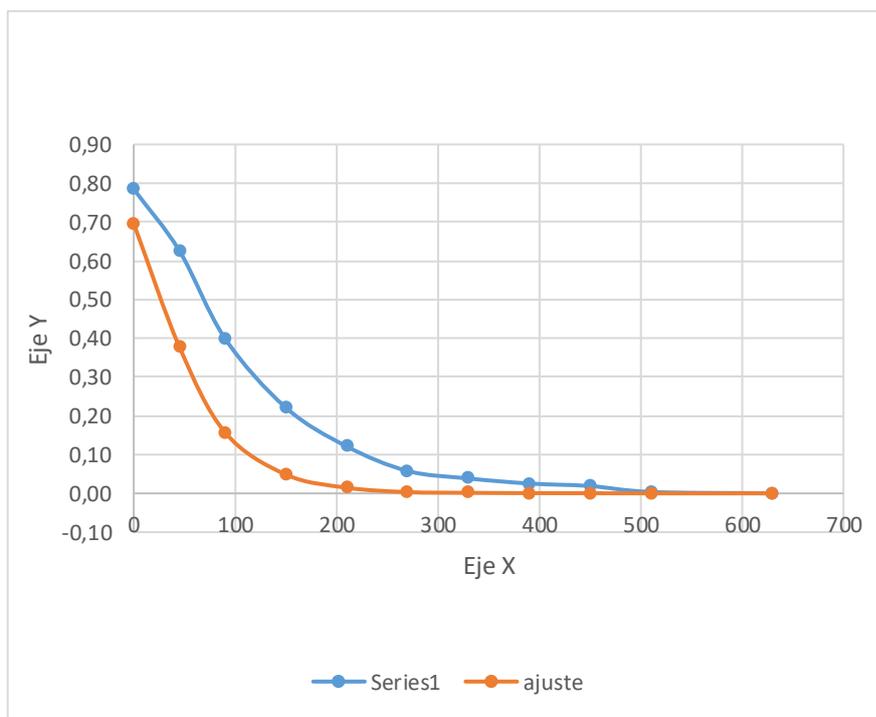


Figura 34 : Se observa el valor de estimación dentro del ajuste con la regresión no lineal con la fórmula de page.

Tabla 24 : Parámetros de modelo de Page de la cinética del secado de cacao Nacional.

Temperatura de aire (°C)	Parametros modelo de Page		
	C	K	n
40	0,95	1,481	0,561
50	0,907	1,273	0,498
60	0,827	1,089	0,454
70	0,784	0,933	0,399

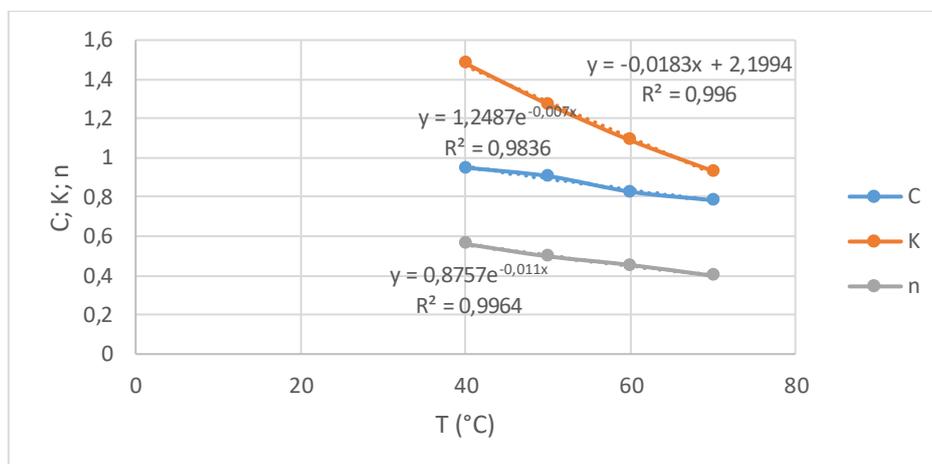


Figura 35 : Ajuste del diagrama utilizando la fórmula de Page de Cinética Cacao de Nacional, dar como resultado los valores obtenidos en la gráfica.

Ecuación Page de la cinética del secado de cacao nacional de $c = 3.468$, $k = 4.776$, $n = 1,912$ donde en el nacional el error es de 3,468 de error total de variación final dentro de los tres valores.

5.4 Resultado de ajuste de la cinética de secado de cacao CCN-51

Tabla 25 : Resultado del ajuste de 40 °C

t (min)	W (%)	Wmodelo (%)	Error
0	0,94	0,94	0,9156
45	0,89	6,37	0,8091
90	0,77	2,05	0,5999
150	0,44	7,73	0,2012
210	0,27	4,52	0,0766
270	0,18	1,57	0,0351
330	0,13	2,02	0,0179
390	0,09	7,12	0,0084
450	0,04	5,73	0,0021
510	0,03	9,19	0,0009
630	0	1,29	1,676E

Utilizando el modelo de Page se observan los resultados de $SCR = 2.6673$ es la suma del error, los valores de $C = 0.941963$, $K = 1.951685$, $n = 0.774552$ son los valores de ajustes de las curvas de la cinética.

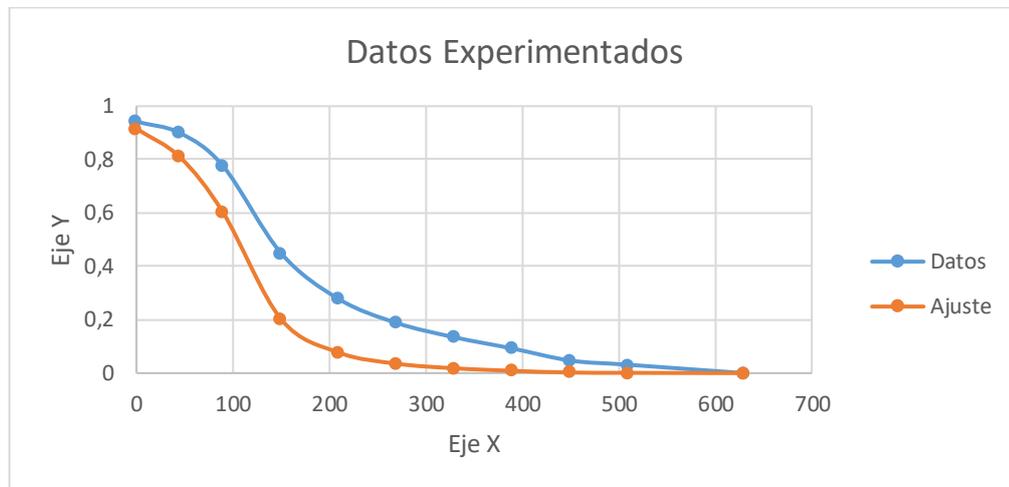


Figura 36 : Ajuste del diagrama utilizando la fórmula de Page de Cinética Cacao de CCN-51, de 40 °C

Análisis: Con el modelo de Page encontramos el modelo de estimación del error que sea el mínimo al valor del resultado, el valor del resultado de $SCR = 2.6673$ el valor mínimo del error representado en la Figura 36, los datos en la tabla 25.

