



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“DISEÑO DE UN SECADOR DE BANDEJAS PARA EL SECADO
DE MAÍZ, QUINUA Y AMARANTO EN LA HACIENDA SAN
JORGE”.**

Tesis de grado presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTOR: MARÍA DEL SOCORRO GARCÍA VALVERDE
TUTOR: ING. HANNIBAL BRITO

Riobamba – Ecuador

2013

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, de ante mano agradezco a Jehová ese ser invisible que ha estado a mi lado en cada instante de mi vida guiándome, cubriéndome con su luz día a día durante esta gran travesía para alcanzar este sueño dorado.

A esos seres extraordinarios que tengo aquí en la tierra mi madre y mis hermanos los cuales me han brindado todo su apoyo durante esta larga travesía, llenándome de amor, comprensión y entusiasmo para qué nunca desmaye en conseguir mis metas a lo largo de mi vida.

A esta gran institución que un día me abrió sus puertas. Donde me he llenado de conocimiento, amigos y sabiduría. La Escuela de Ingeniería Química de la Facultad de Ciencias, de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. A los profesores en especial al Ingeniero Hannibal Brito director de mi tesis y al Ingeniero Cesar Avalos colaborador, por brindarme su apoyo y colaboración, quien con sus criterios acertados y oportunos lograron que este trabajo de tesis de grado haya culminado de manera correcta y exitosa, y a todas aquellas personas de una u otra manera con sus valiosos aportes han hecho posible la culminación del presente trabajo investigativo.

María García

DEDICATORIA

Dedico desde lo más profundo de mi corazón cada una de estas páginas las cuales fueron escritas con mucho amor, dedicación y optimismo, a las personas que más amo que son ese aliento y motor que me impulsan día a día durante lo largo de mi vida, mi madre Cristina Valverde que con sus consejos, amor y sacrificio ha logrado hacer que cumpla mis metas, a mis hijos: Luana, Ismael que son el motor de mi vida, al padre de mis hijos Jorge Nazareno, mis queridos hermanos Gerardo, Ana del Carmen, Milena y Giovanni gracias por su apoyo los quiero mucho y los llevo en mi corazón.mil gracias.

María García Valverde

ESCUELA SUPERIOR POLITECICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESUELA DE INGENIERIA QUÍMICA

El tribunal de tesis certifica que El trabajo de investigación “DISEÑO DE UN SECADOR DE BANDEJAS PARA EL SECADO DE MAÍZ, QUINUA Y AMARANTO EN LA HACIENDA SAN JORGE, de responsabilidad de la señorita María del Socorro García Valverde ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis quedando autorizado su presentación.

NOMBRES

FIRMA

FECHA

•
Ing. Hannibal Brito M.
DIRECTOR

.....

.....

Ing. César Avalos I.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....

.....

COORDINADOR
SIBIB ESPOCH

.....

.....

HOJA DE RESPONSABILIDAD

“Yo María del Socorro García Valverde, “soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Memoria de grado, y el patrimonio intelectual de la tesis de grado pertenecen a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”.

MARIA DEL SOCORRO GARCIA VALVERDE

INDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO

PORTADA	
AGRADECIMIENTO.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
PAGINA DE CERTIFICACIÓN	iv
HOJA DE RESPONSABILIDAD.....	v
INDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xviii
RESUMEN.....	xix
SUMARY.....	xx
INTRODUCCIÓN.....	1
ANTECEDENTES.....	2
JUSTIFICACIÓN.....	4
OBJETIVO.....	5
GENERAL.....	5
ESPECÍFICO.....	5
CAPITULO I	
1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	6
1.1 ORIGEN E HISTORIA DE LA QUINUA, AMARANTO Y MAÍZ.	6
1.1.1 <i>Quinua</i>	6
1.1.2 <i>Amaranto</i>	7
1.1.3 <i>Maiz</i>	8

1.3	DESCRIPCIÓN BOTANICA DE LA QUINUA, AMARANTO Y MAÍZ.....	12
1.3.1	<i>Quinoa</i>	12
1.3.1.1	<i>Planta</i>	12
1.3.1.3	<i>Tallo</i>	12
1.3.1.4	<i>Hojas</i>	13
1.3.1.5	<i>Flor</i>	13
1.3.1.6	<i>Fruto</i>	14
1.3.1.7	<i>Semilla</i>	14
1.3.1.8	<i>Inflorescencias</i>	15
1.3.2	<i>Amaran</i>	15
1.3.2.1	<i>Planta</i>	15
1.3.2.2	<i>Raíz</i>	15
1.3.2.3	<i>Tallo</i>	16
1.3.2.4	<i>Hojas</i>	16
1.3.2.5	<i>Flor</i>	16
1.3.2.6	<i>Fruto</i>	17
1.3.2.7	<i>Semillas</i>	17
1.3.3	<i>Maíz</i>	18
1.3.3.1	<i>Planta</i>	18
1.3.3.2	<i>Raíz</i>	18
1.3.3.3	<i>Tallo</i>	18
1.3.3.4	<i>Hojas</i>	18
1.3.3.5	<i>Granos</i>	19
1.3.3.6	<i>Inflorescencias</i>	19
1.4	VALOR NUTRITIVO Y USO DE LA QUINUA, AMARANTO Y MAÍZ.....	21
1.4.1	<i>Quinoa</i>	21
1.4.1.1	<i>Valor Nutritivo</i>	21
1.4.1.2	<i>Uso</i>	21
1.4.2	<i>Amaranto</i>	22
1.4.2.1	<i>Valor Nutritivo</i>	22
1.4.2.2	<i>Usos</i>	24
1.4.3	<i>Maíz</i>	24

1.4.3.1	<i>Valor Nutritivo</i>	24
1.4.3.2	<i>Usos</i>	26
1.5	ÉPOCA DE SIEMBRA Y VARIEDADES DE LA QUINUA.	25
	AMARANTO Y MAÍZ.....	27
1.5.1	<i>Quinua</i>	27
1.5.1.1	<i>Época de siembra</i>	27
1.5.1.2	<i>Variedades</i>	27
1.5.2	<i>Amaranto</i>	28
1.5.2.1	<i>Época de siembra</i>	28
1.5.2.2	<i>Variedad</i>	28
1.5.3	<i>Maíz</i>	29
1.5.3.1	<i>Época de siembra</i>	29
1.5.3.2	<i>Variedades</i>	30
1.6	SECADO.....	31
1.6.1	<i>Concepto de Secado</i>	31
1.6.2	<i>Generalidades del Secado</i>	31
1.6.3	<i>Operación Unitaria</i>	32
1.6.4	<i>Secado de un sólido</i>	32
1.6.5	<i>Objetivo del secado</i>	33
1.6.6	<i>Operaciones de secado</i>	33
1.6.7	<i>Proceso de secado</i>	34
1.6.8	<i>Factores que intervienen en el secado.</i>	36
1.6.9	<i>Clasificación de los secadores</i>	38
1.6.9.1	<i>Secadores Directos</i>	38
a.	Secadores D-Continuos	38
b.	Secadores D-Por Lotes	39
1.6.9.2	<i>Secadores Indirectos</i>	39
a.	Secadores I- Continuos	39
b.	Secadores I-Por Lotes.....	39
1.6.10	<i>Tipos de secadores</i>	40
a.	Equipos discontinuos.....	40
b.	Equipos continuos	40
c.	Otros secadores algo más evolucionados.....	41

1.6.11	<i>Cinética del secado</i>	41
1.6.11.1	<i>Características Generales</i>	41
1.6.11.3	<i>Curva de régimen de secado</i>	43
1.6.12	<i>Clasificación de la operación de secado</i>	45
1.6.13	<i>Elección del tipo de secador</i>	47
1.6.14	<i>Secador de bandejas</i>	48
1.6.14.1	<i>Usos del secador de bandejas:</i>	49
1.6.14.2	<i>Situaciones bajo las cuales se puede usar el secador de bandejas</i>	49
1.6.14.3	<i>Ventajas del Secador de Bandejas</i>	50
1.6.14.4	<i>Componentes principales del equipo</i>	51
1.6.14.5	<i>Pruebas de ensayo de secado</i>	55
1.6.14.6	<i>Etapa de Secado</i>	56
1.7	DISEÑO DEL EQUIPO	57
1.7.1	<i>Ecuaciones para el diseño del secador de bandejas</i>	58

CAPITULO II

2.	PARTE EXPERIMENTAL	62
2.1	MUESTREO	62
2.2	METODOLOGIA	63
2.2.1	<i>Métodos</i>	63
2.2.1.1	<i>Métodos Inductivo</i>	63
2.2.1.2	<i>Métodos Deductivos</i>	64
2.3	TÉCNICAS	65
2.3.1	<i>Determinación de cenizas</i>	65
2.3.2	<i>Determinación de humedad y sustancia seca</i>	66
2.3.3	<i>Determinación de proteína</i>	67
2.3.4	<i>Determinación de grasa</i>	69
2.3.5	<i>Determinación del extracto libre no nitrogenado</i>	70
2.4.2	<i>Diagnóstico</i>	72
2.4.3	<i>Datos Adicionales</i>	73
2.4.3.1	<i>Análisis sensorial diferencial del amaranto crudo y maíz húmedo</i>	73

CAPITULO III

3.	DISEÑO DE UN SECADOR DE BANDEJAS PARA EL SECADO	74
	DE QUNINUA, MAÍZ Y AMARANTO	74
3.1	CÁLCULOS.....	74
3.1.1	<i>Datos procesados para la obtener las diferentes variables.</i>	74
3.1.2	<i>Variables del proceso</i>	77
3.1.2.1	<i>Cálculo de la velocidad de secado y del tiempo de secado para cada periodo.</i>	77
3.1.2.2	<i>Método de integración gráfica</i>	79
3.2	BALANCE DE MASA	85
3.3	BALANCE DE ENERGÍA	89
3.3.1	<i>Cálculo de calor sensible (Cs)</i>	89
3.3.2	<i>Cálculo del calor latente (cl).</i>	89
3.3.3	<i>Cálculo del calor suministrado para llevar de 22C a 86 C de vapor saturado.</i>	90
	<i>C a 80 C.</i>	90
3.3.5	<i>Cálculo del calor total necesario para calentar el sistema.</i>	91
3.3.6	<i>Cálculos Adicionales.</i>	91
3.3.6.1	<i>Cantidad de aire necesario que debe proporcionar el ventilador</i>	91
3.3.6.2	<i>El caudal necesario</i>	92
3.4	RESULTADOS	93
3.4.1	<i>Curvas de humedad en función del tiempo.</i>	93
3.4.2	<i>Curvas de velocidad en función de la humedad</i>	99
3.5	DIMENSIONAMIENTO DEL SECADOR DE BANDEJAS.	106
3.5.1	<i>Materiales auxiliares.</i>	107
3.5.2	<i>Materiales utilizados para la construcción del secador de bandejas</i>	107
	CONCLUSIONES	109
	RECOMENDACIONES	111
	ANEXOS.....	114

INDICE DE ABREVIATURAS

Δv	Calor latente de vaporización del agua
$^{\circ}\text{Bx}$	Grados Brix
A	Área (m)
AACC	Asociación Americana de Química Cereales
Cm	Centímetros
Cp.	Capacidad calorífica (Kcal/kg)
C	Grados Celsius
G	Gramos
H	Horas
Hi	Entalpía específica del aire (kJ/kgg ³)
Hj	Poder calorífico inferior (kJ/ kgg ³)
Hf	Entalpía final (kJ/mol)
Hs	Poder calorífico superior(kJ/kgg ³)
INNEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
Kcal	Kilocalorías
k/h	Kilometro por horas
Lb	Libra
M	Metro
Mg	Miligramos

mg/kg	Miligramos por kilogramos
mg/l	Miligramos por litros
ml	Mililitros
P	Peso
Pa	Pascales (kg/m.s ²)
Ppm	Partes por millón (mg/kg)
S	Peso del sólido seco (g)
To	Temperatura de referencia (°C)
UI	Unidades Internacionales
Ye	Volumen específico del aire (m ³ /kg)
W	Velocidad media de secado(kg/hm ²)
χ^*	Humedad libre(kgH ₂ O/kg de sólido seco)
Θ	Tiempo (h)
Θ_a	Tiempo ante crítico (h)
Θ_p	Tiempo pos crítico (h)
Δx	Variación de humeada (kgH ₂ O/kg de sólido seco)
$\Delta \theta$	Variación de tiempo (h)

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación: 1	Humedad (en base seca)	54
Ecuación: 2	Humedad (en base húmeda).....	59
Ecuación: 3	Velocidad de periodo constante	59
Ecuación: 4	Velocidad total.....	60
Ecuación: 5	Tiempo de secado en el periodo constante	61
Ecuación: 6 (a)	Tiempo de secado en el periodo decreciente	61
Ecuación: 7(b)	Tiempo de secado en el periodo decreciente	61
Ecuación: 8	Tiempo de secado	61
Ecuación: 9	Balance de Masa	85
Ecuación: 10	.....	86
Ecuación: 11	.....	86
Ecuación: 12	.....	86
Ecuación: 14	.....	86
Ecuación: 15	.....	87
Ecuación: 16	Calor sensible	89
Ecuación: 17	Calor latente.....	89
Ecuación: 18	Calor del vapor saturado	90
Ecuación: 19	Calor del sistema	90
Ecuación: 20	Calor total del sistema	91
Ecuación: 21	Densidad del aire.	91
Ecuación: 22	Volumen del aire	91
Ecuación: 23	Caudal del aire	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1	Planta de Quinoa.....	7
Figura 2-1	Planta de Amaranto.....	8
Figura 3- 1	Planta de Amaranto.....	10
Figura 4 -2	Formas de las hojas de quinua	13
Figura 5-1	Forma de la semillas de Quinoa.....	14
Figura 6 -1	Inflorescencia masculina.....	20
Figura 7 -1	Inflorescencia Femenina	20
Figura 8-1	Visión esquemática de la transferencia de masa y calor en el secado.....	35
Figura 9-1	Curva de humedad en función del tiempo	42
Figura 10-1	Curva de velocidad de secado en función de la humedad libre	44
Figura 11-1	Diferentes tipos de humedad.....	46
Figura 12-1	Esquema de un secador de bandejas.....	50
Figura 13-3	Gráfico del comportamiento de (x) frente a (1/w) en el maíz.....	80
Figura 14-3	Gráfico del comportamiento de (x) frente a (1/w) en el amaranto.....	80
Figura 15-3	Gráfico del comportamiento de (x) frente a (1/w) en la quinua.....	81
Figura 16-3	Gráfica del cambio de humedad en el maíz a 50 °C.....	93
Figura 17-3	Gráfica del cambio de humedad en el maíz a 60 °C.....	94
Figura: 18-3	Gráfica del comportamiento de la humedad en función del tiempo.....	86
	a diferentes temperaturas de secado para el maíz.....	94
Figura: 19-3	Gráfica del cambio de humedad en el amaranto a 50 °C.....	95
Figura: 20 -3	Gráfica del comportamiento de la humedad en función del tiempo.....	88
	a diferentes temperaturas de secado en el amaranto.....	96
Figura: 21-3	Gráfica del cambio de humedad en la quinua a 50 °C.....	97
Figura: 22-3	Gráfica del cambio de humedad en la quinua a 60 °C.....	98

Figura:23-3	Gráfica del comportamiento de la humedad en función del tiempo.....90 a diferentes temperaturas de secado en la quinua. ....98
Figura 24-3	Gráfico de la variación de velocidad de secado (W) en función de (x).....91 50 °C .....99
Figura 25-3	Gráfico de la variación de velocidad de secado (W) en función de (x) ....91 a 60 °C 100
Figura 26-3	Gráfica del comportamiento de la velocidad en función del tiempo.....92 a diferentes temperaturas de secado 100
Figura 27-3	Gráfico de la variación de velocidad de secado (W) en función de (x).....93 a 50 °C 101
Figura 28-3	Gráfico de la variación de velocidad de secado (W) en función.....93 de (x) a 60°C 102
Figura: 29	Gráfica del comportamiento de la velocidad en función del tiempo.....94 a diferentes temperatura de secado 102
Figura 30-3	Gráfico de la variación de velocidad de secado (W) en función .....95 de (x) a 50 °C 103
Figura 31-3	Gráfico de la variación de velocidad de secado (W) en función .....95 (x)a 60 °C..... 104
Figura: 32-3	Gráfica del comportamiento de la velocidad en función del tiempo.....96 a diferentes temperaturas de secado 104

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1	Clasificación taxonómica de la quinua	11
Tabla 2-1	Clasificación taxonómica del amaranto	11
Tabla 3-1	Clasificación taxonómica del maíz	11
Tabla 4-1	Valor nutritivo del Amaranto.	23
Tablas 5-1	Composición química proximal de las partes principales de los granos de..	22
	maíz (%)	25
Tabla 6 -1	Composición en 100 gramos de porción comestible	25
Tabla 7-1	Material disponible en la fía.	29
Tabla 8-1	Variedades de maíces de altura que posee el INIAP/ Ciclo de cultivo	30
	y zona de adaptación.....	30
Tabla 9-1	Definición de las características del material a secar.....	46
Tabla10-1	Variables e Indicadores	56
Tabla 11-2	Determinación de cenizas de la quinua, amarantoy maíz.	65
Tabla 12-2	Determinación de humedad y sustancia seca de la quinu, amaranto y maíz. .	66
Tabla 13-2	Determinación de proteína de la quinua, amaranto y maíz.	67
Tabla 14-2	Determinación de la grasa	69
Tabla 15-2	Determinación del extracto libre de nitrógeno de la quinua, amaranto	63
	y maíz	70
Tabla 16-2	Análisis del grano de quinua	71
Tabla 17-2	Análisis del grano de amaranto	71
Tabla 18-2	Análisis del grano de maíz.	71
Tabla 19-2	Análisis sensorial diferencial del amaranto crudo y del maíz húmedo.	73
Tabla 20 -3	Datos procesados para obtener las diferentes variables	74
Tabla 21-3	Datos procesados para obtener las diferentes variables.	75
Tabla 22-3	Datos procesados para obtener las diferentes variables	76

Tabla 23-3	La Humedad x en función de $1/w$	79
Tabla 24-3	La Humedad x en función de $1/w$	80
Tabla 25-3	La Humedad x en función de $1/w$	81
Tabla 26 -3	Resultados de la pérdida de humedad vs el tiempo en base seca (maíz)	93
Tabla 27-3	Resultados de la pérdida de humedad en función del tiempo en base	86
	seca (amaranto).....	95
Tabla 28-3	Resultados de la pérdida de humedad vs tiempo en base seca (quinua).....	97
Tabla 29-3	Resultados de la velocidad de secado vs tiempo (maíz)	99
Tabla 30 -3	Resultado de la velocidad desecado en función del tiempo (amaranto)....	101
Tabla 31-3	Resultado de la velocidad desecado en función del tiempo (quinua).....	103
Tabla 32-3	Dimensiones del Equipo.....	106
Tabla 33-3	Especificaciones del Vente rol	108
Tabla 34-3	Datos técnicos de la malla de acero	107
Tabla 35-3	Materiales primarios utilizados en la construcción del secador	107
Tabla 36-3	Materiales eléctricos utilizados en la construcción del secador	108
Tabla 37-3	Materiales secundarios que pueden ser utilizados para la construcción....	100
	del secador	109
Tabla 38-3	Maquinaria que se puede utilizar en la construcción de secador.....	109

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I	PROTOTIPO DEL SECADOR DE BANDEJAS.....	115
ANEXO II	GRANOS DE AMARANTO REQUISITOS (NORMA INEN)	116
ANEXO III	GRANOS Y CERALES MAÍZ REQUISITO (NORMA INEN)	117
ANEXO IV	GRANO DE QUINUA REQUISITOS (NORMAS INEN)	118
ANEXO V	ANALISIS BROMATOLOGICO DE LA QUINUA	119
ANEXO VI	ANALISIS BROMATOLOGICO DEL AMARANTO	120
ANEXO VII	ANALIS BROMATOLOGICO DEL MAÍZ.....	121
ANEXO VIII	DISEÑO DEL SECADOR DE BANDEJAS	122
ANEXO IX	DISEÑO DEL SECADOR DE BANDEJAS.....	123

RESUMEN

El Diseñar un Secador de Bandejas, para el secado y deshidratación de la quinua, amaranto y maíz para la hacienda San Jorge. Ubicada en el cantón Chimbo, comunidad San Vicente, km.2.5 Panamericana Sur, para cubrir las necesidades que tiene para la conservación y venta al mercado de sus granos cultivados como microempresarios optimizar el tiempo de secado y mejorar su producción interna, La obtención de datos se realizó en un secador de prototipo que posee la Escuela de Ingeniería Química en el laboratorio de Procesos Industriales, identificamos que cada grano cumpla con ser apto para el consumo humano de acuerdo las norma INEN (2012:07); (1988:06);(1995:10), pesando 0.26kg sobre papel aluminio de cada material, colocándolos luego en cada una de las bandejas del secador con temperaturas de prueba de 50 °C y 60 °C, tomando cada dos horas la pérdida de humedad que va teniendo el material. Al final se obtiene datos experimentales que servirán como base para la identificación de algunas variables como Temperatura, Tiempo, Velocidad, Presión las cuales se observan a través de las diversas curvas de secado que se presenta tanto en función de la Humedad vs tiempo y Velocidad vs Humedad. El material de construcción seleccionado es el acero AISI 304, el aislante térmico es lana de vidrio y de un dispositivo que nos permitirá controlar la temperatura durante el proceso de secado. Por lo cual técnicamente el equipo es de secado discontinuo con 6 bandejas, con capacidad de carga de 21 kg/ por bandeja es decir su carga total es de 126kg de carga. Las dimensiones exteriores del equipo son 2,50 m de largo, 1,70 m de ancho, 2.00 m de altura e interior 2,44 m de largo, 1.68 de ancho y 1.80 de alto, con un calor sensible 115, 36 BTU/Lb, un volumen de aire de 38,75 m³/h una cantidad de calor total de 178,76 kcal. El tiempo desecado es 42 y 36 horas a una temperatura de 60 ° C, con una humedad inicial de 32,11%; 25,28% y 26,32% y una humedad final de 14,2%; 8,1% y 10,0%. El diseño propuesto de este equipo es pensando en maximizar la producción de secado de la hacienda San Jorge, esperando que su construcción se realice en el menor tiempo posible y pueda satisfacer las necesidades como microempresarios.

Palabras Claves:

<SECADOR DE BANDEJAS><TEMPERATURA><PRESIÓN><DESHIDRATACIÓN DE QUINUA><DESHIDRATACIÓN DE MAIZ><DESHIDRATACIÓN DE AMARANTO>
<TIEMPO><VELOCIDAD><SECADO><CALOR SENCIBLE><HACIENDA SAN JORGE><CHIMBO CANTON><COMUNIDAD SAN VICENTE>

ABSTRASCT

Design a tray dryer for drying and dehydration of quinoa, amaranth and com corn to San Jorge farm. It is located in the Chimbo canton, San Vicente community, km.2.5 South Pan-American Highway, to meet the needs it has for the preservation and sale of their grain to market. They have grown as entrepreneurs and optimized the drying time and improve internal production. Data collection was performed in a dryer prototype that has School of Chemical Engineering in the Laboratory of Industrial Process. We identified that each grain meets to fit for human consumption in accordance with INEN standard (2012:07); (1888:06) ;(1995:10), weighing 0,26 kg on aluminum foil of each material, then placing them in each dryer trays with test temperature of 50 °C and 60 °C, taking every two hours the moisture loss material having far. At the end, it is obtained experimental data which serve as the basis for identifying variables such as temperature, time speed, pressure.

They are observed through various drying curves presented both as a function of humidity vs. time and speed vs. humidity. The selected construction material is Steel AISI 304; the thermal insulator is glass wool and a device that allow us to control the temperature during the drying process. Therefore, the equipment is technically discontinuous drying with 6 trays. The load capacity is 21 kg / per tray, it means that the total load is 126 kg load. The outer dimensions of the equipment are 2,50 m long 1,70 m wide, 2,00 m high and 2,44m inside long, 1,68 wide and 1,80 high, with a sensible heat 115,36 BTU/Lb.an air volume 38,75 m³/h and a total heat quantity of 178,76 kcal. The drying time is 42 to 36 hours at a temperature of 60 °C, with an initial moisture of 32, 11%; 25, 28 % and 26, 32% and a final moisture content of 14, 2%; 8, 1% and 10, 0%. The proposed design of this team is thinking about maximizing production drying of San Jorge Farm, hoping that its constriction is carried out in the shortest possible time and can meet the needs as entrepreneurs.

Kywords:

<TRAY DRYER><TEMPERATURE><PRESURE><DEHYDRATION
QUINUA><DEHYDRATION CORN><DEHYDRATION
AMARANTO><TIME><SPEED><DRY SENSIBLE HEAT><SAN JORGE
FRAM><CHAMBO CANTON><SAN VICENTE COMMUNITY>

INTRODUCCIÓN

En la sierra ecuatoriana existen una serie de cultivos autóctonos importantes, entre los cuales se destacan a la Quinua, Amaranto y Maíz. Los mismos son utilizados en la alimentación diaria; en provincias como Chimborazo el cultivo de estos granos va en gran crecimiento convirtiéndose en una gran productora de estas gramíneas.

El amaranto es conocido como el “grano de oro”, este seudocereal posee muchos nutrientes de ahí se deriva su nombre; al amaranto no le falta ninguno de los aminoácidos esenciales que el ser humano necesita, contiene hasta un 24% de excelentes proteínas.

En el podemos encontrar trazas minerales como: Sodio, Flúor, Yodo, Calcio, Fósforo, Hierro, Magnesio, Zinc, Boro, Aluminio, Bario, Estroncio, y Cromo. Además vitaminas A y C, ácidos grasos en especial el ácido oleico, esteárico, palmítico y araquidónico de mucha importancia en el metabolismo del ser humano. Con el contenido de lisina es superior a 5g por cada 100g de proteínas y aminoácidos necesario para el desarrollo del cerebro, equivalente a la leche de vaca y la yema de huevo.

La Quinua es un seudocereal con un excepcional valor nutritivo, contiene muchas proteínas así como los 10 aminoácidos esenciales que ser humano necesita, entre ellos la lisina, calcio, y a la leche materna.

El Maíz es un cereal que se destaca por las notables cantidades de hidratos de carbono, que necesitamos, aporta provitaminas A y folatos, minerales como: magnesio, fósforo, y el potasio.

El secado es un proceso donde se elimina el contenido de humedad que contiene un sólido mediante la evaporación, así como un sistema de conservación y prevención del crecimiento microbiano, reduciendo de esta manera el costo de transporte y el almacenamiento de los mismos; por ello este método se empleó para la deshidratación de la quinua, amaranto y maíz, donde a partir de la remoción del líquido que cada uno de los granos tienen podremos obtener un producto de buena calidad y la conservación de sus proteínas y minerales que cada uno de los alimentos contienen.

Determinándose cada una de las variables que intervienen en el proceso, como la temperatura a la que se consigue secar a la quinua, amaranto y el maíz; así cada una de las curvas de secado para a través de ello poder obtener el diseño del secador de Bandejas.

ANTECEDENTES

El uso de los equipos de secado se originó entre la Primera y Segunda Guerra Mundial se construyeron diversas unidades experimentales de secado. En aquella época sólo funcionaban algunas unidades comerciales, las que se destinaban, fundamentalmente, a la deshidratación de frutas, verduras, heno y al secado de semillas de maíz.

Después de la Segunda Guerra Mundial se hicieron comunes las grandes unidades de secado de granos y otros alimentos comerciales, y en las haciendas se empezó a secar grandes cantidades de ellos con la utilización de estos equipos.

Este aumento en la demanda de secado fue consecuencia del desarrollo de los métodos mecánicos de cosecha. En América Latina, una parte importante de la producción de granos y alimentos se seca todavía en forma primitiva, es decir, se seca en el campo durante largos períodos. El uso de esta técnica acarrea elevadas pérdidas de producción, puesto que los alimentos quedan expuestos, durante lapsos prolongados, a condiciones adversas y a la acción de depredadores.

La tecnología del secado ha sufrido nuevas transformaciones de calidad y velocidad de producción al inicio de la revolución industrial (1790), con el fin de satisfacer nuevos requerimientos compatibles con un mejor uso de la energía y una reducción de la contaminación ambiental. En este aspecto, la introducción de nuevas tecnologías y el uso de diferentes modos de secado han significado el reemplazo gradual del secado al ambiente. En este sentido, el uso de equipos de secado ha mostrado ser una excelente opción, indicando la importancia de este método de secado.

En la actualidad se encontraron secadores de diversos tipo, formas y tamaños, para una gran variedad de alimentos entre los cuales mencionaremos algunos: Secador de Bandejas, Secadores indirectos al vacío con anaqueles, Secadores continuos de túnel, Secadores Rotatorios, Secadores de tambor rotatorio, Secadores por aspersion, también dependiendo el método de transmisión de calor a los sólidos húmedos existen secadores directos, indirectos, diversos, continuos o por lotes etc.

Debido al gran valor nutricional y a las buenas condiciones climáticas y de suelo, el cultivo de maíz, quinua y amaranto en el Ecuador, ha logrado un importante desarrollo ligado al crecimiento de la industria avícola y alimenticia, el maíz es utilizado para la elaboración de alimentos balanceados. En la actualidad 57 empresas fabricantes de alimentos balanceados, afiliadas a AFABA, cubren el 98% de la producción, entre ellas:

PRONACA, Grupo ORO, Grupo Anhalzer, AVESCA y POFASA, producen el 80% de los balanceados en el país utilizando diferentes secaderos con aire caliente. Este desarrollo ha sido paralelo al crecimiento alcanzado por la agroindustria de alimentos balanceados, avícolas y en el diseño de secadores en los últimos años.

El interés mundial por el amaranto es muy reciente. En Ecuador, el Programa de Cultivos Andinos del INIAP, inició las primeras investigaciones a partir de 1.983 con la recolección y evaluación de germoplasma nativo, complementado con la introducción de germoplasma de otros países, especialmente de la Zona Andina.

Actualmente el PRONALEG – GA y el INIAP – BOLÍVAR, disponen de tres líneas promisorias de Amaranto de grano blanco seleccionados con investigación participativa para la zona agroecológica de Laguna coto con un potencial similar a la variedad comercial de amaranto INIAP - Alegría.

El cultivo del maíz, quinua y amaranto en la Provincia de Chimborazo especialmente en Riobamba y sus alrededores ha registrado un significativo crecimiento, debido principalmente a la ampliación del área cultivada, pues la productividad se ha mantenido anteriormente en niveles. Bajo el enfoque de cadenas productivas, así como otros granos comprende a los productores agrícolas, a las industrias locales fabricantes de alimentos balanceados y harinas y al sector avícola mejorar tecnológicamente en el diseño de secadores, molienda, tamizado, cultivo, etc.

En la Escuela de Ingeniería Química en nuestro laboratorio de Procesos Industriales se pueden encontrar algunos equipos de secado en especial un secador de bandejas para realizar las pruebas preliminares y así poder realizar el dimensionamiento del equipo con la capacidad que requiere el agro.

JUSTIFICACIÓN

Las máquinas de secado tal como el secadores de bandejas son utilizados por agricultores y empresas que producen a pequeña y grandes escalas en el país, encontrándose involucradas operaciones unitarias como la transferencia de calor y de masa. Las Industrias de Proceso Químico enfrentan cada vez mayores exigencias, en cuanto a ahorro de energía, conservación de recursos valiosos, mejoramiento en la productividad y desempeño ambiental.

La calidad de un buen secado en los alimentos es muy importante para las empresas que expenden este tipo de productos así como para las pequeñas y grandes agricultores, ya que estos alimentos son ricos en vitaminas, los cuales eran consumidos por nuestros antepasados y por la comunidad andina de Chimborazo, lo más importante es que durante el secado el proceso cumpla con todas las condiciones y normas para de esta manera se pueda conservar todas las características físicas y químicas de cada alimento como su valor nutricional y de esta manera contribuir a una alimentación de calidad para adultos y niños en nuestra comunidad.

En la ciudad de Riobamba como en otras partes del país existen muchas empresas donde se reutilizan este tipo de equipos para el secado de alimentos pero también en la actualidad se conoce que todavía se realiza esta operación de secado de manera rudimentaria es decir exponiendo el producto al sol durante largos periodos por ende el uso de esta técnica acarrea elevadas pérdidas de, puesto que los alimentos quedan expuestos, durante lapsos prolongados, a condiciones adversas y a la acción de depredadores.

La tecnología así como la calidad de estos productos avanza cada día, hacen que la ciencia relacionada con la fabricación de este tipo de equipos de secado avance enormemente permitiendo diseñar equipos que se acoplen a las necesidades de cada microempresario. Adicionalmente abordamos los principios y aplicaciones de otros métodos de secado que se emplean a nivel industrial y que son objeto de investigación en la actualidad para su uso en el diseño de un secador de bandejas.

OBJETIVOS

GENERAL

- Realizar el Diseño de un secador de bandejas para el secado de maíz, quinua y amaranto en la hacienda San Jorge.

ESPECÍFICOS

- Conocer el porcentaje de humedad del maíz, quinua y amaranto.
- Determinar las diferentes variables del proceso de secado.
- Efectuar los cálculos de ingeniería óptimos para el diseño de un secador de bandeja y su respectivo dimensionamiento.
- Determinar los diferentes parámetros de secado.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 ORIGEN E HISTORIA DE LA QUINUA, AMARANTO Y MAÍZ.

1.1.1 *Quinoa*

“La quinua (*Chenopodium quinoa*, Wild), es un nutritivo seudocereal autóctono de los Andes, cuyo centro de origen se encuentra en alguno de los valles de la zona andina, habiéndose llegado a determinar que la mayor variabilidad de este cultivo se encuentra a orillas del lago Titicaca entre las repúblicas de Perú y Bolivia. Para el caso del Ecuador, se ha establecido que la quinua es la especie nativa mayormente distribuida en el callejón interandino y que los centros de variabilidad son los siguientes.

En la parroquia San Pablo, cantón Otavalo, provincia de Imbabura. Todas las comunidades cercanas al Lago San Pablo, cultivan quinuas de varios tipos, alternando con maíz, fréjol papa, haba, oca, melloco donde es raro encontrar extensiones de monocultivos de quinua.

En las comunidades campesinas asentadas alrededor de la Laguna de Colta, en el cantón Gualaquiza y en todas las comunidades cercanas a Calpi, en la provincia de Chimborazo.

En las provincias de Carchi, Pichincha y Tungurahua, existen variabilidad a un nivel menor escala, que en los tres centros productores de quinua anteriormente citados.”¹

“A raíz de la conquista española, se introdujo a América entre otros cultivos el trigo, por lo cual la quinua fue desplazada hacia tierras más altas y disminuyó su producción al igual que otros cultivos que tradicionalmente habían venido manejando y consumiendo los nativos.

Además, se dice que hay indicios de que los conquistadores descubrieron el alto contenido nutritivo de la quinua y prohibieron su cultivo para debilitar a la resistencia de los Incas. Es importante indicar que para esa época, la planta de la quinua en el Ecuador, casi había

Desaparecido. Su consumo es ancestral en la dieta de la población campesina. Su cultivo fue artesanal en las zonas altas andinas hasta la década de los años 90, en que se produce una importante posibilidad de exportación a los mercados norteamericano y europeo.”²



Figura1-1 Planta de Quinoa

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Chenopodium_quinoa.

1.1.2 *Amaranto*

“El amaranto es una planta de la familia de las Amarantáceas, el nombre genérico *Amaranthus* significa de color amarillo y el epíteto caudatus, como en forma de cola.

El amaranto ha sido usado como elemento complementario de la alimentación de los campesinos de toda Meso América. En las últimas décadas el cultivo del amaranto se ha difundido de manera exponencial en varios países del mundo, pero la mayor variación genética se encuentra en los Andes de (Ecuador, Perú, Bolivia, Argentina).”³

“Parece ser que para algunas ceremonias religiosas se utilizaba esta planta. Hernán Cortés es el primero europeo que la menciona; al escribir una carta al rey de España, el conquistador relató que los ídolos de los aztecas eran hechos de una mezcla de varias semillas molidas, amasadas con sangre humana; aunque Cortés no lo señala específicamente, existen muchas razones para creer que una de las semillas fue el amaranto (llamado bledo por los españoles).

La razón es que una de los antiguos mexicanos moldeaban un ídolo de una mezcla llamada “zoale” y que esta era hecha de una importante cultivo llamado “huautli.

El amaranto de los Andes no alcanzó la misma importancia y se lo cultivaba en parcelas pequeñas y aisladas. A diferencia de México, el uso del grano de amaranto en los Andes era bastante restringido.

Debe haber sido un cultivo menor y en muchos casos se le confundió con la quinua. El “huautli” del imperio azteca fue reemplazado por el maíz en Tawantinsuyo.

En los Andes, el cronista jesuita Fray Bernabé hizo una referencia al amaranto y lo distinguió claramente de la quinua. Indicó que en la ciudad de Huamanga (Ayacucho) era común ver unos dulces hechos de la semilla de bledos y miel; la misma preparación en forma de bolitas se puede encontrar en la actualidad en esa ciudad.