Tabla 26 : Resultado del ajuste de 50 °C

t (min)	W (%)	Wmodelo (%)	Error
0	0,919037	0,9190	0,8870
45	0,8512035	1,5746	0,7247
90	0,719912	3,8331	0,5182
150	0,3785558	9,3248	0,1433
210	0,224576	1,9812	0,0504
270	0,138512	1,6728	0,0191
330	0,080525	3,8086	0,0064
390	0,04814004	1,8618	0,0023
450	0,02625821	1,6845	0,0006
510	0,0223194	2,5425	0,0004
630	0	2,0193	4,0785

Utilizando el modelo de Page se observan los resultados de $SCR = 2.352821$ es la suma del error, los valores de $C = 0.91906$, $K = 1.74858$, $n = 0.719910$ son los valores de ajustes de las curvas de la cinética.

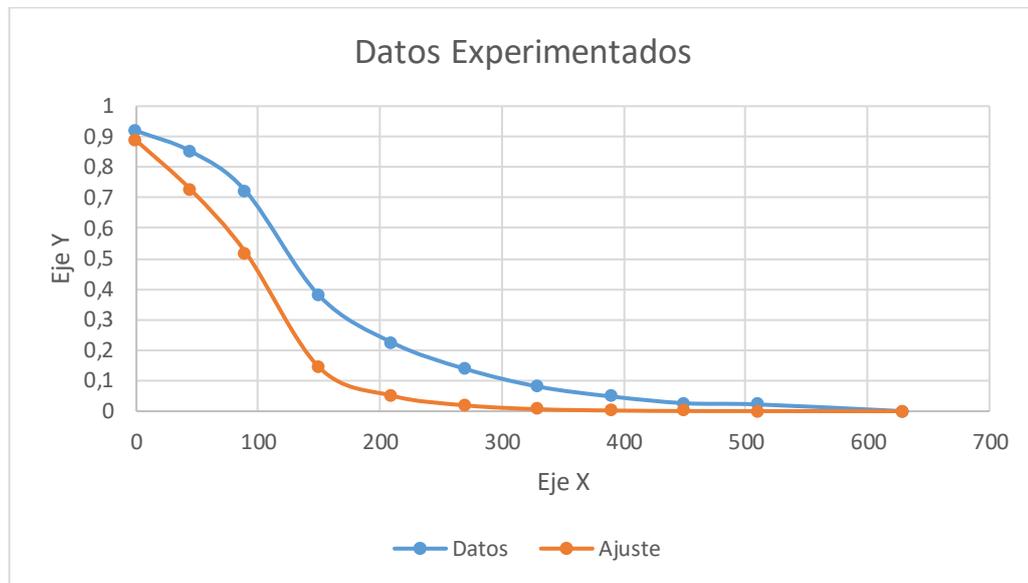


Figura 37 : Ajuste del diagrama utilizando la fórmula de Page de Cinética Cacao de CCN-51, de 50 °C

Análisis: Con el modelo de Page encontramos el modelo de estimación del error que sea el mínimo al valor del resultado, el valor del resultado de $SCR = 2,35282$ el valor mínimo del error representado en la Figura 37, los datos en la tabla 26.

Tabla 27 : Resultado del ajuste de 60 °C.

t (min)	W (%)	Wmodelo (%)	error
0	0,879	0,8795	0,8569
45	0,812	2,6476	0,6608
90	0,662	2,8685	0,4387
150	0,354	1,0653	0,1251
210	0,212	2,0175	0,0449
270	0,132	1,055	0,0174
330	0,070	1,1328	0,0050
390	0,045	2,1031	0,0020
450	0,027	6,0437	0,0007
510	0,012	2,4899	0,0001
630	0	1,0095	1,019E

Utilizando el modelo de Page se observa los resultados de $SCR = 2.152846$ es la suma del error, los valores de $C = 0.87956$, $K = 1.576518$, $n = 0.662363$ son los valores de ajustes de la curva de la cinética.



Figura 38 : Ajuste del diagrama utilizando la fórmula de Page de Cinética Cacao de CCN-51, de 60 °C

Análisis: Con el modelo de Page se observa el modelo de estimación del error que sea el mínimo al valor del resultado, el valor del resultado de $SCR = 2,152846$ el valor mínimo del error representado en la Figura 38, los datos en la tabla 27.

Tabla 28 : Resultado del ajuste de 70 °C.

t (min)	W (%)	Wmodelo (%)	Error
	0,8141	0,8141	0,7986
45	0,7435	5,5109	0,5529
90	0,5769	1,5834	0,3328
150	0,2940	3,6039	0,0864
210	0,1709	2,1805	0,0292
270	0,1004	2,3821	0,0100
330	0,0427	3,9185	0,0018
390	0,0277	8,7539	0,0007
450	0,0213	2,4877	0,0004
510	0,014957	8,6006	0,0002
630	0	1,6404	2,6909

Utilizando el modelo de Page se observan los resultados de $SCR = 1.81344$ es la suma del error, los valores de $C = 0.814102$, $K = 1.32399$, $n = 0.576921$ son los valores de ajuste de las curvas de la cinética.