Se conoce que en la actualidad existe en el Cusco un banco de germoplasma de amaranto, donde se conservan 270 eco tipos recolectados entre 1981-82 en Ecuador, Perú y Bolivia. Este banco cuenta 800 accesiones de este importante grano. A partir de esta colección ex situ se ha podido distribuir material de esta especie en todo el mundo.”⁴



Figura 2-1 Planta de Amaranto

Fuente:[http://intainforma.inta.gov.ar/wpcontent/themes/inta/thumb.php?src=http://intainforma.inta.gov.ar/wp-content/uploads/2013/06/Sin-t%C3%ADtulo 15.jpg&h=300&w=598&zc=1&q=80](http://intainforma.inta.gov.ar/wpcontent/themes/inta/thumb.php?src=http://intainforma.inta.gov.ar/wp-content/uploads/2013/06/Sin-t%C3%ADtulo%2015.jpg&h=300&w=598&zc=1&q=80)

1.1.3 Maíz

“El origen del maíz, data en Sur América, América Central y México, siendo la gramínea que más se cultiva a pesar de tener mayor déficit.

A la llegada de los españoles a nuestro país el maíz ya se cultivaba en todo lo que hoy constituye el territorio Ecuatoriano. Los primeros cronistas señalan su presencia al llegar a las costas Ecuatorianas. Por ejemplo, en la región de

Atácame (Costa), se hallaron en todas las casas mucho maíz muy grueso. Sembrado con mucho orden, observando que la caña del mismo él es tan alta.

Fernández de Oviedo. Al conquistar la Sierra hallan grandes cultivos en abundancia, siendo el cultivo principal hasta mediados del siglo XVI, cuando va cediendo lugar a los cereales europeos. Respecto a la Amazonía, una indígena que acompañó al Inca Huaina Cápac en su frustrada expedición al oriente, relata que el curso inferior del río Coca, era tierra llana y caliente, de mucho maíz, yucas y batatas.

En muchas crónicas coloniales se hacen continuas referencias a la importancia y usos del maíz y casi todas coinciden en presentarlo como el ingrediente principal de la dieta aborigen. El italiano Benzoni, que visitó la provincia costera de Manabí entre 1547 y 1550, decía que aquí hacen el mejor pan de maíz de todas las Indias, En efecto, el maíz como alimento ha sido utilizado desde aquellos tiempos hasta la actualidad en diferentes formas, sea en estado tierno - choclo- o maduro.

El maíz tierno se consumía cocinado, se asaba al fuego o se freía en grasa de origen animal. Al grano entre tierno y maduro se lo denominaba “cau”, con él se hacía una masa que contenía sal, condimentos y era envuelta en la hoja de la mazorca; esta preparación se conoce como choclo tanda o humita en casi todo el país y zambate en Loja.

Con el grano maduro se elaboraba mote y otras preparaciones tanto de sal como de dulce las cuales se consumen en la actualidad. Otra forma de consumir maíz era tostándolo y se denominaba «camcha».

La harina de maíz se obtenía moliendo el grano ya seco en una “piedra de moler” y se la utilizaba en la elaboración de tortillas, pan, tamales, arepas, zango y coladas o mazamorras variadas. El maíz se utilizaba también como bebida, denominada «chicha». Había diversas formas de elaborarla, desde la más sencilla mezclando la harina de maíz con agua y permitiendo la fermentación, hasta la utilización de diastasa para convertir los almidones del maíz en azúcar



Figura 3-1 Planta de Amaranto

Fuente:http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a2/Illustration_Zea_mays0.jpg

En todas las comunidades indígenas del Ecuador el maíz era un elemento importante en los rituales. Los indios de Quilca, en la actual provincia de Imbabura “adoraban al cielo y a los cerros más altos y nevados”, mediante sacrificios de maíz blanco y de chicha. Los paltas de Loja adoraban al sol y la luna, “quemando maíz y otros mantenimientos.”⁵

1.2 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LA QUINUA, MARANTO Y MAÍZ

Tabla 1-1: Clasificación taxonómica de la quinua

Clase	Dicotiledóneas
Subclase	Angiospermas
Orden	Centro permales
Familia	Chenopodiaceas
Genero	Chenopodium
Sección	Chenopodia
Sub sección	Cellulata
Especie	Chenopodium Quinoa Wild
Nombre Científico	Chenopodiumquinua W
Numero Cromosómicos	Cromosomas (2n)

Fuente: www.laquinua.blogspot.com/2007/07/posicin-taxonmica-de-la-quinua.html

Realizado por: GARCIA María 2015.

Tabla 2-1: Clasificación taxonómica del amaranto

Ino	Plantae (Vegetal)
Sub –Reino	Antofita(Fanerógamas)
División	Spermatofhyta (espermatofita)
Sub. División	Angiospermas
Clase	Dicotiledónea
Orden	Centropermales
Familia	Amarantácea
Genero	Amaranthus
Especie	Sp.
Nombre científico	Amaranthus Sp.
Nombre Vulgar	Ataco, Sango rache o Quinoa de castilla

Fuente: (Reyes Pedro 1.985)

Realizado por: GARCIA María 2015.

Tabla 3-1: Clasificación taxonómica del maíz

Familia	Maíz
Género	Zea mays
Nombre común	Gramíneas
Nombre científico	Zea

Fuente: www.monografia.com, el maíz, Hm.

Realizado por: GARCIA María 2015.

1.3 DESCRIPCIÓN BOTANICA DE LA QUINUA, AMARANTO Y MAÍZ.

1.3.1 *Quinoa*

1.3.1.1 *Planta*

“Es erguida, alcanza alturas variables desde 30 a 300 cm., dependiendo del tipo de quinoa, los genotipos de las condiciones ambientales donde crece y de la fertilidad de los suelos.

1.3.1.2 *Raíz*

Su raíz es pivotante, vigorosa, profunda, bastante ramificada y fibrosa, lo cual posiblemente le da resistencia a la sequía y buena estabilidad a la planta, puede alcanzar hasta 1,80 cm. De profundidad, la cual guarda estrecha relación con la altura de la planta.

1.3.1.3 *Tallo*

En su tallo central comprende hojas lobuladas y quebradizas. El tallo puede tener uno o más ramas, dependiendo de la variedad o densidad del sembrado. Las flores son pequeñas y carecen de pétalos. Generalmente son bisexuales y se auto fertilizan. Es cilíndrico en el cuello de la planta y angulosos a partir de las ramificaciones, de coloración variable desde el verde al rojo, muchas veces presenta estrías y también axilas pigmentadas de color rojo o púrpura. Contiene gran cantidad de pectina y celulosa.

El diámetro del tallo es variable con los genotipos, distancias de siembra, fertilización, condiciones de cultivo, variando de 1 a 8 cm.

1.3.1.4 Hojas

Las hojas de la quinua son anchas y poli formas (es decir que tiene diferentes formas en la misma planta). La coloración de la hoja es muy variable, del verde al rojo, con diferentes tonalidades y puede medir hasta 15 cm. de largo por 12cm. de ancho. Se han observado pigmentos rojos, púrpuras, amarillos que están constituidos por bataanas, tanto del tipo betacianinas (rojo-violeta) y betaxantinas (amarillas) como las que se muestran a continuación en la figura 4.

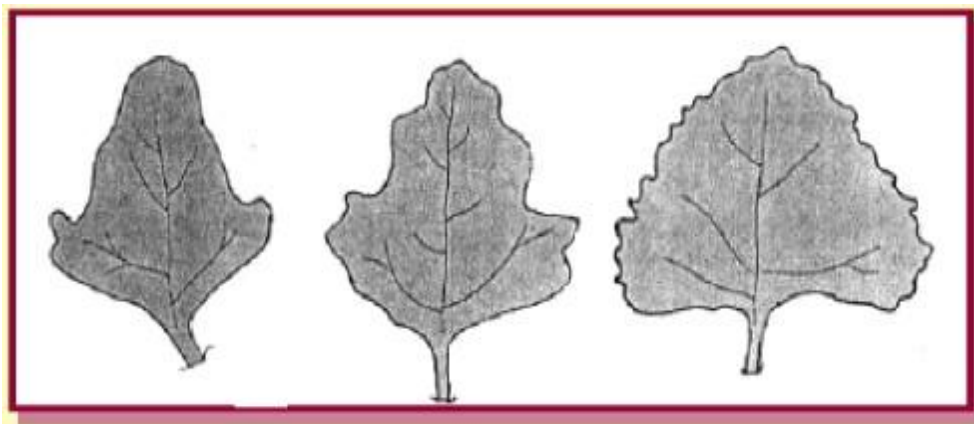


Figura 4-1 Formas de las hojas de quinua

Fuentes: <http://es.scribd.com/doc/24569369/Cultivo-de-la-Quinoa-en-Puno-Peru-León-H-Juvenal-RM>.

1.3.1.5 Flor

Estas son pequeñas, con un tamaño máximo de 3mm, incompletas, sésiles y desprovistas de pétalos, pueden ser hermafroditas, pistoladas (femeninas) y andro estériles, tienen 10% de polinización cruzada.

1.3.1.6 Fruto

Este es seco y mide aproximadamente 2mm. De diámetro (de 250 a 500 semillas por grano), circulando al cáliz, el cual es del mismo color que el de la planta.

1.3.1.7 Semilla

Esta parte de la planta es muy importante ya que de este se origina nuestro grano el cual constituye el fruto maduro sin el perigonio, es de forma lenticular, elipsoidal, cónica o esferoidal, presentando tres partes bien definidas que son:

- Epispermo
- Embrión
- Perisperma

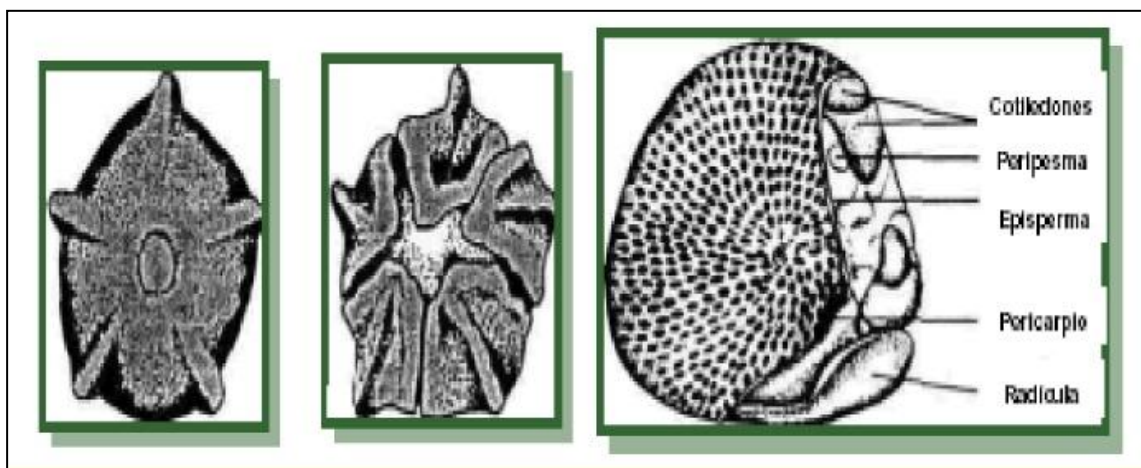


Figura 5-1 Forma de la semillas de Quinua

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/24569369/Cultivo-de-la-Quinua-en-Puno-Peru-León-H-Juvenal-RM>

1.3.1.8 *Inflorescencia*

Es una panoja típica, constituida por un eje central, secundarios, terciarios y pedicelos que sostienen en los glomérulos, así como por la disposición de las flores y porque el eje principal está más desarrollado que los secundarios. La longitud de la panoja es variable depende del genotipo, tipo de quinua, lugar donde se desarrolla y las condiciones de fertilidad de los suelos, esta alcanza de 30 a 80 cm. de longitud por 5 a 30 cm. de diámetro, el número de glomérulos por panoja varía de 80 a 120 y en número de semillas por panoja de 100 a 3000, encontrando panojas grandes que rinden hasta 55 gr. de semilla por inflorescencia.”⁶

1.3.2 *Amaranto*

1.3.2.1 *Planta*

El amaranto es una especie que alcanza gran desarrollo en suelos fértiles; en algunos casos supera los 2 metros de altura. Generalmente tiene un solo eje central, aunque también se presentan ramificaciones desde la base y a lo largo del tallo. El amaranto es una planta muy eficiente en la fijación de CO₂. También se caracteriza por no presentar foto respiración y un bajo empleo de agua para producir la misma cantidad de follaje que los cereales.

1.3.2.2 *Raíz*

La raíz es pivotante con un buen número de ramificaciones y múltiples raicillas delgadas, que se extienden rápidamente después de que el tallo empieza a ramificarse, facilitando la absorción de agua y nutrientes.

1.3.2.3 *Tallo*

El tallo es cilíndrico y anguloso con gruesas estrías longitudinales que le dan una apariencia acanalada, alcanza de 0,4 a 3 m de longitud, cuyo grosor disminuye de la base al ápice, presenta distintas coloraciones que generalmente coinciden con el color de las hojas, aunque a veces se observan estrías de diferentes colores, presenta ramificaciones que en muchos casos comienzan desde la base o a media altura y que se originan en las axilas de las hojas. El color del tallo es variable, va desde un color blanco amarillento hasta verde claro, inclusive rojo vinoso.

1.3.2.4 *Hojas*

Las hojas son pecioladas, sin estipulas de forma oval, elíptica, alternas u opuestas con nervaduras prominentes en el envés, lisas o poco pubescentes de color verde o púrpura cuyo tamaño disminuye de la base al ápice, presentando borde entero de tamaño variable de 6,5 – 15 cm. Las hojas también varían en su forma; las hay romboides, lisas y de escasa o nula pubescencia.

1.3.2.5 *Flor*

El amaranto posee grandes inflorescencias que llegan a medir hasta 90 centímetros de largo y pueden ser:

- Decumbente
- Semi erecto
- Erectas

Las mismas adoptando formas glomerulares o amarantiformes, densas, laxas o compactas. El eje central de inflorescencia (la continuación del tallo) lleva grupos de flores llamados dicasio.

El número de flores de cada uno de estos dicasio es variable, con flores masculinas y femeninas dispuestas en la inflorescencia en forma sésil o ligeramente pedunculada; las flores esta minadas una vez producido el polen se cierran y se caen, pueden ser flores esta minadas o pistoladas, las

que constan de una bráctea externa y cinco sépalos verduzcos, dos externos y tres internos, los primeros ligeramente más grandes.

Flores esta minadas, en éstas flores hay cinco estambres de filamentos delgados y largos terminados en anteras que se abren en dos sacos. Flores pistoladas, estas tienen un ovario semiesférico que contiene solo un óvulo, con tres ramas estigma das.

1.3.2.6 *Fruto*

El fruto es un pixidio uní lo cular, es decir, posee una cápsula que cuando madura presenta dehiscencia transversal, lo que facilita la caída de la semilla (Nieto, 1990 y Sánchez, 1.980). En el grano se pueden diferenciar tres partes: La cubierta que se conoce como epispermo, es una segunda capa que está formada por los cotiledones siendo la parte más rica en proteína que posee el grano. La capa interna, es rica en almidones conocida como Perisperma.

1.3.2.7 *Semillas*

La semilla de la quinua mide de 1 a 1,5 mm de diámetro y el número de semillas por gramo oscila entre 1.000 y 3.000. Son de forma circular y los hay de colores variados, tales como: granos blancos, blanco amarillentos, dorados, rosados, rojos y negros. Todas las especies silvestres presentan granos negros y de cubiertas muy duras. Anatómicamente en el grano se distinguen tres partes principales. La cubierta que es una capa de células muy fina conocida como Epispermo. Una segunda capa que está formada por los cotiledones y es la parte más rica en proteína y Una capa interna rica en almidones conocida como Perisperma.⁷

1.3.3 *Maíz*

1.3.3.1 *Planta*

“La planta del maíz es de porte robusto de fácil desarrollo y de producción anual.”⁸

1.3.3.2 *Raíz*

“El maíz tiene dos tipos de raíz, las primarias son fibrosas, presentando además raíces adventicias, que nacen en los primeros nudos por encima de la superficie del suelo, ambas tienen la misión de mantener a la planta erecta , sin embargo, por su gran masa de raíces superficiales, es susceptible a la sequía, intolerancia a suelos deficientes en nutrientes, y a caídas por severos vientos.

1.3.3.3 *Tallo*

El tallo está compuesto a su vez por tres capas: Una epidermis exterior la cual es impermeable y transparente. Una pared por donde circulan las sustancias alimenticias. Una médula de tejido esponjoso y blanco donde almacena reservas alimenticias, en especial azúcares.

1.3.3.4 *Hojas*

Las hojas toman una forma alargada íntimamente arrollada al tallo, del cual nacen las espigas o mazorcas. Cada mazorca consiste en un tronco u olote que está cubierta por filas de granos, la parte comestible de la planta, cuyo número puede variar entre ocho y treinta.

1.3.3.5 *Granos*

En la mazorca cada grano o semilla es un fruto independiente llamado carióspside que está insertado en el raquis cilíndrico u olote; la cantidad de grano producido por mazorca está limitada por el número de granos por hilera y de hileras por mazorca.

1.3.3.6 *Inflorescencia*

El maíz es de inflorescencia monoica con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta.

a. Inflorescencia masculina

La inflorescencia masculina presenta una panícula (vulgarmente denominadas espigón o penacho) de coloración amarilla que posee una cantidad muy elevada de polen en el orden de 20 a 25 millones de granos de polen. En cada florecilla que compone la panícula se presentan tres estambres donde se desarrolla el polen.



Figura 6 -1 Inflorescencia masculina

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Zea_mays:

b. Inflorescencia femenina

La inflorescencia femenina marca un menor contenido en granos de polen, alrededor de los 800 o 1000 granos y se forman en unas estructuras vegetativas denominadas espádices que se disponen de forma lateral.”⁹



Figura 7-1 Inflorescencia Femenina

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Zea_mays

1.4 VALOR NUTRITIVO Y USO DE LA QUINUA, AMARANTO Y MAÍZ.

1.4.1 *Quinua*

1.4.1.1 *Valor Nutritivo*

“La quinua tiene un excepcional valor nutritivo, con proteínas de alto valor biológico y excelente balance de aminoácidos esenciales, la vitamina la tiene en el núcleo del grano, y no en la cáscara, en cereales como: el arroz o el trigo.

La quinua, ofrece la mayor cantidad de aminoácidos esenciales que cualquiera de los más importantes cereales del mundo, es decir los 10 aminoácidos esenciales que el hombre necesita, destacando entre estas la lisina que es uno de los más escasos en los alimentos de origen vegetal y que está presente en el cerebro humano.

La quinua, comparada con otros granos y hortalizas, es muy alta en proteínas, calcio, zinc y hierro los que son considerados minerales esenciales para la salud humana. Lo cual muestran a la quinua como un alimento ideal, Las semillas germinadas son también un alimento exquisito y muy nutritivo. La misma que proporciona nutrientes igual o más que muchos de los alimentos del reino vegetales.

1.4.1.2 *Usos*

A los granos de la quinua sin contenido amargo se los usa para la elaboración.

- Ensaladas
- Entradas
- Guisos
- Sopas
- Postres

- Bebidas
- Pan
- Galletas
- Tortas pudiendo prepararse en más de 100 formas diferentes.

Así también sus hojas tiernas se utilizan como hortalizas de hojas en reemplazo de la (acelga, espinaca, col, etc.) también en la preparación de ensalada, ají y cremas. Sus inflorescencia también son utilizadas en reemplazo del brócoli y coliflor, etc.”¹⁰

1.4.2 *Amaranto*

1.4.2.1 *Valor Nutritivo*

“El valor nutritivo del grano de amaranto es elevado y alcanza entre un 12-16 por ciento de proteínas, el balance de aminoácidos es óptimo, con una buena porción de los azulados; lisina, metionina y cistina.”¹¹

Tabla 4 -1: Valor nutritivo del amaranto e relación a las verduras.

CARACTERÍSTICA	GRANO	VERDURA
Calorías%	391	
Lisina%	0.8 – 1.0	
Proteínas%	12 – 19.0	14.0 – 33.3
Grasas%	6.1 – 8.1	1.4 – 4.7
Carbohidratos%	71.8	19.4 – 43.0
Fibras%	3.5 – 5.0	5.3 – 17.0
Cenizas%	3.0 – 3.3	2.1 – 3.0
Calcio	130.0 – 154.0	1042.0 – 2776.0
Vitamina C	1.5	64.0 – 693.0
Fósforo	530.0	740.0 – 760.0
Potasio	800.0	
Hierro	6.30 – 12.8	7.0 – 52.0
Caroteno	24.0 – 33.0	

Fuente: Abarca, J. L. Yáñez, W. (Boletín No.1 Dpto. Producción Vegetal. Usos y Cultivo del Amaranto. ESPOCH. 1994)

Realizado por: GARCIA María 2015.

De donde * significa miligramos/100g de peso seco y ** calorías/100g de peso en seco.

“El valor nutritivo del amaranto como verdura supera en mucho a otras verduras y hortalizas de uso común como: tomates, pepinillos, lechuga y espinaca y el contenido de oxalatos (compuestos tóxicos presentes en las hojas de amaranto), no supera el 4,6%, que es inofensivo para la salud humana.

Estos se destruyen casi en su totalidad con el proceso de cocción con el tratamiento caliente-húmedo.”¹²

1.4.2.2 *Usos*

“El amaranto tiene múltiples usos tanto en la alimentación humana, animal, industrial, medicinal u ornamental. Para la alimentación humana se usa el grano entero o molido en forma de harinas, ya sea reventada o tostada. Los granos reventados se consumen mezclados con miel de abejas, miel de caña o chocolate, dándole diferentes formas en moldes de madera o metálicos a las que se conoce como turrone de kiwicha en Perú, "alegría" en México y "tadoos" en India.”¹³

“A nivel doméstico depende si el grano es negro o blanco, se lo utiliza en bebidas, colada morada, sopas, fideos, galletas, pan.

A nivel medicinal se utilizan en la elaboración de jarabes y sus inflorescencias como horchatas y aguas de purga que tienen carácter diurético, el grano molido sirve para controlar la disentería amebiana.

A niveles dietéticos algunos especialistas en nutrición ponen en evidencia, que en programas de enriquecimiento de los cereales, el “amaranto” representa un producto conveniente y económico para conseguir un incremento y la complementación del valor nutricional de diversos productos populares como el pan, fideos, etc. Añadiendo las proteínas que requieren para proporcionar un buen alimento.”¹⁴

1.4.3 *Maíz*

1.4.3.1 *Valor Nutritivo*

“Como se observa en la tabla 7-1 las partes principales del grano de maíz difieren considerablemente en su composición química. La cubierta seminal o pericarpio se caracteriza por un elevado contenido de fibra cruda, aproximadamente el 87 por ciento, la que a su vez está formada fundamentalmente por hemicelulosa (67 %), celulosa (23 %) y lignina (0,1 %) El endospermo, en cambio, contiene un nivel elevado de almidón (87 %), aproximadamente 8 por ciento de proteínas y un contenido de grasas crudas relativamente bajo.

El maíz es un alimento que destaca por la notable cantidad de hidratos de carbono que contiene. Aunque no aporta grandes cantidades de vitaminas. Pero si contribuye con pequeñas cantidades de provitamina A, folatos, magnesio, fosforo y potasio.

Tabla 5 -1: Composición química proximal de las partes principales de los granos de maíz (%)

COMPONENTES QUÍMICO	PERICARPIO	ENDOSPERMA	GERMEN
Proteína	3,7	8,0	18,4
Extracto etéreo	1,0	0,8	33,2
Fibra cruda	86,7	2,7	8,8
Cenizas	0,8	0,3	10,5
Almidón	7,3	87,6	8,3
Azúcar	0,34	0,62	10,8

Fuente: (Watson 1987)

Realizado por: GARCIA María 2015.

Tabla 6 -1: Composición en 100 gramos de porción comestible

Composición	Contenido
Kcal(n)	86,0
Proteínas(g)	3,22
Hidratos de carbono(g)	3,22
Fibra(g)	2,70
Potasio(g)	270,0
Calcio(mg)	2,00
Fósforo(mg)	89,0
Magnesio (mg)	37,0
Folatos (ucg)	45,80
Provitamina A (ucg)	n/d

Fuente: Manuel, B. Suquilanda, Valdivieso. (Producción Orgánica de Cultivos Andinos. Manual Técnico. UNOCANC).

Realizado por: GARCIA María 2015.

1.4.3.2 Usos

El maíz es parte de la dieta diaria que poseemos los Ecuatorianos, como sabemos se produce (maíz suave) y (maíz duro), de donde la mayor producción de grano (maíz duro), se destina a la industria que elabora alimentos balanceados para animales. En la actualidad se realizan platos como:

- Tamales
- Quimbolitos
- Arepas
- Empanadas
- Tortillas
- Pan de leche
- Buñuelo
- Pan de mote
- Sango
- Champús
- Coladas

La musiga es un (choclo molido envuelto en hoja de achira y asado en tiesto), El chocholmi es una (sopa con harina de choclo acompañada de berros), sopa de bolas de maíz, empanadas, caca de perro (maíz tostado con panela), sopa de morocho y morocho de dulce (colada). La harina de maíz negro o morado se aprovecha especialmente en finados, fiesta de todos los santos (2 de noviembre), para preparar la colada morada de las almas o «yana api» con base en dulce y sango rache.

El maíz sigue jugando un rol importante en la alimentación indígena y campesina de nuestro país y preserva su importancia como elemento ritual y festivo a nivel de latino América. Las prácticas de alimentación mencionadas se mantienen a pesar de que el cultivo ha dejado de ser el elemento central de la dieta, pues se ha ido reemplazando, primero con cereales foráneos y luego con variedades «mejoradas» de maíz.

Además, en la cultura indígena y campesina no solo se usa el grano si no también otras partes de la planta. Los tallos tiernos se utilizan para chupar; cuando están secos se usan para la construcción de chozas, forraje de ganado, para combustible y abono. Las hojas tiernas que cubren la mazorca sirven para envolver las humitas y para elaborar artesanías.

1.5 ÉPOCA DE SIEMBRA Y VARIEDADES DE LA QUINUA, AMARANTO Y MAÍZ.

1.5.1 *Quinua*

1.5.1.1 *Época de siembra*

La época de siembra es uno de los factores determinantes del éxito de la producción de la quinua, aunque la época de siembra en sí misma es válida sólo en áreas con sistemas de riego establecido, ya que llegado la época de siembra se pueda regar y dotar de agua necesaria. La siembra adelantada es muy importante para las variedades tardías o de periodo de vegetación larga y que son de alto rendimiento potencial.

En cambio, las fechas de siembra están condicionadas por la disponibilidad de humedad del suelo que depende directamente de las lluvias que se presentan ya sea en forma adelantada o retrasada. Generalmente las lluvias oportunas para la siembra normal de quinua en la zona andina, son las que ocurren en los meses de septiembre y octubre.

Generalmente, la siembra de la quinua se efectúa entre octubre y enero, para aprovechar las lluvias que marcan el inicio del invierno y la temporada agrícola en la sierra. En sectores donde se disponga de riego, las siembras se pueden realizar en cualquier época, siempre y cuando se haga coincidir la cosecha con la temporada seca de verano para evitar que el grano se deteriore con la humedad.

1.5.1.2 *Variedades*

En sectores rurales podemos encontrar semillas a las que denominan chaucha y dulce.

El INIAP, dispone de variedades tales como:

- INIAP-Tunkahuan (dulce, sin saponina), que produce bien entre los 2 000 a 3 400 metros sobre el nivel del mar.
- INIAP-Taruka Chaqui o Pata de venado (dulce, sin saponina) que produce bien entre los 800 y los 3 800 metros sobre el nivel del mar, las que debe recurrir para asegurar buenas cosechas.

1.5.2 *Amaranto*

1.5.2.1 *Época de siembra*

La época de siembra está muy relacionada a la ubicación de la zona de cultivo y a la presencia de lluvias. En la sierra ecuatoriana se considera oportuno realizarla con las primeras lluvias de la estación invernal, esto es entre octubre y noviembre.

1.5.2.2 *Variedad*

En la región podemos ver una gran variedad criolla que se identifican principalmente por el color de las espigas: rosita, roja y blanca. La FÍA al igual que el INIAP a través de un trabajo de recolección de una gran variedad de amaranto que existente en latino americanos proporciona la siguiente lista.

Tabla 7 -1: Material disponible en la fía.

N	ENTRADA	PROCEDIMIENTO	COLOR
1	PER-SC-00-0117	Perú	Blanco
2	PER-SC-00-0121	Perú	Blanco
3	EC-C-17-0138	Ecuador	Blanco
4	EC-SC-17-0142	Ecuador	Negro
5	PER-SC-00-0146	Perú	Blanco
6	PER-SC-00-014	Perú	Blanco
7	PER-SC-00-0154	Perú	Negro y blanco
8	PER-SC-00-0155	Perú	Blanco
9	PER-SC-00-0163	Perú	Blanco
10	PER-SC-00-0164	Perú	Blanco

Fuente: Abarca. L. Yáñez w, (Boletín No.1 Dpto. Producción Vegetal. Usos y Cultivos del Amaranto .ESPOCH. 1994).

Realizado por: GARCIA María 2015.

Según la tabla 7 -1 la mayor variedad de amaranto la posee Perú.

1.5.3 Maíz

1.5.3.1 Época de siembra

La siembra del maíz en la sierra se realiza entre los meses de octubre a diciembre, con el inicio de la estación invernal, aunque si se dispone de agua podría sembrarse en cualquier tiempo, siempre y cuando la fecha de cosecha no coincida con la época lluviosa si esta se va a realizar en grano seco.

1.5.3.2 Variedades

En el Ecuador hay una gran variedad de razas de maíz, adaptadas a distintas altitudes, tipos de suelos y ecosistemas. De acuerdo a una clasificación oficial existen 25 razas de maíz ecuatoriano. El 18% de las colecciones de maíz del Centro Internacional de

Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) proviene de Ecuador, lo que le sitúa como el tercer país en cuanto a diversidad de cultivo. En las comunidades indígenas y campesinas del Ecuador, aún se manejan algunas variedades de maíces propios de cada sector, entre los que podemos anotar: huandango, chulpi, mishca, morocho (blanco y amarillo), sangre de Cristo, etc. Por su parte el INIAP, ha desarrollado algunas variedades de maíces de altura, cuya denominación, ciclo de cultivo y zona de adaptación, se muestran en la tabla siguiente.”¹⁵

Tabla 8 -1: Variedades de maíces de altura que posee el INIAP/ Ciclo de cultivo y zona de Adaptación.

Variedad	Ciclo de cultivo	Zona de adaptación/ Metros sobres el nivel del mar	Días de siembra de cosecha
INIAP 101	Precoz	2400-300	205
INIAP102	Tardío	2200-2800	270
INIAP 111	Tardío	2400-2800	270
INIAP 122	Semi- precoz	2200-2800	225
INIAP 153	Tardío	2200-2800	250
INIAP 180	Tardío	2200-3000	260
INIAP192	Precoz	2200-2800	240

Fuente: <http://www.crystalchemical.com/maiz.htm#SUELO1>.

Realizado por: GARCIA María 2015.

1.6 SECADO

1.6.1 *Concepto de Secado*

“El secado por lo general se refiere a la remoción de líquido por o través de la evaporación la evaporación.”¹⁶

1.6.2 *Generalidades del Secado*

“El estudio del secado es de trascendental importancia en ingeniería Química, debido a que es una operación unitaria básica para el manejo de productos sólidos. Entre las operaciones unitarias, el secado en su forma primitiva es la primera de todas, pues el hombre desde que fue nómada, seco frutos utilizando la energía solar, no obstante formas más elaboradas del secado han surgido.

El término secado se refiere a la eliminación del líquido o agua en cantidades grandes de un material sólido, por medio de vapor arrastrado por un gas el líquido a remover es por lo general agua por no obstante hay otros.

La operación de secado es una operación de transferencia de masa de contacto gas-sólido donde la humedad contenida en el sólido se transfiere por evaporación hacia la fase gaseosa, en base a la diferencia entre la presión de vapor ejercida por el sólido húmedo y la presión parcial de vapor de la corriente gaseosa cuando estas dos presiones se igualan, se dice que el sólido y el gas están en equilibrio y el proceso de secado se completa.

El proceso de deshidratación es importante en la industria química y de alimentos. El objetivo es la remoción de agua de un sólido hasta un nivel en donde el crecimiento microbiológico y la deterioración por reacciones químicas sean minimizadas. Esto se debe a que la actividad microbiológica cesa a niveles de humedad menores del 10%.”¹⁷

1.6.3 *Operación Unitaria*

“La mayor parte de industrias de procesos tienen ciertas operaciones comunes conocidas como Operaciones Unitarias, que tienen técnicas comunes y se apoyan en iguales principios científicos.

Las operaciones Unitarias son procesos físicos de separación que se los estudia de una forma individualizada.

Las operaciones unitarias estudian principalmente la transferencia y los cambios de energía la transferencia y los cambios de materia que se llevan a cabo por medios físicos, pero también por medios físicos- químicos.”¹⁸

1.6.4 *Secado de un sólido*

“Este se lo puede definir como un proceso en el que hay intercambio simultáneo de calor y masa, entre el aire del ambiente del secado y el sólido. Dos procesos ocurren simultáneamente cuando un sólido húmedo es sometido a un secado térmico.

- Hay transferencia de energía (calor) de los alrededores para evaporar la humedad de la superficie.
- Hay transferencia de humedad interna sobre la superficie del sólido, de estos dos procesos dependerá con la rapidez con que se lleve a cabo el secado.

Para que el secado se ejecute, la humedad debe ganar calor de sus alrededores y de esta manera poder evaporarse, para ser liberado por un gas transportador. La acumulación de vapor sobre la superficie influye en la velocidad de secado y el manejo de acuerdo de estas condiciones es determinante para lograr un secado uniforme.”¹⁹

1.6.5 *Objetivo del secado*

“En el secado el objetivo principal es reducir el volumen y peso de los materiales obteniendo de esta manera la disminución del costo en el transporte y almacenamiento.

Adicionalmente ayuda la conservación de las proteínas y a dar estabilidad a los productos a secar, y a evitar el crecimiento de hongos y bacterias. En definitiva el secado permite obtener un producto más estable”²⁰

1.6.6 *Operaciones de secado*

Existen varios tipos de operaciones de secado, que se diferencian entre sí por la metodología seguida en el procedimiento de secado; puede ser por eliminación de agua de una solución mediante el proceso de ebullición en ausencia de aire, también puede ser por eliminación de agua mediante adsorción de un sólido, y por reducción del contenido de líquido en un sólido, hasta un valor determinado mediante evaporación en presencia de un gas.

Los sólidos que se secan pueden tener formas diferentes:

- Escamas
- Gránulos
- Cristales
- Polvo
- Tablas o láminas continuas y poseer propiedades muy diferentes.

El producto que se seca puede soportar temperaturas elevadas o bien requiere un tratamiento suave a temperaturas bajas o moderadas. Esto da lugar a que en el mercado exista un gran número de tipos de secadores comerciales. Las diferencias residen fundamentalmente en la forma en que se mueven los sólidos a través de la zona de secado y en la forma en la que se transmite calor al producto a secar.”²¹

1.6.7 *Proceso de secado*

“Cuando un sólido húmedo es sometido a un proceso de secado, se presentan dos subprocesos: Transferencia de masa en humedad interna y líquido evaporado, y la transmisión del calor para evaporar el líquido.

- Transferencia de masa en humedad interna del sólido hacia la superficie de este y su subsecuente evaporación. El movimiento de la humedad dentro del sólido es una función de la naturaleza física del sólido, su temperatura y su contenido de humedad.
- Transferencia de energía en forma de calor del ambiente que rodea al sólido para evaporar la humedad de su superficie. Este segundo subproceso depende las condiciones externas de temperatura, humedad y flujo del aire, precisión, área de exposición y el tipo de secador empleado.

En el proceso de secado cualquiera de estos dos subproductos puede ser el factor limitante que gobierne la velocidad del secado, a pesar de que ambos subprocesos ocurren simultáneamente durante el ciclo de secado.

Independientemente del mecanismo de transmisión de calor el cual puede ser por conducción, convección, radiación o una combinación de cualquier de estos, el calor tiene que pasar primero a la superficie exterior y desde esta al interior del sólido.

Excepto el secado por electricidad de alta frecuencia, que genera el calor intercambiando, esto conduce a la circulación de calor desde el interior hasta la superficie exterior.

También se ha reportado otro tipo de secado llamado secado por sublimación.

En la Fig. 8-1 se muestran los dos fenómenos de transporte que caracterizan el secado: transferencia del calor desde los alrededores hacia el alimento, conducción de calor dentro de él y evaporación en la superficie (a veces dentro del material), y la transferencia de masa desde el interior hasta la superficie del material seguido del transporte de la humedad desde allí hacia los alrededores.

El flujo de humedad dentro del material por una combinación de distintos mecanismos de transporte se debe a:

- Flujo capilar debido a gradientes de presión de succión capilar.
- Difusión líquida por gradientes de concentración.

- Difusión de vapor causada por gradientes de presiones de vapor.
- Flujo viscoso consecuencia de gradientes totales de presión externos o altas temperaturas.

Otro mecanismo como la difusión térmica o superficial y el flujo debido a fuerzas gravitatorias tienen menor importancia en el secado de alimentos.