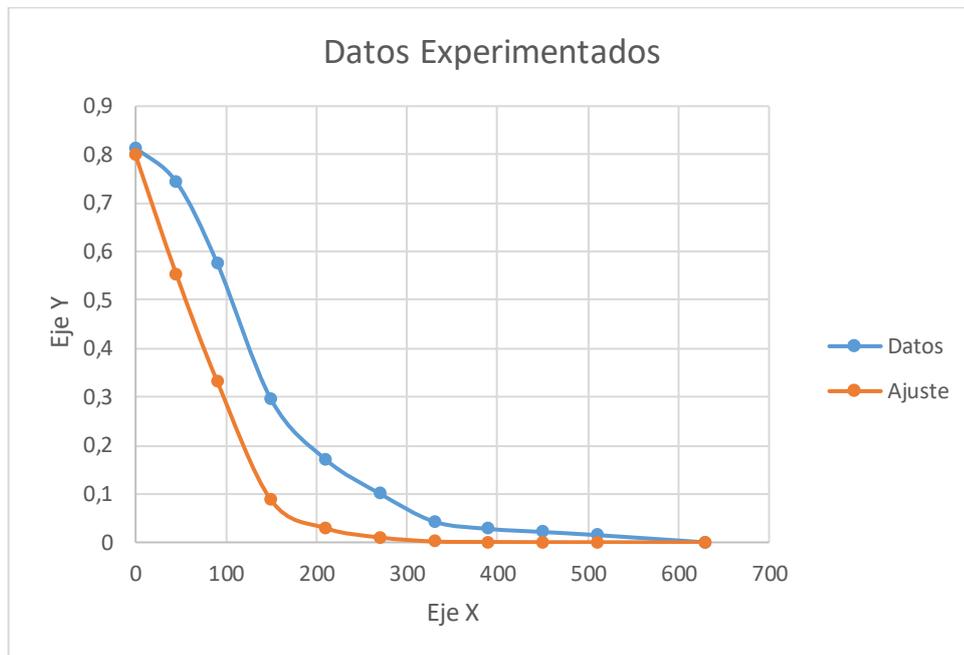


Figura 39. Ajuste del diagrama utilizando la fórmula de Page de Cinética Cacao de CCN-51, de 70 °C.

Análisis: Con el modelo de Page encontramos el modelo de estimación del error que sea el mínimo al valor del resultado, el valor del resultado de $SCR = 1.81344$ el valor mínimo del error representado en la Figura 39, los datos en la tabla 28.

Tabla 29. Parámetros de modelo de Page de la cinética del secado de cacao CCN-51

Temperatura de aire (°C)	Parámetros de modelo de Page		
	C	K	N
40	0,94196344	1,95168565	0,7745524
50	0,91903672	1,7485813	0,71991008
60	0,8795686	1,57651809	0,66236394
70	0,81410236	1,3239968	0,57692118

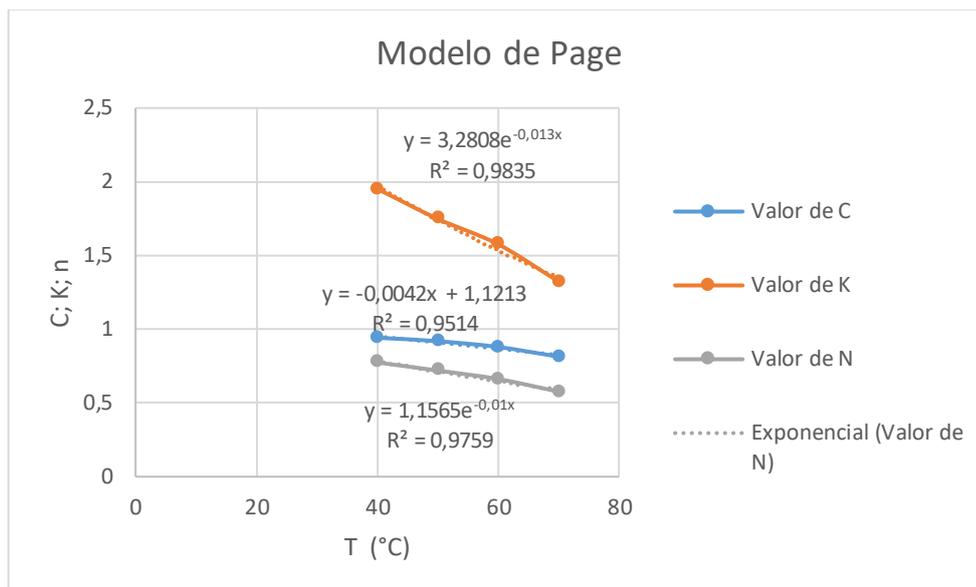


Figura 40. Ajuste del diagrama utilizando la fórmula de Page de Cinética Cacao de CCN-51, dar como resultado los valores obtenidos en la gráfica.

Ecuación Page de la cinética del secado de cacao mejorado CCN-51 de $c = 3.555$, $k = 6.601$, $n = 2.734$ donde en el nacional el error es de 0,005 de error total de variación final dentro de los tres valores y estimados que es el que da el sabor y si nombre lo caracteriza.

Análisis: En esta grafica de la Figura 40 representa todo el valor obtenidos en el modelo de page con los valores de ajuste de la, regresión no lineal utilizada para ajustar a los datos obtenidos de la cinética del secado de cacao CCN-51 la Tabla 29.

5.2 Selección de materiales

Al elegir un deshidratador, se deben tener en cuenta los factores que apoyan el proceso de secado del cacao, donde el contacto directo con las materias primas es particularmente pronunciado.

5.2.1 Temperatura

Se optó en la realización de diferentes medidas de temperatura en un rango de 40-70 °C en los diferentes procesos de deshidratación del secado de cacao.

5.3 Resultados del proceso de secado

Tomando como referencia el volumen de cacao determinado por los autores, se dan las dimensiones de la cámara de secado, la misma tendrá tres capas, cada una con su propio material, ya que el objetivo es sellar al máximo el calor en la cámara para garantizar la uniformidad. secado, lo que reduce significativamente el tiempo.

Tabla 30 Resultado del dimensionamiento térmico

N° Ecu.	Parámetro a calcular	Ecuación	Resultado
4.1	Volumen de cacao por cada muestra	$V_c = \frac{m_c}{\rho_{cacao}}$	$V_c = 0,0296 \text{ m}^3$
4.2	Masa seca de cacao	$m_s = m_c (1 - \%_{humid})$	$m_s = 9,2 \text{ kg}$
4.3	Masa con la humedad deseada (7%)	$m_{7\%} = \left(\frac{m_s}{1 - 0,07} \right)$	$m_{7\%} = 9,8 \text{ Kg}$

Para entender el comportamiento térmico se realizó un análisis cinético en el deshidratador y los resultados fueron favorables ya que la parte interna tendría un desarrollo de calor aceptable mientras que la parte externa estaría a temperatura ambiente. del producto.

6. COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN

6.1 Presupuesto

A continuación, se va a detallar el aspecto financiero, en el cual se determinarán los costos de los diversos materiales y equipos utilizados en la propuesta tecnológica para la cinética de secado del cacao.

6.1.1 Costos Directos

Gastos con relación directa a la cinética de secado del cacao.

Tabla 31 :Rubros de cinética del cacao

Recursos	PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN			
	Cantidad	Unidad	V. Unitario	Valor Total
			\$	\$
Deshidratador de frutos	1	Unidad	50,00	50,00
Balanza	1	Unidad	4,75	4,75
Sensor de humedad	1	Unidad	300,00	300,00
Vasos	4	Unidades	0,80	3,20
			TOTAL	357,95

6.1.2 Costos Indirectos

Costos indirectos que influenciaron en el secado del cacao.