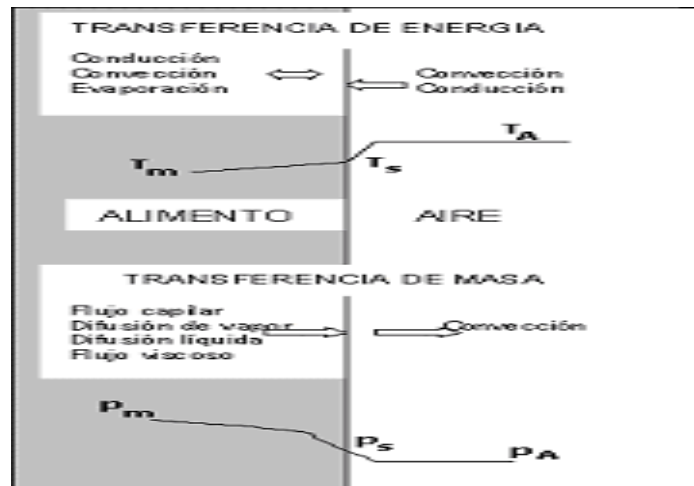


Figura 8-1 Visión esquemática de la transferencia de masa y calor en El secado

Fuente: (MC, CABE. 1962)

La transferencia de masa desde el producto hacia los alrededores se hace principalmente por convección causada en gradientes de presión de vapor; la evaporación directa se produce en la superficie cuando se iguala su presión de vapor a la atmosférica como es el caso del secado al vacío y la liofilización. El comportamiento de los sólidos en el secado, es medido como la pérdida de humedad como una función del tiempo.

El contenido final de humedad, determina el tiempo de secado y las condiciones requeridas para el proceso de secado.

La sensibilidad térmica fija la temperatura máxima a la cual la sustancia o alimentos pueden ser expuesto en el tiempo de secado, esto se debe a que por ejemplo muchos materiales higroscópicos se pudren durante el secado.

La velocidad y uniformidad del secado, son dos factores importantes que afectan al calidad del proceso y evitan las pérdidas físicas, estructurales, químicas y nutricionales del alimento. Un proceso de secado es óptimo cuando el tiempo en el que se lleva a cabo es el mínimo, utilizados un mínimo de energía, lo cual está estrechamente relacionado con la eficiencia energética del secador empleado.”²²

1.6.8 *Factores que intervienen en el secado.*

a. Temperatura del aire.

La temperatura juega un papel muy importante dentro del proceso de secado, En forma general conforme se incrementa su valor se acelera la eliminación de humedad dentro de los límites posibles. En la práctica del secado, la elección de la temperatura se lleva a cabo tomando en consideración la especie que se vaya a someter al proceso.

Existen diversos niveles de temperaturas que se mantienen durante el proceso técnico de secado, cada una de estas temperaturas se explica en glosario. Durante el proceso de secado, se origina un gradiente de temperatura con respecto al espesor del material, mismo que tiende a disminuir conforme se reduce el contenido de humedad.

c. Humedad relativa del aire.

La humedad relativa del aire está definida como la razón de la presión de vapor de agua que se encuentra presente en el momento de secado, con respecto a la presión de saturación de vapor de agua a la misma temperatura, por general se expresa en porcentaje (%) a medida que se va incrementando la temperatura del aire así aumenta su capacidad de absorción de la humedad y viceversa.

Cuando el aire alcanza su máxima capacidad, se convierte en un aire saturado restándole su capacidad de absorber mucha más humedad, pero cuando este se mantiene no saturado tienen la posibilidad de absorber más humedad hasta que pueda alcanzar su saturación.

d. Velocidad del aire.

La velocidad del aire dentro del secador tiene como función principal, primero transmitir.

La energía requerida para calentar el agua que contiene el material facilitando su evaporación, en segundo lugar transportar la humedad que sale del material. La capa límite que existe entre el material a secar y el aire juega un papel importante en el secado.

Cuanto menor sea el espesor de esta capa límite, más rápida será la absorción de humedad. La forma de la corriente del aire es importante para la velocidad, una corriente turbulenta es mucho más eficaz que una laminar puesto que la primera afecta en mayor forma la capa límite y el aire. Durante las primeras etapas del secado, la velocidad del aire desempeña un papel muy importante, sobre todo cuando el material contiene un alto contenido de humedad.

Por lo tanto a mayor velocidad mayor será la tasa de evaporación y menor el tiempo de secado y viceversa, si la velocidad del aire disminuye la tasa de evaporación también y el tiempo de secado aumenta. Por tal razón para asegurar un secado rápido y uniforme es indispensable una circulación de un aire fuerte y regular. Por ende a mayor espesor del material menor será la ventaja de velocidades altas de aire.

Durante las primeras etapas del secado, la velocidad del aire desempeña un papel muy importante, sobre todo cuando el material contiene un alto contenido de humedad. A mayor velocidad, mayor será la tasa de evaporación y menor el tiempo de secado y viceversa, si la velocidad del aire disminuye la tasa de evaporación disminuye y el tiempo de secado aumenta. Por tal razón, para asegurar un secado rápido y uniforme es indispensable una circulación del aire fuerte y regular.

Las ventajas de velocidades altas de aire, disminuye en cuanto mayor es el espesor del material, menor el contenido de humedad inicial y la temperatura de bulbo seco inicial. En la práctica, la economía del proceso determina la velocidad del aire.”²³

1.6.9 *Clasificación de los secadores*

“Los secadores se clasifican según el método de transmisión de calor a los sólidos húmedos.

- Secadores directos
- Secadores indirectos
- Secadores diversos.
- Secadores discontinuos o por lote.
- Secadores continuos.
- Secadores para sólidos granulares o rígidos y pasta semisólidas.
- Secadores que pueden aceptar alimentaciones líquidas o suspensiones.

1.6.9.1 *Secadores Directos*

La transferencia de calor para la desecación se logra por contacto directo entre los sólidos húmedos y los calientes. El líquido vaporizado se arrastra con el medio de desecación; es decir con los gases calientes. Los secadores se llaman también secadores por convección.

a. **Secadores D-Continuos**

La operación es continua sin interrupciones, en tanto se suministre la alimentación húmeda. Es evidente que cualquier secador continuo puede funcionar en forma intermitente por lotes, si así se desea.

e. Secadores D-Par Lotes

Se diseña para operar con un tamaño específico de lote de alimentación húmeda, para ciclos de tiempo dado. En los secadores por lote las condiciones de contenido de humedad y temperatura varían continuamente en cualquier punto del equipo.

1.6.9.2 Secadores Indirectos

El calor de desecación se transfiere al sólido húmedo a través de una pared de retención. El líquido vaporizado se separa independientemente del medio de calentamiento. La velocidad de desecación depende del contacto que se establezca entre el material mojado y las superficies calientes. Los secadores indirectos se llaman también secadores por conducción o de contacto.

a. Secadores I- Continuos

La desecación se efectúa haciendo pasar el material de manera continua por el secador poniéndolo en contacto con las superficies calientes.

b. Secadores I-Par Lotes

En general los secadores indirectos por lotes se adaptan muy bien a las operaciones vacío. Se subdividen en tipos agitados y no agitados.”²⁴

1.6.10 Tipos de secadores

De acuerdo a la clasificación de la operación de secado encontramos los siguientes tipos de equipos.

Secaderos de calentamiento directo.

a. Equipos discontinuos

- Secaderos de bandejas con corriente de aire.
- Secaderos de cama fluid izada.
- Secaderos con circulación a través del lecho sólido.
- Secaderos de bandejas a vacío.
- Secaderos de bandejas a presión atmosférica.
- Secaderos por congelación.

b. Equipos continuos

- Secaderos de túnel.
- Secaderos neumáticos.
- Secaderos ciclónicos.
- Secaderos de cama chorreada.
- Secaderos de cama vibratoria.
- Secadero de cama fluid izada.
- Secaderos espray.
- Secaderos de tipo turbina.

- Secaderos rotatorios.
- Secaderos de calentamiento indirecto
- Secaderos de tambor
- Secaderos con circulación a través del lecho.

c. Otros secadores algo más evolucionados

- Secadores solares
- Secadores por convección natural
- Patios de secado
- Túneles de secado, etc.”²⁵

1.6.10 Cinética del secado

1.6.11.1 Características Generales

“La cinética de secado es el modo de aportar el calor necesario para la vaporización del agua (secado) la cual puede efectuarse desde distintos mecanismos que se dan de manera individual o conjuntamente uno de los factores que se ajusta a la cinética es la conducción ya que es la transferencia de calor de un cuerpo a otro parte del mismo y del mismo cuerpo en contacto físico directo con el primero, en este tipo de transferencia no se produce desplazamiento de las partículas del cuerpo sino que el calor se transmite por vibración atómica o moleculares.”²⁶

1.6.11.2 Generalidades de las curvas de cinética del secado

“La cinética de secado de un material no es más que la dependencia de la humedad del material y de a la intensidad de evaporación con el tiempo o variables relacionadas con este, como la propia humedad o las dimensiones del equipo.

A partir de las curvas de cinética de secado (x vs t , dx/dt vs x), que deben ser obtenidas a nivel de laboratorio, puede tenerse una idea del tiempo de secado, del consumo de energía, del mecanismo de migración de humedad, de las condiciones predominantes en la transferencia de calor y masa y de la influencia que tienen en la velocidad de secado las variables del proceso tales como: temperatura, humedad de entrada, velocidad del aire, etc.

Con los datos obtenidos durante la prueba de secado o sea de la variación de la humedad con el tiempo, puede hacerse un gráfico de contenido de humedad en función del tiempo Fig.9-1. Este será útil para la determinación de grandes partidas bajo las mismas condiciones de secado.

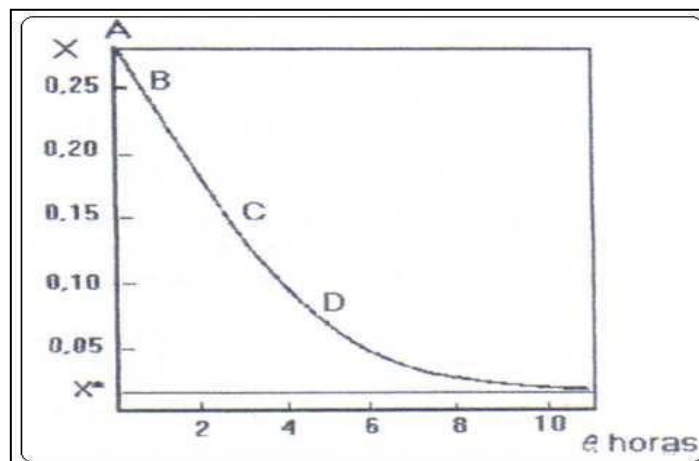


Figura 8 -1 Curva de humedad en función del tiempo

Fuente: (Treybal, C. 1965).

Fase B

Estabilización, en la cual las condiciones de la superficie del sólido se equilibran con las del aire de secado. Generalmente es una proporción despreciable del total de secado.

Fase C

Periodo de velocidad constante, durante el mismo la superficie del sólido se mantiene saturada de agua líquida debido a que el movimiento del agua desde el interior del sólido hasta la superficie ocurre a la misma velocidad que la de la evaporación en la superficie.

Fase D

Periodo de velocidad decreciente, la superficie del sólido comienza a desecarse porque el agua aún se halla en su interior encuentra dificultades para llegar a la superficie del sólido. La temperatura del sólido comienza hasta aproximarse a la temperatura aire de secado cuando el producto se ha desecado totalmente. Esto es lo que determina que la temperatura del aire deba moderarse para evitar que la temperatura del producto supere la temperatura crítica. Por lo normal esta fase D constituye la mayor proporción del tiempo total del secado. Las consideraciones que se ejemplificaron tienen validez para sistemas simples y aunque los productos durante el secado se comportan siguiendo patrones similares al descrito, constituyen sistemas mucho más complejos y heterogéneos; entre sus componentes figuran proteínas, grasas carbohidratos, vitaminas, enzimas y sales inorgánicas y muchos de estos componentes están fuertemente hidratados.

Podemos agregar que cada una de los secadores tiene su propio comportamiento, incluso para un sistema similar de secado, por lo que es muy importante conocer y calibrar para obtener un buen producto.”²⁷

1.6.11.3 *Curva de régimen de secado.*

“Si se convierte los datos de régimen de secado se puede obtener abundante información y lo llevamos a un gráfico en función de la humedad. Generalmente se pueden apreciar dos partes notorias de la curva de régimen de secado: un período de régimen constante y uno de caída de régimen, aunque teóricamente existen o se pueden apreciar tres etapas del proceso o períodos de seca.

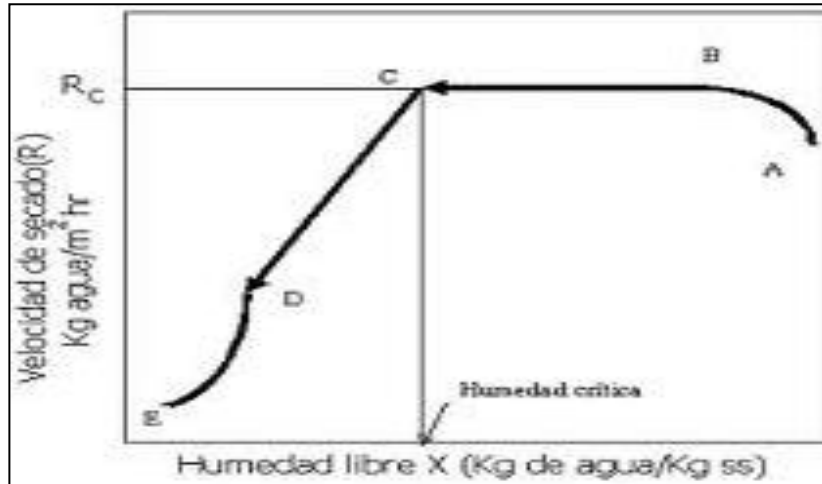


Figura 9-1 Curva de velocidad de secado en función de la humedad libre
Fuente: http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/Manizales/4070035/lecciones/cap7/leccion7_5.htm.

Etapa A-B

Es una etapa de calentamiento inicial del sólido normalmente de poca duración en la cual la evaporación no es significativa por su intensidad ni por su cantidad.

En esta etapa el sólido se calienta desde la temperatura ambiente hasta que se alcance el equilibrio entre el enfriamiento por evaporación y la absorción de calor de los gases. Este equilibrio se alcanza a la temperatura de bulbo húmedo del gas.

Etapa B-C

Es el llamado primer período de secado o período de velocidad de secado constante; donde se evapora la humedad libre o no ligada del material y predominan las condiciones externas. En este período el sólido tiene un comportamiento no higroscópico. La velocidad de secado se mantiene constante si el gas tiene un estado estacionario y en general depende solo de las propiedades y velocidad del mismo. Si durante el proceso, el gas se enfría, la velocidad de secado decrece pero sigue en esta zona dependiendo de factores externos al sólido. Durante este período la temperatura del sólido se mantiene igual a la de bulbo húmedo del gas, ya que se mantiene el equilibrio alcanzado al final de la etapa de calentamiento.

Etapa C-E

Es el segundo período de secado o período de velocidad de secado decreciente; donde se evapora la humedad ligada del material y predominan las condiciones internas o las características internas y externas simultáneamente. En estas condiciones el sólido tiene un comportamiento higroscópico. Durante el período, la temperatura del material sobrepasa la de bulbo húmedo debido a que el descenso de la velocidad de secado rompe el equilibrio térmico que mantiene estable la temperatura y una parte considerable del calor se emplea en un calentamiento del sólido. Ahora la humedad deberá ser extraída del interior del material con el consiguiente incremento de la resistencia a la evaporación.”²⁸

1.6.12 Clasificación de la operación de secado.

“De modo general se pueden clasificar las operaciones de secado en continuas y discontinuas. En las operaciones continuas pasan continuamente a través del equipo tanto la sustancia a secar como el gas.

La operación discontinua en la práctica se refiere generalmente a un proceso Semi continuo, en el que se expone una cierta cantidad de sustancia a secar a una corriente de gas que fluye continuamente en la que se evapora la humedad.”²⁹

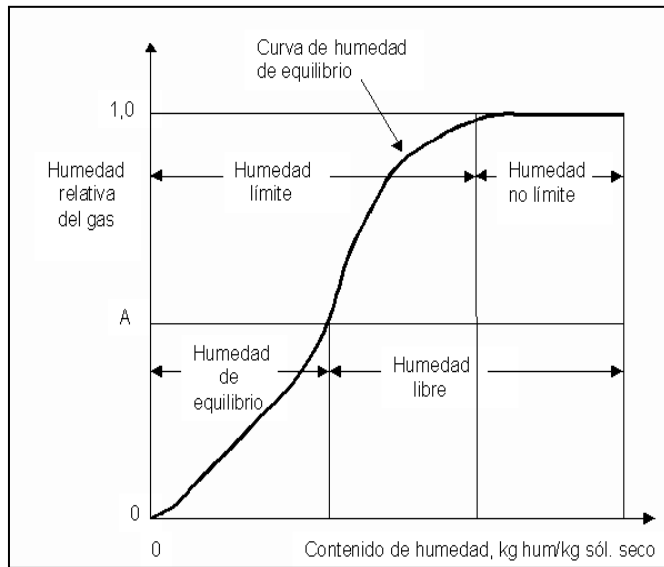


Figura 10 -1 diferentes tipos de humedad

Fuente: (Christie, J, Geankoplis, 1982)

Tabla 9 -1: Definición de las características del material a secar

Características del material a secar	
Propiedades físicas	Propiedades mecánicas
Dimensiones y formas Presencia o no de piel Naturaleza del material(sólido, líquido)	Dureza Adhesividad
Propiedades químicas y bioquímicas Composición Características de los elementos constitutivos del material Comportamiento bioquímico del producto en función de las variables del proceso (T^a , a_{w1})	

Fuente: María G. (Laboratorio de Procesos Industriales. ESPOCH. 2013)

Realizado por: GARCIA María 2015.

1.6.13 *Elección del tipo de secador.*

a) Selección inicial de los secadores

Se debe seleccionar los secadores que sean más adecuados para manejar el material mojado y el producto seco que se adapten a la continuidad del proceso como un todo y generen un producto con las propiedades físicas adecuada.

El diseño y la elección del secador se deciden por característica de los flujos húmedos y secos. Selección inicial de los secadores.- Se debe seleccionar los secadores que sean más adecuados para manejar el material mojado y el producto seco que se adapten a la continuidad del proceso como un todo y generen un producto con las propiedades físicas adecuadas.

a) Comparación inicial de los secadores.

Los secadores seleccionados de esta manera se evaluarán en forma aproximada, basándose en los datos de costo y funcionamiento. Partiendo de esta evaluación, los secadores que parezcan ser menos económicos o poco apropiado desde el punto de vista de su funcionamiento no se deberán someter a condiciones posteriores.

b) Pruebas de secado.

Dichas pruebas determinaran las condiciones óptimas de operación y las características del producto, y constituirá la base para obtener presupuestos rigurosos de los distribuidores de este tipo de equipos

c) Selección final del equipo.

Una vez recopilado los resultados de las pruebas de secado y las cotizaciones de los equipos se hará la selección final del secador más apropiado para el secado.”³⁰

1.6.14 Secador de bandejas

“El secador de bandejas, o de anaqueles es el más antiguo y aún el más utilizado, este consiste en un gabinete, de tamaño lo suficientemente grande para alojar los materiales a secar, en el cual se hace correr suficiente cantidad del aire caliente y seco. Por lo general el aire es calentado por vapor, pero no saturado, de modo que pueda arrastrar la suficiente cantidad de agua para un secado eficiente.

Es necesario hacer notar una situación interesante de optimización de secadores, que el aire a utilizar debe poseer una temperatura de bulbo húmedo alta; entalpía alta y una humedad relativamente baja.

Puesto que la operación de secado, al igual que cualquier operación de transferencia, depende del tiempo de contacto interfacial el que no varía para este tipo de secadores por la variación en la velocidad del aire, nuestra área de contacto interfacial puede ser aumentada si estos son sólido en terrones o granos. En general para este tipo de secadores, las variables pueden fijarse o variarse son los gradientes, por lo que es importante que el aire no entre frío ni húmedo puesto que esto minimiza el gradiente y elimina la eficiencia del secador.

Estos es cierto para los diferentes tipos de secadores, pero en especial para este tipo de secador, puesto que en los siguientes las variables no son tan fijas. En los sistemas de secado en bandejas se utilizan velocidades de aire, para flujos transversales de 2 a 5 m/s, y para flujos ascendente de 0,5 a 1,25 m/s en bandeja.

La construcción de estos Secadores de Bandejas es relativamente barata por ser muy flexibles, son los secadores de sólidos más simples. El recinto de secado es de forma paralelepípedo. Pueden ser concebidos para trabajos al vacío o para permitir una circulación normal o forzada, aquí el producto a secar se coloca sobre rejillas, papel, tela o filtros sintéticos, colocados que están en una especie de carro que puede ser retirada del recinto con facilidad.

1.6.14.1 *Usos del secador de bandejas:*

a) En la industria farmacéutica

- ✚ Tratamiento de pastillas
- ✚ Granulados.
- ✚ Grageas
- ✚ Botellas
- ✚ Ampolletas

b) En la industria de alimentos.

- ✚ Frutas
- ✚ Hierbas
- ✚ Legumbre
- ✚ Productos para panadería

✚ En la industria química.

- ✚ Para granulados
- ✚ Cristales
- ✚ Polvos

1.6.14.2 *Situaciones bajo las cuales se puede usar el secador de bandejas.*

- Cuando se necesita calentamiento prolongados por el tamaño de los objetos sólidos o la temperatura de calentamiento permisible requiere una sustentación prolongada para la difusión interna de calor o humedad. Este es aplicable en caso de sobre pasar de 12-24 horas.

- La obtención de varios productos diferentes requiere una aplicación muy estricta del proceso discontinuo y la limpieza minuciosa del equipo entre cada lote distinto.
- La cantidad que se va a procesar no justifica la inversión de un equipo continuo más costoso.”³¹

1.6.14.3 Ventajas del Secador de Bandejas

- Es que cada lote de material se seca separadamente.
- Se pueden tratar lotes de 10 hasta 260 kg.
- Para el secado de materiales no necesita de aditamentos especiales.
- Los gránulos obtenidos en este secador son más densos, duros e irregulares.”³²

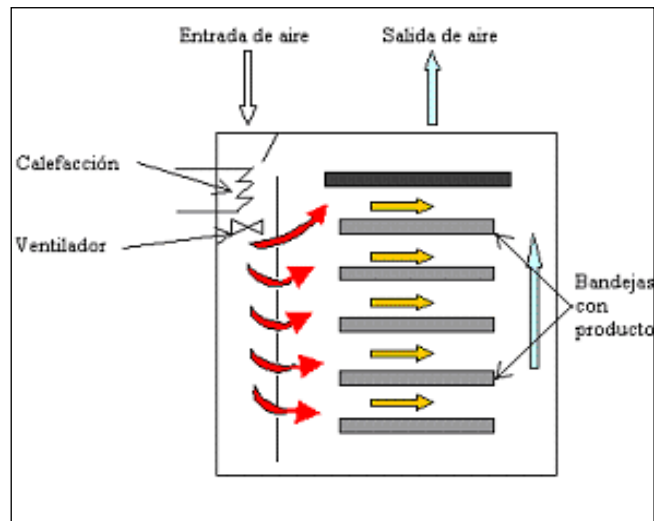


Figura12-1 Esquema de un secador de bandejas

Fuente: http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4070035/images/Fig_7.7.gif

1.6.14.4 *Componentes principales del equipo.*

“A continuación tenemos los componentes principales del secador de bandejas:

- Cámara de secado
- Fuente de calor
- Vente rol
- Materiales auxiliares
- Controlador de temperatura
- Control PID

a. Cámara de secado

Este es el eje principal para el diseño de todo el secador de bandejas. Aquí se ejecutará el proceso de deshidratación. Por lo que debe estar acorde a las necesidades y requerimientos tomando como base tanto las pruebas bromatológicas realizadas al producto, como las pruebas de secado en laboratorio.

El funcionamiento satisfactorio del mismo depende de un mantenimiento de una temperatura constante y una velocidad de aire sobre todo el material que se esté secando.

Cabe indicar que en la cámara de secado estarán dispuestas cuyo material deberá estar acorde con las condiciones de temperatura y corrosión presentes en la cámara. Las bandejas deben ser perforadas para permitir el contacto con el aire caliente.

Para la posterior construcción de la cámara se colocará un corte de una plancha de acero inoxidable en la parte superior de la misma, con la finalidad de evitar el efecto que produce el aire de entrada del ventilador que ingresa en forma vertical de arriba hacia abajo y que pueda ocasionar que el producto se difunda dentro de toda la cámara, se construye este dispositivo y se evita problemas operativos como mencionamos.

De igual manera en la parte inferior de la cámara se colocará un rompe llamas cuya función como su nombre lo indica es distribuir el calor de manera uniforme en toda la cámara de secado y evitar la incineración del producto por las temperaturas. Este rompe llamas será de acero inoxidable.

- **Aislamiento térmico para la cámara de secado.**

Los materiales de aislamiento térmico se emplean para reducir el flujo de calor entre calientes y frías. Por ejemplo, el revestimiento que se coloca frecuentemente alrededor de las tuberías de vapor de agua caliente reduce las pérdidas de calor, t el aislamiento de las paredes de una nevera o refrigerador reduce el flujo de calor hacia el aparato y permite que se mantenga frío.

El aislamiento térmico puede cumplir una o más de estas tres funciones reducir la conducción térmica en el material, que corresponde a la transferencia de calor por radiación, que corresponde al transporte de energía térmica por ondas electromagnéticas los materiales aislantes típicos suelen fabricarse con materiales no metálicos y están llenos de pequeños espacios de aire. Algunos de estos materiales son el carbonato de magnesio, el cobre, el fieltro, la guata, la fibra mineral o de vidrio y la arena de diatomeas.

El objetivo del aislante es impedir en alguna medida la transferencia de calor hacia el cuerpo aislado. Los materiales de aislamiento térmico aprovechan en general el hecho de que el aire es un excelente aislante. Por esta razón la gran mayoría de los materiales usados como aislante son porosos, manteniendo el aire atrapado en su interior.

- b. Materiales Auxiliares.**

Existen más de un material que puede ser utilizado alternativamente en el equipo de secado y que pueden servir para una aplicación específica, como el acero inoxidable.

- **Acero inoxidable.**

Ya que secaremos productos de uso alimenticio, el material que se utilice en el equipo debe ser resistente a la corrosión, a la humedad y temperatura con la que esté trabajando siendo el acero inoxidable el material preciso para la construcción de nuestro equipo de secado.

- c. **Fuente de calor.**

Generalmente en los secadores de bandejas su medio de calentamiento es el vapor que consta de un calentador principal anterior al ventilador de circulación. Esta fuente de calor utilizada cuando las cargas de alimentación son muy grandes.

Cuando se deben manejar temperatura superiores a 450K es conviene utilizar productos de combustión o calentadores de aire de encendido indirecto. O cuando no se manejan grandes carga ni se necesita temperaturas superiores a 450K se puede utilizar como fuente de calor resistencias eléctricas.

- **Resistencia eléctrica**

Son denominadas así por la oposición que encuentra la corriente eléctrica para recorrerla. Su valor viene dado ohmios, se designa con la letra griega omega mayúscula (Ω), y mide con el Óhmetro .Son componentes eléctricos positivos en los que la tensión instantánea aplicada es proporcional a la intensidad de la corriente que circula por ellos.

Las resistencias pueden ser de varios tipos:

- ✚ Resistencias lineales fijas
- ✚ Resistencias variables
- ✚ Resistencias no lineales
- ✚ Resistencias en serie

d. Vente rol

Se define como un ventilador o vente rol a un aparato a mover aire o gases, por medio de un rodete como unidad impulsora. Un ventilador tiene al menos un orificio de aspiración y un orificio de impulsión, dichos orificios pueden o no tener elementos para conexiones al ducto de trabajo. En que va accionando por medio de un motor eléctrico y la transmisión puede ser directa o por medio de poleas y correas trapezoides.

Los ventiladores se pueden clasificar de según:

- ✚ A la altura de presión que generan.
 - De baja presión (hasta 706N/m^2)
 - De media presión ($706\text{-}3528\text{N/m}^2$)
 - De alta presión (3528N/m^2 en adelante)
- ✚ A la forma de sus alabes
- ✚ Ala disposición de los alabes
- ✚ Ala diversas aplicaciones

La selección del ventilador dependerá primero de la velocidad de secado con lo que vamos a trabajar para lo cual tendremos que tomar en consideración: El flujo de aire con que se maneja el ventilador para que pueda ser manipulado, es decir poder controlar la velocidad del aire que va a ingresar a la cámara de secado.

e. Control PID

Estos controladores han demostrado ser robusto y extremadamente beneficiosos en el control de muchas aplicaciones de importancia en la industria.

De donde PID significa:

- Proporcional
- Integral
- Derivativo

El controlador PID regula más del 95% de los procesos industriales siendo el más utilizado en la industria moderna.

f. Controlador de temperatura

Es un dispositivo que se encarga de regular y mantener constante una temperatura de entrada, Fija como consigna, actuando sobre una resistencia. Su funcionamiento se basa en el principio de realimentación, un elemento esencial de capacidad de autocorrección. Un ciclo o bucle de realimentación es un dispositivo mecánico, neumático o eléctrico que detecta una magnitud física como: temperatura, tamaño o velocidad, la compara con una norma preestablecida (consigna), y realiza aquella acción pre programada necesaria para mantener la cantidad medida dentro de los límites de la norma aceptable en este caso sobre la resistencia nombrada anteriormente.”³³

1.6.14.5 Pruebas de ensayo de secado

“Las pruebas de ensayo realizadas en el laboratorio son muy importantes porque de esta manera obtendremos los datos necesarios para que haciendo uso de las respectivas ecuaciones proceder a diseñar el equipo.

Además de realizar las distintas de las curvas de secado las cuales nos permitirán saber la con certeza y precisión cuál es la humedad de equilibrio, la humedad crítica, como la velocidad de secado y el tiempo necesario para la operación de secado. Por lo tanto debemos conocer las variables físicas que intervienen en el proceso de secado las cuales mencionamos a continuación.

- ✚ Peso del material
- ✚ Humedad total contenida en el material
- ✚ Humedad inicial y final obtenida en cada etapa de secado.
- ✚ Tiempo que dura el secado.
- ✚ Cantidad de agua evaporada por hora.
- ✚ Temperatura critica del producto.
- ✚ Temperatura máxima al entrar al secador.
- ✚ Grado de saturación del aire a la salida del secador.
- ✚ Temperatura y humedad relativa del aire al exterior.

Tabla 10-1: Variables e Indicadores

VARIABLES	INDICADORES	INDICES
Preparación		
Temperatura	Centígrados	18-24 C
Tiempo	horas	2-5 días
humedad	gramos %	
Secado		
Temperatura	Centígrados	50-60C
Humedad	gramos%	
Velocidad	m/s	
Tiempo	horas	24-48

Fuente: García M. (Laboratorio de Procesos Industriales. ESPOCH 2013).

Realizado por: GARCIA María 2015.

1.6.14.6 *Etapa de Secado*

- Lo primero es la humedad con que se inicia el proceso de secado donde son sometidas las materias primas (maíz, quinua y amaranto) a un calentamiento a temperatura

constante en un secador de aire caliente. Obteniendo las pérdidas de humedad en un tiempo determinado.

- Durante la etapa de secado la recopilación de los datos se efectúa en minutos.
- Obtenidos los datos hacemos uso de las ecuaciones pertinentes para realizar las curvas siguientes (Velocidad de secado vs Tiempo, Humedad vs Tiempo, Humedad vs Velocidad de secado), las cuales nos ayudan a controlar el comportamiento que tienen el maíz, quinua y el amaranto, y así poder elegir la temperatura y el tiempo adecuado para el proceso de secado de las mismas.
- Las variables obtenidas durante el proceso de secado en los ensayos realizados en laboratorio, nos van a permitir dimensionar nuestro equipo de acuerdo a las necesidades del producto. Para lo cual es fundamental determinar las curvas de secado que es una base de los objetivos.
- Una de las tareas principales en el estudio de secado de un sólido, es la identificación del modelo cinético que más adecuadamente se requieren a los datos experimentales de secado. El reordenamiento de un modelo de secado consiste en la estimación de parámetros según algún criterio de comportamiento que tome en cuenta el peso de la humedad media del sólido y el peso de la humedad calculada por el modelo propuesto.

1.7 DISEÑO DEL EQUIPO

Para el diseño de un equipo de secado antes de tomarse en cuenta las características especiales de un secador se tendrá que realizar un previo análisis de las propiedades físicas y químicas de los productos que vamos a someter al proceso de deshidratación.

Con esta premisa estamos en capacidad de seleccionar el proceso de transmisión de calor al sólido húmedo más adecuado (conducción, convección, radiación), y además seleccionar el método de funcionamiento del equipo (directo o indirecto; continuo o intermitente).

Por eso hay que tomar en cuenta diversos criterios para escoger el método que mejor se adapte al secado de una sustancia:

- El modo de funcionamiento del aparato
- La naturaleza y calidad del producto a secar
- Las fuentes de calor y el modo de transmisión del mismo.
- La seguridad
- El consumo de energía
- La facilidad para controlar el tiempo de tratamiento
- La elección del método de secado es generalmente una situación ponderada de todos estos factores.

1.7.1 *Ecuaciones para el diseño del secador de bandejas.*

El método utilizado para el procesamiento de los datos experimentales se basa en una ecuación cinética que permite todo el proceso de secado en ambos periodos, donde todos los parámetros de las ecuaciones se pueden determinar fácilmente a través de la siguiente ecuación:

❖ **Humedad (en base seca)**

$$x = \frac{P_{SH} - P_{SS}}{P_{SS}}$$

Ecuación 1

Dónde:

X = Humedad

P_{SH} = Peso del sólido húmedo

P_{SS} = Peso del sólido seco

❖ **Humedad (en base húmeda)**

$$x = \frac{P_{SH} - P_{SS}}{P_{SH}}$$

Ecuación 2

Dónde:

X= humedad

P_{SH} = Peso del sólido húmedo

P_{SS} = Peso del sólido seco

Velocidad del periodo constante.

❖ **Para este periodo hacemos de la ecuación siguiente:**

$$w_c = \frac{S}{A} \left[\frac{\Delta X}{\Delta \theta} \right]$$

Ecuación 3

Dónde:

W_c = Velocidad de secado constante

A = Superficie expuesta al secado

S = sólido seco

Δx = variación de la humedad en base seca

$\Delta \theta$ = variación del tiempo de secado

❖ **Velocidad total en la operación de secado:**

$$W = W_1 + W_2$$

Ecuación 4

Dónde:

W_1 = velocidad para el periodo constante

W_2 = velocidad para el periodo decreciente

❖ **Cálculo del tiempo de secado en el periodo constante**

Para este periodo utilizamos la ecuación siguiente:

Periodo anticrítico: como durante este periodo $w = \text{constante}$ la integración de la ecuación anterior desde la humedad inicial hasta la humedad crítica nos lleva a:

$$\theta_a = \frac{S}{A} \left(\frac{X_i - X_c}{W_c} \right)$$

Ecuación 5

Dónde:

θ_a = tiempo anticrítico

W_c = velocidad del secado constante

A = superficie expuesta al secado

S = sólido seco

X_i = humedad inicial

X_c = humedad crítica

❖ **Cálculo de tiempo de secado en el periodo decreciente:**

$$\theta_p = \frac{S(X_c - X_f)}{A(W_c - W_f)} \ln \frac{W_c}{W_f}$$

Ecuación 1 (a)

$$\theta_p = \frac{S(X_c - X^*)}{AW_c} \ln \frac{(X_c - X_f)}{(X_c - X^*)}$$

Ecuación 7 (b)

Dónde:

θ_p = tiempo anticrítico

W_c = velocidad de secado constante

W_f = velocidad final

A = superficie expuesta al secado

S = sólido seco

X_f = humedad inicial

X_c = humedad crítica

X^* = humedad en equilibrio

Podemos hacer uso de la ecuación (a), (b) si utilizamos el método anticrítico, así no utilizamos el método gráfico que por medio de una integración gráfica para el periodo decreciente y hacemos uso de la ecuación anterior para reemplazar los datos y obtener la ecuación del tiempo.”³⁴

$$\theta = \frac{S}{A} \int_{X_f}^{X_i} \frac{dX}{W}$$

Ecuación 8

CAPITULO II

2. PARTE EXPERIMENTAL

La recopilación de los datos obtenidos en el ensayo fueron de donde este estudio se realizó con los parámetros establecidos en la literatura, y de varios estudios ya realizados, donde se controlan una serie de variables y sus variaciones así como los controladores de proceso para de esta manera establecer las diversas condiciones más optimas y necesarias que nos van a permitir desarrollar u obtener mejores y acertados parámetros en el dimensionamiento del equipo, el mismo que nos permite observar varias de las características de presentan nuestro prototipo (secador de bandejas), el cual se encuentra en el Laboratorio de Procesos Industrial el cuál funciona a partir de la energía eléctrica con el uso de una resistencia, para de esta manera obtener un secador sea muy eficiente y sin ninguna alteración de las propiedades tanto físicas como químicas de los gran que están siendo sometidos a pruebas.

2.1 MUESTREO

Para realizar el secado de la quinua, amaranto y maíz en el secador el cuál se lo localiza en el laboratorio de Procesos Industriales, se requieren de varias muestras provenientes y tomadas de la hacienda (San Jorge) ubicada en la ciudad de Riobamba provincia de Chimborazo de la región Sierra el país.

Donde para cada uno de nuestros granos se conoció las propiedades bromatológicas que cada uno de estos poseen encontrando diferencia en el contenido de humedad en cada uno de ellos.