Tabla 32 : Rubros de transporte y varios, Fuente Equipo de Investigación

PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN				
Recursos	Cantidad	Unidad	V. Unitario \$	Valor Total
Valores de Encomiendas	4	Entregas	5,00	20,00
Transporte	2	Viajes	80,00	160,00
Alimentación	6	Comidas	2,00	15,00
Comunicación	5	Recargas	3,00	15,00
Cacao	5	Libras	5,00	25,00
TOTAL				225,00

6.2. GASTOS GENERALES

Tabla 33 Gastos Generales, Fuente Equipo de Investigación

PRESUPUESTO GENERAL	
Recursos	Valor Total
	\$
Gastos Directos	357,95
Gastos Indirectos	225,00
TOTAL	582,95

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

- El contenido de humedad de equilibrio muestra un comportamiento decreciente con el incremento de la temperatura. Los valores obtenidos son los siguientes: para el cacao nacional el contenido de humedad varía desde 7,5% para una temperatura constante de 40 °C, hasta 6,3% para un régimen de temperatura constante de 70 °C. Para el cacao mejorado CCN-51 el contenido de humedad varía desde 7,2% hasta 5,2% en los mismos regímenes de temperatura.

- La cinética de secado del cacao nacional y mejorado se ajusta con mayor precisión al modelo matemático de Page donde los valores de los coeficientes muestran variación con respecto a la temperatura en el rango siguiente: para el cacao mejorado $C=0,814-0,942$, $K=1,323-1,951$ y $N=0,576-0,774$. Para el cacao mejorado.
- El costo total de la propuesta tecnológica fue de 582,95 USD, para ello se utilizaron los siguientes equipos: Medidor de humedad AMTAST, Balanza de precisión marca POCKET y un deshidratador de granos en un régimen de temperatura variable desde 35 °C hasta 70 °C.

7.2 Recomendaciones

- Proceder al secado de cacao en un grado ideal de humedad ya que al utilizar cacao con un grado mayor se tiende a tener un tiempo de secado fuera de lo normal y a su vez la utilización de energía se incrementará y no es favorable ya que el fin es economizar recursos y tener mejores resultados.
- No exceder el límite de temperatura establecida ya que al hacerlo el cacao podrá entrar en una fase de cocción.
- El uso de la máquina deshidratador es importante para el secado de cacao ya que es directamente campo alimenticio y al no utilizar este tipo de máquina puede causar complicaciones de salud en procesos posteriores.

8. BIBLIOGRAFIA

- [1] Guamushig Piray Patricio Hernán Guanotasig Tamayo Luis Enrique, ““Diseño E Implementación De Un Secador Híbrido De Cacao Fino De Aroma Para La Finca ‘Santa María’ Ubicada En La Provincia De Esmeraldas Cantón Quinindé En La Parroquia La Unión,” *Univ. Técnica Cotopaxi*, Vol. 1, P. 101, 2020.
- [2] E. P. Arcentales García, “Variación En La Potencial Distribución Del Cultivo De Cacao En La Región Costa Del Ecuador Para El Año 2050, Debido Al Cambio Climático,” Puce-Quito, 2019.
- [3] Pro Ecuador, “Cacao Café Y Elaborados.” .
- [4] Ministerio De Agricultura Y Ganadería, “Cacao Ecuatoriano Es Reconocido En Los ‘Premios Internacionales Del Cacao 2019.’” .
- [5] Camae, “En El 2019 Se Prevé Exportar 330.000 Toneladas Métricas De Cacao - Camae.” .
- [6] G. Vera, “Tipos De Cacao: Forastero, Criollo Y Trinitario - Cocina Y Vino,” 2016, Nov. 03, 2016. <https://www.cocinayvino.com/mundo-gourmet/tipos-cacao-forastero-criollo-trinitario/> (Accessed Aug. 28, 2022).
- [7] J. Jordán, “Analizar Y Validar Un Programa De Rehabilitación En La Poscosecha Del Cacao Ccn51, En La Finca Rami, En La Provincia De Los Ríos,” Escuela Superior Politécnica Del Litoral, Guayaquil, 2013.
- [8] “La Cosecha Manual – República Del Cacao.” <https://republicadelcacao.com/es/blogs/news/the-manual-harvest-cacao> (Accessed Aug. 28, 2022).
- [9] “San Martín Elabora Mapa De Zonas De Incidencia De Plagas En Cultivo De Cacao – Revista Agroexportaciones Y Medio Ambiente.” <https://agroexportaciones.com/2020/08/10/san-martin-elabora-mapa-de-zonas-de-incidencia-de-plagas-en-cultivo-de-cacao/> (Accessed Aug. 28, 2022).
- [10] M. López-Navarrete And E. Hernández-Gómez, “El Proceso De Fermentado Del Cacao (Theobroma Cacao L.),” *Inst. Nac. Investig. For. Agrícolas Y Pecu.*, Pp. 20–24, 2010.
- [11] M. D. Espinoza Osorio, “Fermentación De Cacao (Theobroma Cacao L.) Tipo Criollo En Diferentes Tipos De Fermentadores En Sector La Unión Río Negro,” P. 63, 2011.

- [12] J. Arturo And C. Cava, “Pontificia Universidad Católica Del Perú,” 2015.
- [13] R. Valdivia, “Fundamentos Del Secado Del Cacao,” Pp. 1–48, 2015, [Online]. Available: <https://Cacaofcaug.Files.Wordpress.Com/2015/08/Fundamentos-Del-Secado-Del-Cacao.Pdf>.
- [14] P. Fito Maupoey, A. M. Andrés Grau, A. M. Albors Sorolla, And J. M. Barat Baviera, “Introducción Al Secado De Alimentos Por Aire Caliente,” *Introd. Al Secado Aliment. Por Aire Caliente*, P. 211, 2001.
- [15] F. W. Teneda, “Cinética Del Secado En Las Almendras Fermentadas De Cacao (Theobroma Cacao L.) Variedad Ccn51,” *Univ. Técnica Ambato, Fac. Cienc. E Ing. En Aliment.*, Vol. 10, No. 2, P. 5, 2013.
- [16] R. Meléndez, “Energía Potencial Y Energía Cinética,” Feb. 11, 2019. <https://Www.El Bierzo Digital.Com/Energia-Potencial-Y-Energia-Cinetica/275110> (Accessed Aug. 28, 2022).
- [17] El Secado Del Cacao, “El Secado Del Cacao.” <https://Www.Cacaomovil.Com/Site/Guide/Cosecha-Fermentacion-Y-Secado-Del-Cacao/42/El-Secado-Del-Cacao> (Accessed Aug. 28, 2022).
- [18] D. V. C. L. A. J. Moncada Ajila, “Facultad De Ciencias Químicas Y De La Salud Carrera De Ciencias Médicas,” *Repos. Univ. Técnica Machala*, 2019.
- [19] S. Caillagua And J. Sánchez, “Universidad Técnica De Cotopaxi,” *Univ. Técnica Cotopaxi Fac.*, Vol. 1, P. 101, 2018, [Online]. Available: <http://Repositorio.Utc.Edu.Ec/Bitstream/27000/4501/1/Pi-000727.Pdf>.
- [20] “Producto: Introducción Al Secado De Alimentos Por Aire Caliente.” <https://Www.Lalibreria.Upv.Es/Portaled/Upvgestore/Control/Product> (Accessed Aug. 28, 2022).
- [21] “Secado Artificial - Secado De Granos De Cacao.” <https://1library.Co/Article/Secado-Artificial-Secado-De-Granos-De-Cacao.Yev75x0z> (Accessed Aug. 28, 2022).
- [22] M. Esther And R. López, “Diseño E Implementación De Un Sistema Rotatorio De Flujo Constante Para Secado De Cacao Utilizando Transferencia De Calor Por Convección Y Control Predictivo Basado En Modelo. Autores:,” P. 198, 2012.
- [23] Poscosecha Cacao, “Poscosecha Cacao .” .