En base a todas las características obtenidas a través de la investigación del cultivo de estos diversos granos nos damos cuenta que la mayor producción de la quinua, amaranto y maíz se localiza en la región Sierra de nuestro país, en cuanto al cultivo de amaranto después de su desaparición durante muchos años, este va cada vez en aumento en las regiones andinas del Ecuador.

2.2 METODOLOGIA

2.2.1 *Métodos*

En la presente investigación los recursos empleados serán de carácter teórico como experimental, para de esta manera obtener la metodología adecuada y fundamentada y así

La implementación del proceso de diseño, selección y utilización de todas y cada una de las herramientas posibles para el secado o deshidratación de la quinua, amaranto y maíz. Para responder las posibles interrogantes o dudas que se puedan presentar a lo largo de nuestro proceso de secado.

2.2.1.1 *Métodos Inductivo*

Con la obtención de datos a nivel experimental, la toma de cada una de las muestras, dónde a partir de las curvas de secado obtendremos la temperatura óptima y tiempo necesario para al secado u deshidratación de los granos como la quinua, amaranto y maíz, y de esta manera obtener el porcentaje de humedad indicado, de cada uno de los granos, así también con el uso del prototipo del Secador de Bandejas que se encuentra en el laboratorio de Procesos Industriales se pudo determinar los diferentes tiempos y temperaturas mediante las cuales se realizó el secado de los granos, hasta obtener una humedad constante. Debiendo tomar en consideración que parámetros como la humedad y el tiempo son fundamentales en el momento de realizar cada uno de los ensayos de secado, ya que de estos depende la conservación de las proteínas de nuestros granos, el cual nos permitirá obtener un diseño de nuestro equipo con las características que deseamos.

2.2.1.2 *Métodos Deductivos*

A partir de diversas investigaciones realizadas a nivel y nacional lo que se necesita para la mejora de varios alimentos así como son los granos, carnes etc. A nivel industrial es el uso de maquinarias y equipos para el secado y conservación de los mismos, para de esta manera optimizar el tiempo de secado así como el mejoramiento de técnicas, recursos humanos para la obtención de productos de buena calidad. Esta investigación a más de obtener el diseño del Secador de Bandejas o Anaqueles también nos ayuda a comprender como las Operaciones Unitarias, Transferencia de calor son aplicables a estos y muchos procesos, así como a la búsqueda de las diversas variables operacionales en nuestro sistema de secado.

2.3 TÉCNICAS

2.3.1 Determinación de cenizas.

Tabla 11 -2: Determinación de cenizas de la quinua, amaranto y maíz.

Principio	Materiales	Procedimiento	Cálculos
La materia orgánica se quema a la temperatura más baja posible y la materia inorgánica remanente se enfría y pesa. El calentamiento se realiza en etapas, primero para eliminar el agua, a continuación para carbonizar el producto totalmente (esto se realiza en Sorbona) y finalmente para incinerar en horno de mufla a 660 °C	<ul style="list-style-type: none"> - Balanza analítica - Mufla eléctrica con temperatura Regulable. - Crisoles de porcelana. - Pinzas. - Espátula. 	<ol style="list-style-type: none"> 1.- Tarar los crisoles y pesarlos. 2.- Pesar 2g de muestra 3.- Se carboniza en mechero en una Sorbona hasta que se produzca hinchazón o producción de humos 4.- Introducir los crisoles en la mufla (620- 650)hasta peso constante (3horas) 5.- Retirar los crisoles de la mufla, colocar en el desecador hasta que alcance una temperatura ambiente de (30mnt). 6.- Pesar. 	<p>Se expresa en porcentaje y se deduce según la fórmula siguiente.</p> $\%C = \left[\frac{m1 - m}{m2 - m} \right] * 100$ <p>Dónde:</p> <p>%C=contenido de ceniza en porcentaje en masa.</p> <p>m1=masa en gramos del crisol vacío.</p> <p>m2= masa en gramos del crisol con la muestra tras la incineración.</p> <p>p= peso de la muestra en gramos.</p>

Fuente: Ensayo 1412 (AACC de la Asociación Americana de Químicos Cerealistas).

Realizado por: GARCIA María 2015.

2.3.2 Determinación de humedad y sustancia seca.

Tabla 12 -2: Determinación de humedad y sustancia seca de la quinua, amaranto y maíz.

Principio	Materiales	Preparación	Procedimiento	Cálculos
<p>La determinación de la humedad por medio de la gradiente de temperatura en su oficio de grado de elevación y la utilización eventualmente al vacío, es el método más antiguo para obtener una humedad libre en donde este se expulsa por medio de aire caliente en circulación eventualmente al vacío.</p> <p>Es el método más antiguo para obtener el intervalo de humedad y de sólidos totales de un alimento.</p> <p>La muestra presenta una humedad libre en donde este se expulsa por medio de aire caliente en circulación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Estufa eléctrica - Balanza analítica - Vidrio reloj - Desecador - Pinza de cápsula 	<p>- La muestra para el ensayo debe tomarse de acuerdo a la Norma INEN 1233 y debe estar embazada en recipientes de vidrio, plástico u otro material inoxidable herméticamente cerrados, limpios y completamente llenos, con o sin impurezas.</p> <p>- Preferiblemente se usaran muestras sin impurezas, es decir aquellas que han sido cribadas en una zaranda circular 11,2 mm con bandeja de fondo.</p> <p>Lo que pasa a la bandeja de fondo se criba nuevamente en una zaranda de cobertura triangular simple de 2 mm, recibiendo el cribado en otra bandeja de fondo. Sin antes llevar la muestra al laboratorio han sido separadas la impurezas, se tomaran para los cálculos.</p>	<p>-La determinación debe efectuarse por duplicado sobre la misma muestra preparada.</p> <p>-Pesar con aproximación al 0,1g la cápsula limpia, seca y tapada.</p> <p>-Coloca rápidamente en la cápsula entre 20 -40g del grano entero de maíz, quinua y amaranto, y distribuirlos uniformemente.</p> <p>-Cerrar inmediatamente la cápsula con la tapa y pesar aproximadamente al 0,1g.</p> <p>-Colocar la cápsula vierta con el contenido y su tapa en la estufa calentada entre 130-133 C, manteniéndola en esta durante 38 +/- 2 horas.</p> <p>-Luego la sacra la cápsula de la estufa colocar la tapa pesar con aproximación 0,01g.</p>	<p>El contenido de humedad en el grano de quinua, amaranto y maíz entero se calcula mediante la siguiente ecuación.</p> $\%H = \frac{(m2 - m1)}{m2} \times 100$ <p>Determinación de la humedad.</p> <p>Dónde:</p> <p>H= contenido de humedad en porcentaje de masa.</p> <p>m1= muestra seca en gramos.</p> <p>m2= muestra humedad.</p>

Fuente: (NORMA INEN 1513)
 Realizado por: GARCIA María 2015.

2.3.3 Determinación de proteína

Tabla 13 -2: Determinación de proteína de la quinua, amaranto y maíz.

Principio	Materiales	Procedimiento	Cálculos
<p>El nitrógeno de las proteínas y otros compuestos se transforman en sulfato de amonio al ser digerido en ácido sulfúrico en ebullición.</p> <p>El residuo se enfría, se diluye con agua y se le agrega hidróxido de Sodio.</p> <p>El amoniaco presente se desprenden ya la vez se destila y se recibe en una solución de ácido bórico que luego se titula con ácido Sulfúrico estandarizado</p>	<p>Equipos</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aparato de Digestión y destilación Macro Kjeldahl ▪ Balones Kjeldahl de 800ml ▪ Buretas ▪ Probetas ▪ Frascos Erlenmeyer de 500ml ▪ Soporte universal ▪ Agitador magnético ▪ Barra de agitación. ▪ Papel Bonn. <p>Reactivos</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ácido sulfúrico concentrado ▪ N_3OH al 50% Catalizador, 800g de sulfato de potasio, 50g de sulfato cúprico, 50g de Dióxido de selenio. H_2B_2 al 4%. ▪ Indicador mixto, Rojo de Metilo y Verde de Bromocresol, al 0,2% en el alcohol de 95 %. 	<p>Digestión</p> <p>1.- Pese exactamente 0.04g de muestra , colocar dentro de un balón de digestión y añadir 0,5g de catalizador y 2 ml de ácido sulfúrico al 92 % (grado técnico). Colocar los balones en digestor Kjeldahl con los catalizadores a 500 C, hasta que la solución adquiera una coloración verde. Este es indicativo de haberse eliminado toda la materia orgánica.</p> <p>Retirar todos los balones del digestor y enfriar.</p> <p>Destilación</p> <p>Disolver la muestra con 4ml de agua destilada.</p> <p>Colocar la muestra en el destilador y añadir 10 ml de hidróxido de sodio al 40% más tiosulfato de sodio al 5 %. Destilar recogiendo el destilado en 6 ml de ácido bórico al 4% hasta obtener 15 ml.</p> <p>Titulación</p> <p>Al destilado se agrega 2 gotas de indicativo mixto y se titula con ácido</p>	<p>La cantidad de proteína se calcula mediante:</p> $\%P = \frac{V \times N \times 0.014 \times 6.25}{Pm} \times 100$ <p>Determinación de proteína.</p> <p>Dónde:</p> <p>%P= Porcentaje de proteína.</p> <p>V= mililitros de ácido gastado en la muestra.</p> <p>N= normalidad de ácido titulante.</p> <p>6.25= factor proteico.</p> <p>Pm= peso de la muestra en gramos.</p>

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mezcla catalizadora: 800g de sulfato de potasio o sodio, 50g de sulfato cúprico penta hidratado y 50g de dióxido de selenio. ▪ Agua desmineralizada. 	<p>clorhídrico 0,022 N, hasta que la solución cambie de color.</p>	
--	---	--	--

Fuente: Método 205 (A.O.A.C. Adoptado en el departamento de Nutrición y Calidad del INIAP)

Realizado por: GARCIA María 2015.

2.3.4 Determinación de grasa

Tabla 14 -2: Determinación de la grasa

Principio	Materiales	Procedimiento	Cálculos
<p>La grasa se extrae con el éter de petróleo a partir del residuo desecado obtenido en la determinación del contenido de humedad.</p> <p>El solvente se elimina por evaporación y se pesa el residuo de grasa.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo SOXHLET • Reverbero • Hexano 	<p>-Pesar 2g de muestra, colocar en un papel filtro cerrado.</p> <p>-El papel filtro más la muestra colocar lo en un dedal de papel filtro y en el interior del equipo SOXHLET, embonar en el equipo y en el balón añadir un volumen de hexano.</p> <p>-Someter a calentamiento por 8 horas.</p> <p>-Luego de este tiempo sacar el cono de papel filtro y colocar seguido el balón que contiene el solvente – graso para recuperar el solvente y que nos quede solo la grasa.</p> <p>- Secar la grasa en la estufa, pesar y determinar.</p>	<p>Se calcula mediante la ecuación:</p> $EE(\%) = \left[\frac{(m_2 - m_1)}{M} \right] * 100$ <p>Dónde:</p> <p>m_1 = masa en gramos del balón vacío.</p> <p>m_2 = masa en gramos del balón con la muestra desecada.</p> <p>p= peso de la muestra en gramos.</p>

Fuente: Ensayo 1632 (AACC de la Asociación Americana de Químicos Cerealistas.)

Realizado por: GARCIA María 2015.

2.3.5 *Determinación del extracto libre no nitrogenado*

Tabla 15- 2: Determinación del extracto libre de nitrógeno de la quinua, amaranto y maíz

Determinación del extracto libre no nitrogenado	
Se determina mediante la ecuación general	$ELN = 100 - (\text{humedad} + \text{proteína} + \text{grasa} + \text{cenizas} + \text{fibras})$

Fuente: Ensayo 1678 (AACC de la Asociación Americana de Químicos Cerealistas)

Realizado por: GARCIA María 2015.

2.4 DATOS EXPERIMENTALES

2.4.1 *Análisis bromatológico de la quinua, amaranto y maíz.*

Tabla 16 -2: Análisis del grano de quinua

Formas de expresión	Parámetro	Resultados %
quinua	Humedad	26,3
	Cenizas	4,5
	Proteína	13

Fuente: (CESTTA.ESPOCH. 2013) (VER ANEXO V)

Realizado por: GARCIA María 2015.

Tabla 17-2: Análisis del grano de amaranto

Formas de expresión	Parámetro	Resultados %
Amaranto	Humedad	25,28
	Cenizas	6,2
	Proteína	12,6

Fuente: (CESTTA, ESPOCH. 2013) (VER ANEXO VI)

Realizado por: GARCIA María 2015.

Tabla 18 -2 Análisis del grano de maíz.

Formas de expresión	Parámetro	Resultados %
Maíz	Humedad	32,11
	Cenizas	1,8
	Proteína	11,2

Fuente: (CESTTA, ESPOCH. 20123) (VER ANEXO VII)

Realizado por: GARCIA María 2015.

2.4.2 *Diagnóstico*

- Así como el análisis sensorial y los análisis bromatológicos de la quinua, amaranto y maíz, que se presentan en las tablas nos permiten evidenciar las diversas características que cada uno de ellos presenta tanto en su textura, apariencia, color, sabor, humedad, proteína y ceniza. Los que han permitido establecer la calidad de nuestra materia prima, las cuales hacen únicos a cada uno de los granos a nivel de alimentos dentro de su categoría como seudocereal, así como también nos permite evidenciar el gran valor nutritivo de poseen cada uno de ellos .

- Las humedad inicial en la etapa de secado de cada uno de los grano son: la quinua 26,38%, amaranto 25 %, maíz 32.1%, realizado en el prototipo de un secador de bandejas que se localiza en el Laboratorio de Procesos Industriales en la Facultad de Ciencias en la Escuela de Ingeniería Química. De dónde con el transcurso del tiempo se puede evidenciar la pérdida de humedad quedando en un 14,3%; 8,1% y 10%. A partir del cual podemos obtener un tiempo de secado de 48h.

- Después de haber realizado paso a paso cada uno de los procesos que nos pide esta investigación y obtener las diferentes variables, propiedades tanto físicas como químicas que presentan la quinua, amaranto y el maíz, podemos realizar el dimensionamiento del equipo, es decir el Secador de Bandejas. El cual nos permitirá secar u deshidratar la quinua, amaranto y maíz de acuerdo con nuestros objetivos Que nos hemos planteado.

- Con las curvas de velocidad de secado y su gran influencia se puede evidenciar la variación en cada una de las variables presentes en el proceso tales como son: tiempo, humedad y temperatura.

2.4. Datos Adicionales

2.4.3.1 Análisis sensorial diferencial del amaranto crudo y maíz húmedo.

Tabla 19 -2: Análisis sensorial diferencial del amaranto crudo y del maíz húmedo.

		MAÍZ HUMEDO			
Factores de Textura		Factores de Apariencia		Factores de Olor y Sabor	
Color	Blanco	Blando	No	Acido	No
Tamaño	12mn	Duro	No	Dulce	Si
Forma	Ovalada	Suave	Si	Amargo	No
Aspecto	Granular	Chicloso	No	Agradable	Si
Consistencia	Sólida	Arenoso	No		
		AMARANTO CRUDO			
Factores de Textura		Factores de Apariencia		Factores de Olor y Sabor	
Color	Café amarillento	Blando		Ácido	
Tamaño	1mn	Duro	Si	Salado	No
Aspecto	Granular	Suave	No	Dulce	
Forma	Ovalada	Chicloso	No	Amargo	
	Sólida	Grasoso	No	Picante	No
		Acuoso	No	Aromático	No
		Arenoso	Si	Desagradable	
				Agradable	Si
		QUINUA CRUDA			
Factores de Textura		Factores de Apariencia		Factores de Olor y Sabor	
Color	Café claro	Blando	No	Acido	
Tamaño	1mm	Duro	Si	Salado	No
Aspecto	Granular	Suave	No	Dulce	
Forma	Ovalada	Chicloso	No	Amargo	
Consistencia	Sólida	Acuoso	No	Picante	No
		Arenoso	Si	Aromático	No
				Desagradable	
				Agradable	Si

Fuente: GARCIA, M., 2013. (Tesis de grado. ESPOCH)

Realizado por: GARCIA María 2015.

CAPITULO III

3. DISEÑO DE UN SECADOR DE BANDEJAS PARA EL SECADO DE MAÍZ, QUINUA Y AMARANTO.

3.1 CÁLCULOS

3.1.1 Datos procesados para la obtener las diferentes variables.

Tabla 20 -3: Datos procesados para obtener las diferentes variables

N	θ (h)	P(kg)	Humedad total (kg)	X(kg/kg)	X media	$\Delta\theta$	W(kg/hm ²)	%humedad Perdida	%humedad
1	0	0,260	0,321	0,226	-	-	-		32,11
2	2	0,253	0,305	0,193	0,209	2	0,014	1,6	30,5
3	4	0,246	0,284	0,160	0,176	2	0,025	2,1	28,4
4	8	0,238	0,252	0,122	0,141	4	0,016	3,2	25,2
5	21	0,225	0,174	0,061	0,091	13	0,007	7,8	17,4
6	24	0,223	0,165	0,051	0,056	3	0,009	0,9	16,5
7	28	0,221	0,153	0,042	0,046	4	0,008	1,2	15,3
8	32	0,220	0,148	0,038	0,040	4	0,002	0,5	14,8
9	42	0,212	0,142	-	0,019	10	0,001	0,6	14,2

Fuente

: García, M. 2013 (Laboratorio de Procesos Industriales., ESPOCH)

Realizado por: GARCIA María 2015.

Tabla 21 - 3: Datos procesados para obtener las diferentes variables.

N	θ (h)	P(kg)	Humedad total (kg)	X(kg/kg)	X media	$\Delta\theta$	W(kg/hm ²)	%humedad perdida	%humedad
1	0	0,260	0,252	0,232	-	-	-		25,28
2	2	0,249	0,234	0,181	0,206	2	0,012	1,8	23,4
3	4	0,242	0,210	0,147	0,164	2	0,023	2,4	21,0
4	8	0,235	0,177	0,114	0,131	4	0,015	3,3	17,7
5	21	0,221	0,123	0,047	0,081	13	0,006	5,4	12,3
6	24	0,219	0,112	0,038	0,042	3	0,008	1,1	11,2
7	26	0,218	0,105	0,033	0,036	2	0,007	0,7	10,5
8	30	0,216	0,89	0,024	0,028	4	0,004	1,6	8,9
9	36	0,211	0,81	-	0,010	6	0,003	0,8	8,1

Fuente: García, M. 2013 (Laboratorio de Procesos Industriales. ESPOCH)

Realizado por: GARCIA María 2015.