- [24] Poscosecha Cacao, “La Fermentación Del Cacao.” .
- [25] Poscosecha Cacao, “Métodos De Secado De Cacao .” .
- [26] B. H. Pourhamid, “Propuesta Para El Uso De Tipos De Secado De Cacao Con Su Insidencia En La Calidad Del Grano,” P. 122, 2013.
- [27] M. A. Bassi, M. A. Lopez, L. Confalone, R. M. Gaudio, L. Lombardo, And D. Lauritano, “Diseño Y Construcción De Una Secadora Automática Para Cacao A Base De Aire Caliente Tipo Rotatorio,” *Nature*, Vol. 388. Pp. 539–547, 2020.
- [28] C. De Ingeniería Electromecánica, C. Toaquizza Segundo Fernando Clavijo Clavijo Henry David, I. Laurencio Alfonso Héctor Luís, And L. -Ecuador, “Universidad Técnica De Cotopaxi Facultad De Ciencias De La Ingeniería Y Aplicadas ‘Diseño Y Construcción De Una Máquina Rebanadora De Papas Chips’ Proyecto De Titulación Presentado Previo A La Obtención Del Título De Ingeniero Electromecánico Autores,” 2018.
- [29] G. E. Instrucciones, “Precauciones Importantes.”
- [30] A. Abarca And M. Aldaz, “Diseño Y Construcción De Un Secador Rotatorio Para La Obtención De Escamas Pet,” P. 134, 2014.
- [31] J. Gavilema And C. Rosillo, “Implementación Experimental De Un Secador Híbrido Para Reducción Del Tiempo En El Secado De Cacao Mejorado.,” Universidad Técnica De Cotopaxi, Latacunga, 2021.
- [32] P. Parra-Rosero, “Secado De Cacao Utilizando Una Cámara Rotatoria Cilíndrica Y Flujo De Aire Caliente Pablo Parra-Rosero,” 2017.
- [33] P. P. Rosero, “Secado Artificial De Cacao . Estado Del Arte,” *Prim. Congr. Sales. Ciencia, Tecnol. E Innovación Para La Soc.*, 2013.
- [34] A. F. F. Castrillón Cueva, *Diseño Y Construcción De Un Prototipo De Máquina Secadora De Cacao Para La Empresa Cacao 3h Ubicada En El Cantón Cumandá. Sangolquí*, 2016.

9. ANEXOS

9.1 Anexo A

9.1 Anexo A	Tema: Informe de Plagio, URCOND	1 de 33
-------------	---------------------------------	---------



Document Information

Analyzed document	Tesis Atiaga Tarco.docx (D143493026)
Submitted	2022-09-01 19:27:00
Submitted by	Cristian Gallardo
Submitter email	cristian.gallardo@utc.edu.ec
Similarity	6%
Analysis address	cristian.gallardo.utc@analysis.orkund.com

Sources included in the report

SA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI / TESIS_PALLO_M_TAPIA_A_30_08_22.docx Document TESIS_PALLO_M_TAPIA_A_30_08_22.docx (D143415319) Submitted by: byron.corrales@utc.edu.ec Receiver: byron.corrales.utc@analysis.orkund.com	17
SA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI / Tesis - defazbryan_chiluisaronald_10mo.docx Document Tesis - defazbryan_chiluisaronald_10mo.docx (D143457625) Submitted by: cristian.gallardo@utc.edu.ec Receiver: cristian.gallardo.utc@analysis.orkund.com	26
SA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI / TESIS_CHILUISA_R_DEFAZ_B_10MO_A.docx Document TESIS_CHILUISA_R_DEFAZ_B_10MO_A.docx (D143490327) Submitted by: cristian.gallardo@utc.edu.ec Receiver: cristian.gallardo.utc@analysis.orkund.com	2
SA	SECADO DE ARRACACHA.docx Document SECADO DE ARRACACHA.docx (D55663575)	1
SA	1CPC_articulo1_Pablo Parra.pdf Document 1CPC_articulo1_Pablo Parra.pdf (D11550297)	1
SA	tesis, diseño de un deshidrador de quinua 1.docx Document tesis, diseño de un deshidrador de quinua 1.docx (D41754457)	4

Entire Document

1. INFORMACIÓN GENERAL Título: Análisis de la cinética del secado de cacao Nacional Ecuatoriano y mejorado

68%	MATCHING BLOCK 1/51	SA TESIS_PALLO_M_TAPIA_A_30_08_22.docx (D143415319)
-----	---------------------	---

Fecha de inicio: 06/04/2022 Fecha de finalización: 22/08/2022 Lugar de ejecución: Región: Sierra Provincia: Cotopaxi Cantón: Latacunga Facultad que auspicia: Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas. Carrera que auspicia: Ingeniería en Electromecánica.

Equipo de Trabajo:
Atiaga Velastegui Jhony Alfonso Tarco Condor Edison Israel PhD. Ing. Héctor Luis Laurencio Alfonso

9.2 Anexo B

9.2 Anexo B	Tema: Medidor de Humedad	1 de 1
--------------------	---------------------------------	---------------



Figura 41 :Medidor De Humedad [35]

El medidor de humedad para cereales es un dispositivo compacto que permite medir 15 diferentes tipos de cereales. Este medidor de humedad para cereales es una herramienta muy útil en molinos, graneros o en la industria que procesa cereales y legumbres. El medidor de humedad para cereales le ayuda a evitar que, antes de almacenar, procesar, comprar o vender, el cereal se estropee debido a un alto contenido de humedad.

El medidor de humedad para cereales necesita solo un pequeño volumen de muestra para realizar la medición. En poco tiempo le indica el valor de humedad en pantalla. El manejo del medidor de humedad para cereales se realiza a través de 4 teclas. El dispositivo se alimenta a través de una pila de 9 V. Gracias a sus dimensiones compactas puede usar el medidor de humedad para cereales de forma móvil.

- Requiere un pequeño volumen de muestra
- Para 15 tipo de cereales
- Posibilidad de ajuste
- Compensación de temperatura
- Manejo sencillo
- Pantalla LCD

DATOS TECNICOS

- Quick, Precisa y conveniente
 - Multi calibración de punto, de corrección de errores
 - Bajo consumo de energía
- y un peso de compensación de temperatura automáticos

Datos técnicos:

para medida de error: menos de +/- 0,5%
 error -Repetitive: menos de 0,2%
 para medida rango: 3-35%
 tiempo para medida: menos de 10 segundos
 temperatura -Environmental: 0-40C

Figura 42 :Datos Técnicos

Cereal	Rango de medición	Resolución	Precisión
Trigo	9 ... 38 %	0,1 %	±0,5 %
Maíz	9 ... 39 %	0,1 %	±0,5 %
Arroz Japónica	8,5 ... 40 %	0,1 %	±0,5 %
Arroz indio	8,9 ... 30,4 %	0,1 %	±0,5 %
Granos de soja	8,9 ... 33,4 %	0,1 %	±0,5 %
Arroz	10,4 ... 26,4 %	0,1 %	±0,5 %
Sorgo	8 ... 35 %	0,1 %	±0,5 %
Semilla de colza	6,4 ... 25,4 %	0,1 %	±0,5 %
Mijo	9,4 ... 28,4 %	0,1 %	±0,5 %
Cacahuetes	5,4 ... 18,9 %	0,1 %	±0,5 %
Cebada	9,4 ... 26,4 %	0,1 %	±0,5 %
Semillas de girasol	7,9 ... 24,4 %	0,1 %	±0,5 %
Granos de café	10 ... 30 %	0,1 %	±0,5 %
Granos de cacao	4,5 ... 17 %	0,1 %	±0,5 %
Sésamo	6 ... 18 %	0,1 %	±0,5 %
Repetibilidad		0,2 %	
Rango de ajuste		± 9,9 %	
Muestra		Aprox. 05 ml	
Temperatura operativa		0 ... 40 °C	
Compensación de temperatura		Automática	
Alimentación		Pila de 9 V	
Desconexión automática		Tras 3 minutos de inactividad	

Figura 43 : Valores De Medida

9.2 Anexo C

9.2 Anexo C	Tema: Balanzas De Granos	1 de 1
--------------------	---------------------------------	---------------



Figura 44 : Balanza De Granos

CS-100_V01_UR_FR_DE_IT_NL_SP

ESPAÑOL

MANUAL PARA BALANZA DIGITAL DE BOLSILLO

INSTRUCCIONES DE USO

Gracias por haber comprado esta balanza de bolsillo. Uso y cuidado apropiados garantizarán que la balanza funcione correctamente y incrementarán la vida útil de la misma. Leer atentamente este manual muy atentamente antes de usar este producto.

MANUTENCIÓN Y FUNCIONAMIENTO

- Evitar las temperaturas extremas. Los resultados mejores se obtienen a temperaturas de ambiente normales. Permitir suficientemente a la balanza en principio de adaptarse a la temperatura ambiente (en caso de fluctuaciones extremas de temperatura, el tiempo necesario por esta operación dura una hora entera!).
- Las partes internas de la balanza necesitan 30 minutos de tiempo de precalentamiento a estabilizarse.
- Mantener la balanza en un lugar limpio. Polvo, suciedad, humedad, vibraciones, corrientes de aire y la proximidad de otros aparatos eléctricos afectan en manera negativa el funcionamiento de la balanza.
- Esta balanza es un instrumento de precisión y por eso tiene que ser utilizada con mucho cuidado. El sensor interno puede ser dañado muy fácilmente en caso que la balanza es brutalmente manipulada.
- Utilizar la balanza solamente sobre una superficie estable, plana y libre de vibraciones.
- Posicionar todos los objetos que se van a pesar con cuidado sobre el plato de la balanza.

DATOS TECNICOS

Capacidad: 50g / 0.01g – 100g / 0.01g – 200g / 0.01g – 500g / 0.01g
 Unidades de medida: g/oz/ct/gn Calibración: calibración automática
 Apagado automático: 10-30sec
 Temperatura de funcionamiento: 10-30°C
 Pantalla : LCD
 Requisitos de energía: 3V (por algunos modelos 6V)

FUNCIONAMIENTO

- Poner la balanza sobre una superficie horizontal y plana. Pulsar el botón « ON/OFF ».
- La pantalla indicará « 0.00 ».
- Poner el objeto que se va a pesar sobre el plato de la balanza.
- Pulsar el botón « MODE » por seleccionar la unidad de medida.

IMPOSTACIÓN DE LA TARA

- Encender la balanza siguiendo este manual.
- Poner el peso tara sobre el plato de la balanza (el peso que debe restarse del peso total = tara).
- Pulsar el botón « TARE ». Ahora la pantalla indica « 0.00 ». El peso de tara ya no será incluido en el peso final.
- Ahora el objeto que se quiere pesar puede ser añadido.

CALIBRACIÓN

En caso que la balanza da una lectura falsa, se puede calibrar la balanza en la manera siguiente : es importante que la balanza está encendida antes de empezar con la calibración. Esperar que la pantalla indica « 0.00 ». Pulsar el botón « CAL » y pulsado, hasta la palabra « CAL » aparece en la pantalla, seguida por el valor « 0.00 » intermitente. Pulsar el botón « CAL » otra vez. Ahora la pantalla indica el peso máximo que puede ser

11

Figura 45 : Modo De Uso

CS-100_V01_UR_FR_DE_IT_NL_SP

medido por la balanza. Poner exactamente este peso máximo sobre el plato de la balanza y pulsar de nuevo el botón « CAL ». Ahora la pantalla indica el peso máximo, seguido por la palabra « PASS ». En este momento la calibración está completada.



No tire sus pilas usadas en la basura de su casa, pero trae sus pilas hasta el punto de recogida cercano.

RESULTADOS ERRÓNEOS

Las causas más comunes de resultados erróneos son las pilas bajas, una errónea calibración, un exceso de peso y una utilización sobre una superficie inestable o no horizontal. La balanza es un instrumento de precisión y por eso tiene que ser manipulada de consecuencia. Manipular con cuidado!

MENSAJES DE ERROR

Indicaciones de la pantalla	Resolución de problemas
Vacia, símbolo de la pila, « Lo » o 88888	Reemplazar la pila
OUT2	Effectuar la calibración
O-Id	La balanza está sobrecargando, eliminar inmediatamente el peso.
EEEE o LLLLL	El sensor de peso está dañado por una errónea manipulación (por ejemplo por vibraciones, una caída o un exceso de peso). Si el sensor no está irreparablemente dañado, es posible de utilizar la balanza de nuevo después de la efectucción de una nueva calibración.
UNST	Utilizar la balanza en un lugar más estable y favorable.

Figura 46 : Resultados

9.3 Anexo D

9.3 Anexo D	Tema: Deshidratador De Granos De 35°C-70°C	1 de 4
-------------	---	---------------



Figura 47 :Deshidratador De Granos 35°C – 70°C



Precauciones Importantes

Quando se utilizan aparatos eléctricos, las precauciones básicas de seguridad deben seguirse, incluyendo:

1. Lea todas las instrucciones.
2. Para protegerse contra incendios, descargas eléctricas y lesiones personales, no sumerja el aparato, el cable o el enchufe en agua o cualquier otro líquido.
3. Si es usada por niños, debe ser supervisado por un adulto.
4. Asegúrese de que el voltaje de la toma de corriente corresponde con el que aparece en la placa de características.
5. Desenchufe del tomacorriente cuando no esté en uso, antes de colocar o quitar piezas y antes de limpiarlo.
6. Durante el funcionamiento, mantenga las manos y el cable lejos de las partes calientes del aparato.
7. No coloque ni utilice el aparato sobre superficies calientes, tales como estufas, hornillos, ni cerca de llamas de gas abiertas.
8. No opere ningún aparato con un cable dañado de enchufe, o después de un mal funcionamiento o si se ha caído o dañado de alguna manera. Devuelva el aparato al centro de servicio autorizado más cercano para su revisión, reparación o ajuste eléctrico o mecánico.
9. No utilice este aparato en exteriores.
10. No permita que el cable cuelgue del borde de la mesa o mostrador, ni que toque superficies calientes.
11. Si el cable de alimentación está dañado, debe ser reemplazado por el fabricante o por un técnico autorizado, a fin de evitar un accidente.
12. No intente reparar este aparato por sus propios medios.
13. No utilice el aparato para otro uso distinto al indicado.
14. Este aparato no está destinado al uso por personas (incluye niños) con reducida capacidad física, sensorial o mental, o falta de experiencia y conocimiento, a menos que les hayan sido dada las instrucciones o una supervisión al respecto del uso del aparato por una persona responsable por su seguridad.
15. Niños deben ser supervisados para asegurar que ellos no jueguen con el aparato.
16. Sólo para uso domestico
17. No deje funcionar el aparato más de 40 horas
18. Después de terminar el uso de su Deshidratador, coloque el interruptor en posición "OFF", desenchufe y deje que se enfríe.

GUARDE ESTAS INSTRUCCIONES

Especificaciones Técnicas

Modelo	Voltaje	Frecuencia	Potencia	Rango Temperatura
BDA020	220 V	50Hz	250 W	35° - 70°

Figura 48 : Especificaciones Técnicas

**Precauciones Importantes**

Cuando se utilizan aparatos eléctricos, las precauciones básicas de seguridad deben seguirse, incluyendo:

1. Lea todas las instrucciones.
2. Para protegerse contra incendios, descargas eléctricas y lesiones personales, no sumerja el aparato, el cable o el enchufe en agua o cualquier otro líquido.
3. Si es usada por niños, debe ser supervisado por un adulto.
4. Asegúrese de que el voltaje de la toma de corriente corresponde con el que aparece en la placa de características.
5. Desenchufe del tomacorriente cuando no esté en uso, antes de colocar o quitar piezas y antes de limpiarlo.
6. Durante el funcionamiento, mantenga las manos y el cable lejos de las partes calientes del aparato.
7. No coloque ni utilice el aparato sobre superficies calientes, tales como estufas, hornillos, ni cerca de llamas de gas abiertas.
8. No opere ningún aparato con un cable dañado de enchufe, o después de un mal funcionamiento o si se ha caído o dañado de alguna manera. Devuelva el aparato al centro de servicio autorizado más cercano para su revisión, reparación o ajuste eléctrico o mecánico.
9. No utilice este aparato en exteriores.
10. No permita que el cable cuelgue del borde de la mesa o mostrador, ni que toque superficies calientes.
11. Si el cable de alimentación está dañado, debe ser reemplazado por el fabricante o por un técnico autorizado, a fin de evitar un accidente.
12. No intente reparar este aparato por sus propios medios.
13. No utilice el aparato para otro uso distinto al indicado.
14. Este aparato no está destinado al uso por personas (incluye niños) con reducida capacidad física, sensorial o mental, o falta de experiencia y conocimiento, a menos que les hayan sido dadas las instrucciones o una supervisión al respecto del uso del aparato por una persona responsable por su seguridad.
15. Niños deben ser supervisados para asegurar que ellos no jueguen con el aparato.
16. Sólo para uso doméstico
17. No deje funcionar el aparato más de 40 horas
18. Después de terminar el uso de su Deshidratador, coloque el interruptor en posición "OFF", desenchufe y deje que se enfríe.

GUARDE ESTAS INSTRUCCIONES

Especificaciones Técnicas

Modelo	Voltaje	Frecuencia	Potencia	Rango Temperatura
BDA020	220 V	50Hz	250 W	35° - 70°

Figura 49: Precauciones importantes



- Frutas 55-60 °C
- Carne, Pescado 65-70 °C

NOTA: Seque los productos siguiendo este manual

5. Cuando termine de usar el aparato, apáguelo colocando el interruptor en la posición "OFF".
- 6.- Deje enfriar los productos.
- 7.- Ponga productos secos en un recipiente o envase para comida y póngala en el refrigerador
8. Desenchufe el aparato.

NOTA: se recomienda poner las 5 secciones en el dispositivo durante su uso, no importa cuántas secciones estén vacíos.

Ejemplos:

1. Los productos se encuentran en la sección superior primero, otras 4 secciones están vacíos. Asegúrese de que la tapa superior esté en el aparato.
2. Los productos están en los primeros 2 secciones, otras 3 secciones están vacíos. Asegúrese de que la tapa superior está en el aparato.

Instrucción Adicional

Lavar y secar los productos antes de ponerlos en el aparato. No coloque productos húmedos.

¡ATENCIÓN! No ponga las secciones del deshidratador con los productos si estos tienen agua.

Cortar las partes malas de los alimentos. Cortar los productos de tal manera de situar libremente entre las secciones. La duración del secado de productos depende del espesor de las piezas en el que se corte, rebane etc.

Se puede cambiar la posición de las secciones si no se secaron bien todos los productos en él. Usted puede poner secciones superiores hacia abajo, más cerca a la base de poder, y las secciones inferiores hacia arriba. Algunas de las frutas pueden estar con cascara, razón por la cual la duración del secado puede aumentar. Para evitar esto es mejor hervir los productos durante aproximadamente 1-2 minutos y poner al agua fría y luego secar, antes de meterlos en la máquina.

DEBE SABER: LA DURACIÓN DE SECADO INDICADO EN ESTE INSTRUCTIVO ES APROXIMADA

Figura 50 : Instrucción Adicional



La duración del secado depende de la temperatura y la humedad de la habitación, el nivel de humedad de los productos, el grosor de las piezas, etc

Secado de frutas

- * Lave las frutas.
- * Sacar cuezco y cortar las partes estropeadas.
- * Cortar en pedazos que se pueden colocar libremente entre las partes.
- * Usted puede poner a los frutos jugo de limón y así no desvanecen.
- * Si desea que sus frutos tengan un olor agradable, puede agregar canela .

Secado de Verduras

- * Lave las verduras.
- * Sacar los tallos y cortar las piezas estropeadas.
- * Cortar en pedazos que se puedan colocar libremente en el aparato.
- * Es mejor hervir las verduras durante unos 1-5 minutos, luego pasar por agua fría y secar.

Secado de Plantas Medicinales

- * Se recomienda secar las hojas nuevas.
- * Después del secado, es mejor poner las plantas medicinales en bolsas de papel o latas de vidrio y colocarlas en un lugar fresco, seco y oscuro.

Almacenamiento de Frutas Deshidratadas

- * Los recipientes para el almacenamiento de los productos secos deben estar limpios y secas.
- * Para un mejor almacenamiento de frutas secas utilizar envases de vidrio con tapas de metal y colocarlas en un lugar oscuro y seco (5-20 °C)
- * Durante la primera semana después del secado es mejor comprobar si el recipiente está húmedo. Si es así, significa que los productos no se secaron bien y se debe secar de nuevo.

¡ATENCIÓN! No coloque productos calientes ni tibios a almacenar, espere siempre que se enfríen.

Preparación Preliminar de Frutas

A continuación puedes ver algunas recomendaciones útiles para el secado de frutas y así conservar su color natural y sabor.

Tome 1/4 de jugo de fruta (natural preferiblemente). Recuerde que el jugo, que se toma, debe corresponder a la fruta que usted prepara. Por ejemplo, para la preparación de las manzanas usted debe usar jugo de manzana.

Figura 51 : Tipos De Secado



Mézcle el jugo con 2 vasos de agua. Sumergir las frutas preliminares procesados (ver "Tabla de preparación de las frutas para el secado") en el líquido preparado durante 2 horas.

Tabla de Preparación de Frutas

Nombre	Preparación	Resultado una vez seco	Horas de deshidratado
Durazno	rebane y saque el cuezco	suave	12-26
Cáscara de naranja	corte en tiritas	frágil	8-16
Piña fresca	Pele y rebane o corte en cubitos	duro	6-36
Piña en conserva	Chufete el Jugo y séquelolo	suave	6-36
plátano	corte en rebanadas de 3-4 ml	crujiente	8-36
Uva	no es necesario cortarlas	suave	8-36
Guinda	saque el cuezco cuando esté a medio deshidratar	duro	8-26
damasco	saque el cuezco cuando esté a medio deshidratar	suave	10-34
Para	pele y rebane	suave	10-34
Manzana	Pele saque la coronta y corte a su gusto	suave	10-34

AVISO: El tiempo y las formas de tratamiento preliminar de los frutos que se describen en la tabla son sólo preferencias personales de los clientes y pueden diferir de los descritos en la tabla según su gusto.

Preparación Preliminar de verduras

1. Se recomienda hervir habas, coliflor, brócoli, espárragos y papas.

Poner las verduras preparadas preliminares en una olla con agua y hervir durante unos 3-5 minutos. Vertir el agua y poner las verduras en el aparato.

2. Si desea agregar un golpe de limón para habas, espárragos, etc, sólo hay que ponerles el jugo de un limón durante aproximadamente 2 minutos.

AVISO: Las recomendaciones anteriores son sólo referenciales y no es necesario seguirlas.

Tabla de Preparación de Verduras

Nombre	Preparación	Resultado una vez seco	Horas de deshidratado
berenjenas	pele y rebane en trozos de 6-12 mm	suave	6-18
Brocoli	pele y corte, vaporice 3-5 min	suave	6-18
Champiñones	Pele y rebane o corte en cubitos	duros	6-14
porotos verdes	corte y hierva	suave	8-26
tallos	porte en piezas 6mm	suave	6-18
coliflor	hierva hasta que esté blando	suave	6-16
Papa	corte y hierva 8-10 min	crujiente	8-30
Cebolla	corte en redondeles	crujiente	8-14

Figura 52 : Horas De Deshidratación



AVISO: El tiempo y las formas de tratamiento preliminar de las hortalizas que se describen en la tabla sólo son preferencias personales de los clientes y puede diferir según su gusto.

Pescado

Se recomienda hervir o cocer antes del comienzo del secado (hornear durante unos 20 minutos con una temperatura de 200 grados o hasta que el pescado esté como para freirlo).

Secar durante aproximadamente 2-8 horas y hasta que toda la humedad se ha ido.

Carnes en General

Preparar, cortarlo en trozos pequeños y poner en el aparato durante unas 2-8 horas o hasta que toda la humedad se haya ido.

Limpieza y Mantenimiento

- Desenchufe el aparato y deje que se enfríe completamente antes de limpiarla.
- No utilice productos de limpieza abrasivos o esponjas abrasivas.
- Nunca sumerja el aparato en agua o cualquier otro líquido.
- Limpie cada parte con agua caliente, un paño húmedo y detergente líquido y luego secalos cuidadosamente.

Garantía

Este aparato está garantizado durante 1 año a partir de la fecha de compra contra cualquier defecto de fabricación. La garantía quedará totalmente anulada, si la avería se ha producido por golpes, ralladuras, caídas, instalación incorrecta por parte de un servicio externo no autorizado por BLANIK, desgaste producido por maltrato o uso indebido, casos fortuitos o de causa mayor y en aquellos modelos que posean luz interior, los casos de ampollas quemadas. Durante este período de garantía, el aparato será reparado sin costo alguno, en los Servicios Técnicos Autorizados por BLANIK. Es imprescindible presentar la boleta de compra cuando se solicite la garantía. La garantía se debe tramitar directamente con el distribuidor con el que se adquirió el producto.

Ante consultas o comentarios llamar al 27992043, o contactarse al correo serviciotecnico@topkitchen.cl

Figura 53 : Productos De Deshidratación