Tabla 22 - 3: Datos procesados para obtener las diferentes variables

N	θ (h)	P(kg)	Humedad total (kg)	X(kg/kg)	X media	$\Delta\theta$	W(kg/hm ²)	%humedad Perdida	%humedad
1	0	0,260	0,263	0,221	-	-	-		26,32
2	2	0,252	0,244	0,183	0,202	2	0,013	1,9	24,4
3	4	0,245	0,219	0,150	0,166	2	0,024	2,5	21,9
4	8	0,238	0,187	0,117	0,133	4	0,017	3,2	18,7
5	21	0,224	0,135	0,052	0,084	13	0,008	5,2	13,5
6	24	0,222	0,130	0,042	0,047	3	0,009	0,5	13,0
7	26	0,220	0,121	0,033	0,038	2	0,006	0,9	12,1
8	30	0,217	0,108	0,019	0,026	4	0,004	1,3	10,8
9	36	0,213	0,100	-	0,009	6	0,003	0,8	10,0

Fuente: García, M. 2013 (Laboratorio de Procesos Industriales. ESPOCH)

Realizado por: GARCIA María 2015.

3.1.2 Variables del proceso

3.1.2.1 Cálculo de la velocidad de secado y del tiempo de secado para cada periodo.

De acuerdo a las curvas de velocidad de secado, se tendrán un período de velocidad decreciente, y un período de velocidad constante durante el proceso.

- **Período de velocidad Constante o Anticrítico.**

Para este cálculo usamos la siguiente Ecuación Cinética 9:

$$W = \frac{S}{A} \left(\frac{dx}{d\theta} \right)$$

Dónde:

W= velocidad de secado constante

A = Superficie expuesta al secado

S = Sólido seco

$\Delta\theta$ = Variación del tiempo de secado

ΔX = Variación de humedad en base seca

Se reemplazan:

$$W_{C1} = \frac{0,212}{0,252} \left[-\frac{0,141 - 0,091}{21 - 8} \right]$$

$$W_{C1} = 0,0032 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{C2} = \frac{0,211}{0,252} \left[-\frac{0,131 - 0,081}{21 - 8} \right]$$

$$W_{C2} = 0,0032 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{c3} = \frac{0,213}{0,252} \left[-\frac{0,133 - 0,084}{21 - 8} \right]$$

$$W_{c3} = 0,0031 \text{ kg/m}^2$$

Para realizar el cálculo del tiempo de secado en condiciones constante. Se lo hace a partir de la Ecuación 5.

$$\theta_{\alpha} = \frac{S}{A} \left[\frac{X_i - X_c}{W_c} \right]$$

Dónde:

θ_{α} = Tiempo anticrítico

W_c = Velocidad de secado constante

A = Superficie expuesta al secado

S = Sólido seco

X_i = Humedad inicial

X_c = Humedad crítica

Se reemplaza:

$$\theta_{\alpha 1} = \frac{0,212}{0,252} \left[\frac{0,133 - 0,084}{0,0031} \right]$$

$$\theta_{\alpha 1} = 13,2h$$

$$\theta_{\alpha 2} = 13,0h$$

$$\theta_{\alpha 3} = 13,2h$$

- **Período Decreciente o Pos crítico**

3.1.2.2 Método de integración gráfica

Con valores de:

$$\chi_{c1} = 0,091$$

$$\chi_{c2} = 0,081$$

$$\chi_{c3} = 0,084$$

Hasta

$$\chi_{f1} = 0,141$$

$$\chi_{f2} = 0,131$$

$\chi_{f3} = 0,133$, se emplea el método de integración gráfica. Tomando como referencias las curvas de velocidad de secado se realizan las tablas; con valores de (**W**) en función de (**X**) y graficamos X vs 1/W.

Tabla 23 -3: La Humedad x en función de 1/w

X	W	1/W
0,141	0,016	62
0,091	0,007	333
0,056	0,009	142
0,046	0,008	125
0,040	0,002	500
0,019	0,001	1000

Fuente: (García, M. 2013)

Realizado por: GARCIA María 2015.

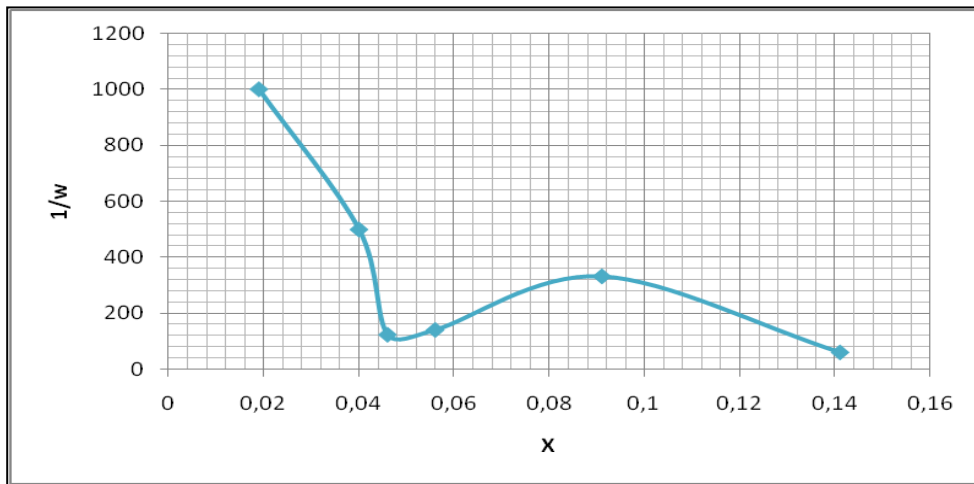


Figura 11-3 Gráfico del comportamiento de (x) frente a (1/w) en el maíz.
Fuente: Realizado por María G.

Tabla 24 - 3: La Humedad x en función de 1/w

X	W	1/W
0,131	0,015	66
0,081	0,006	166
0,042	0,008	125
0,036	0,007	142
0,028	0,004	250
0,010	0,003	333

Fuente: (Gracia, M. 2013)
Realizado por: GARCIA María 2015.

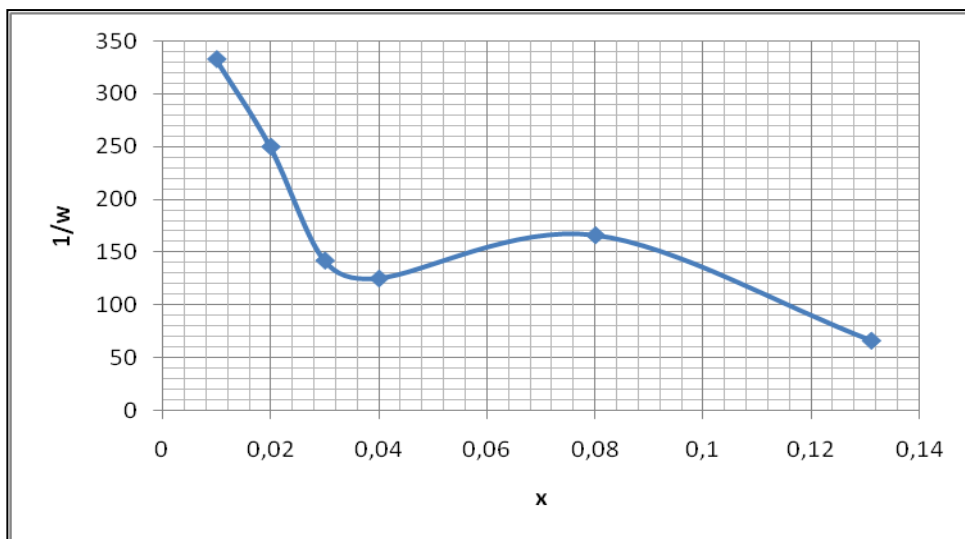


Figura 12-3 Gráfico del comportamiento de (x) frente a (1/w) en el amaranto
Fuente: Realizado por María G.

Tabla 25 - 3: La Humedad x en función de 1/w

X	W	1/W
0,133	0,017	58
0,084	0,008	125
0,047	0,009	111
0,038	0,006	166
0,026	0,004	250
0,009	0,003	333

Fuente: (García, M. 2013)

Realizado por: GARCIA María 2015.

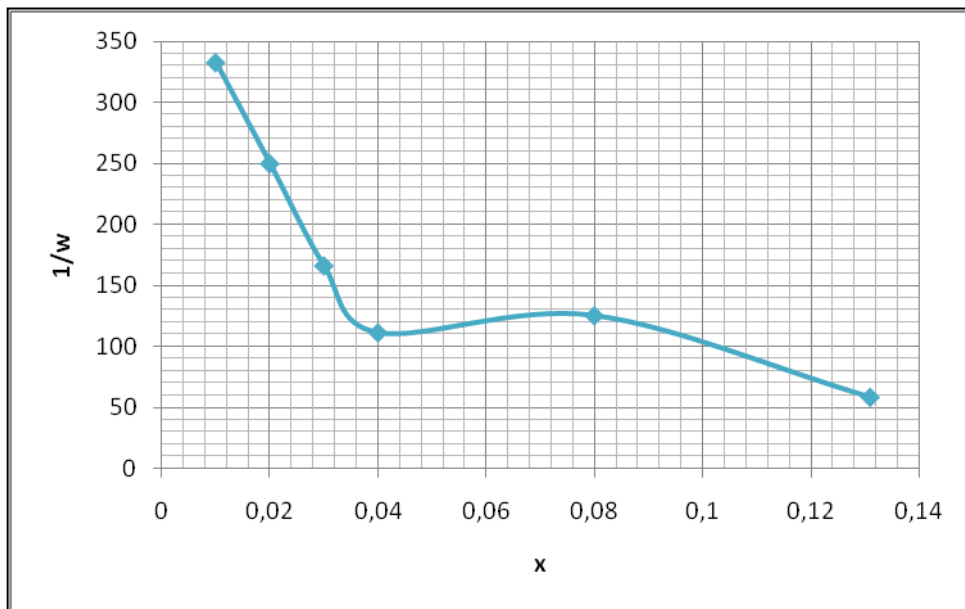


Figura 13-3 Gráfico del comportamiento de (x) frente a (1/w) en la quinua

Fuente: Realizado por María G.

Con las gráficas realizadas se procede a determinar el área bajo la curva.

$$\text{Área} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7 + A_8 + A_9$$

$$\text{Área} = (480 * 0,016) + (440 * 0,018) + (320 * 0,0015) + (240 * 0,018) + (160 * 0,018) + (150 * 0,018) + (103 * 0,018) + (95 * 0,018) + (70 * 0,008)$$

$$\text{Área}_1 = 34,42$$

$$\text{Área}_2 = 27,78$$

$$\text{Área}_3 = 27,63$$

a) Sustituyendo el área en la Ecuación 8 tenemos:

$$\theta_{p1} = \frac{S}{A} \int_{x_f}^{x_i} \frac{dX}{W}$$

$$\theta_{p1} = \frac{0,212}{0,252} (34,42)$$

$$\theta_{p1} = 28,95h$$

$$\theta_{p2} = 23,37h$$

$$\theta_{p3} = 23,24h$$

b) El tiempo total de secado es:

$$\theta_T = \theta_T + \theta_p$$

$$\theta_T = 13,2 h + 28,95h$$

$$\theta_T = 42,15 h$$

$$\theta_T = 36,37h$$

$$\theta_T = 36,44 h$$

c) Entonces sustituyendo los datos en la Ec: tenemos la velocidad decreciente.

$$W_d = \frac{S}{A} (X_c - X_f) / (\theta_p)$$

$$W_d = \frac{0,212}{0,252} (0,141 - 0,091) / (28,95)$$

$$W_{d1} = 0,0024 \text{ kg/hm}^2$$

$$W_{d2} = 0,0018 \text{ kg/hm}^2$$

$$W_{d3} = 0,0018 \text{ kg/hm}^2$$

d) La velocidad total es:

$$W_T = W_C + W_d$$

$$W_T = 0,0032 + 0,0024$$

$$W_{T1} = 0,0056 \text{ kg/hm}^2$$

$$W_{T2} = 0,0049 \text{ kg/hm}^2$$

$$W_{T3} = 0,0050 \text{ kg/hm}^2$$

Métodos analíticos:

- 1) Teniendo en cuenta que la línea de secado que nos proporcionan los puntos C y D podemos calcular el tiempo de secado entre: $X_C = 0,091$ y $X_D = 0,086$.

Con estos datos reemplazamos en la siguiente Ec: 1.3.1-6 (a)

$$\theta_p = \frac{S(X_C - X_f)}{A(W_C - W_f)} \ln \frac{W_C}{W_f}$$

$$\theta_p = \frac{0,212(0,091 - 0,086)}{0,252(0,003 - 0,007)} \ln \frac{0,003}{0,007}$$

$$\theta_p = 0,86h$$

$$\theta_p = 7,43h$$

$$\theta_p = 5,96h$$

El tiempo entre D y E se determina gráficamente entre los límites de 0,091 y 0,019 obteniendo un tiempo de (28,00 h); 0,081 y 0,010 (15,72); 0,084 y 0,009 (17,23).

Por método que estamos empleando, se puede obtener el tiempo de secado proscritico:

$$\theta_{p1} = 0,86 + 28,00 = 28,86h$$

$$\theta_{p2} = 23,15 h$$

$$\theta_{p3} = 23,19h$$

El tiempo total de secado resulta:

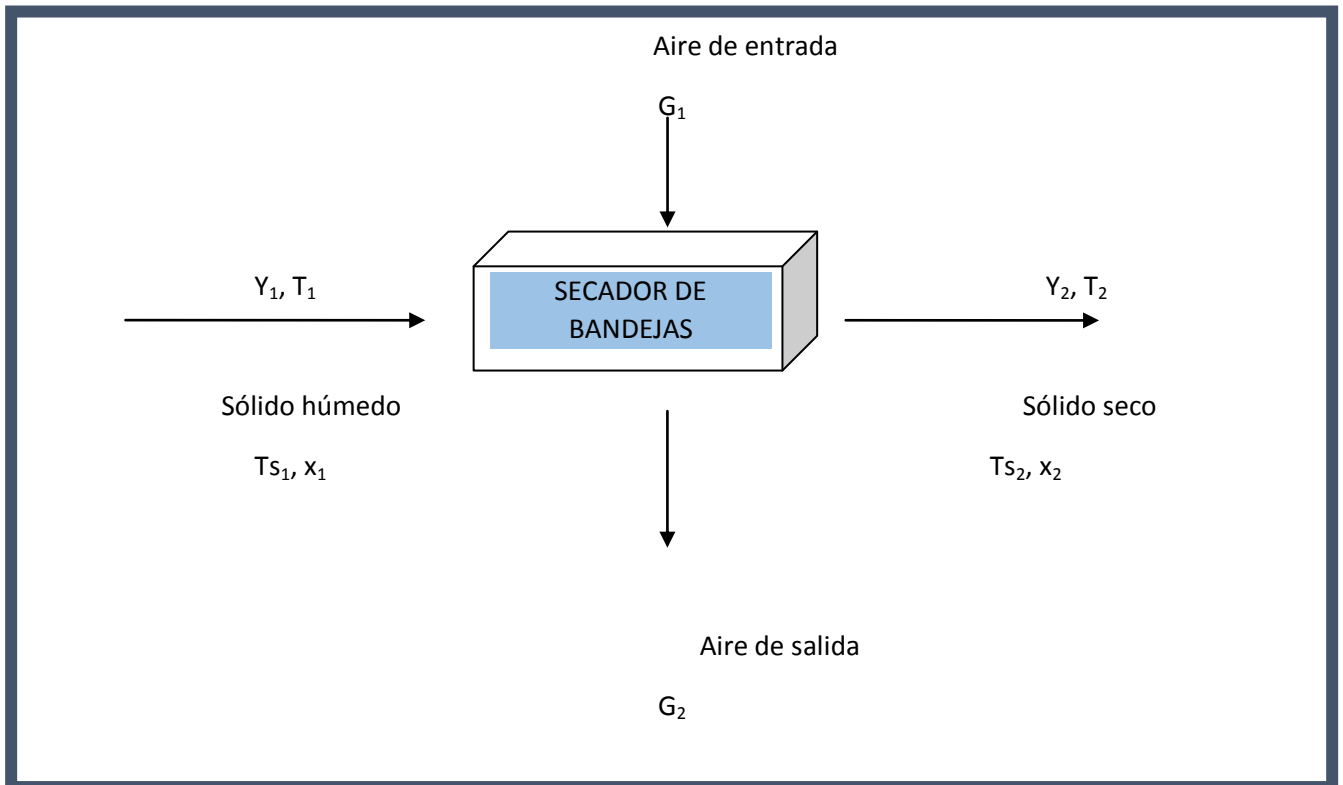
$$\theta_1 = 13,2 + 28,86 = 42,02 h$$

$$\theta_2 = 36,15 h$$

$$\theta_3 = 36,39 h$$

3.2 BALANCE DE MASA

Para realizar el diseño de cualquier tipo de secador se debe considerar los fenómenos simultáneos de transferencia de materia y energía como los que se plantean a continuación:



Con la aplicación de la ecuación general para el balance de masa:

$$S_1 + G_1 = S_2 + G_2$$

Ecuación 9

Dónde:

S_1 = Peso del sólido húmedo

G_1 = Peso del gas de entrada (aire seco)

S_2 = Peso del sólido seco

G_2 = Peso del gas de salida (aire húmedo)

De los datos obtenidos del proceso de secado tenemos la ecuación siguiente:

$$26kg + G_1 = 21kg + G_2$$

Ecuación 2

Obteniéndose como resultado:

$$5kg + G_1 = G_2$$

Ecuación 3

Los 5kg son correspondientes a la cantidad de agua que se evaporo, esta es resultante de la diferencia de peso entre el sólido húmedo menos el sólido seco.

A partir de las fracciones de humedad se tiene:

$$S_1 X_1 + G_1 Y_1 = S_2 X_2 + G_2 Y_2$$

Ecuación 4

Dónde:

X_1 = Fracción de humedad la entrada del sólido.

X_2 = Fracción de humedad a la salida del sólido.

Y_1 = Fracción de humedad del aire de entrada.

Y_2 = Fracción de humedad del aire de salida.

Reemplazando las fracciones de $S_1 X_2$ y $S_2 X_2$ en la **Ec:5**.

$$26 \times 0,321 + G_1 y_1 = 21 \times 0,142 + G_2 y_2$$

$$26 \times 0,252 + G_1 y_1 = 21 \times 0,81 + G_2 y_2$$

$$26 \times 0,263 + G_1 y_1 = 21 \times 0,10 + G_2 y_2$$

Ecuación13

Usando la Carta Psicométrica, se obtiene las fracciones de humedad de entrada y salida de aire que se tomaron a.

-Temperatura del aire a la entrada = 90 °C

-Temperatura del aire a la salida = 50°C

Los valores de las fracciones obtenidas las reemplazamos en la ecuación anterior.

$$26 \times 0,321 + G_1 0,008 = 21 \times 0,142 + G_2 0,022$$

$$26 \times 0,252 + G_1 0,008 = 21 \times 0,81 + G_2 0,022$$

$$26 \times 0,263 + G_1 0,008 = 21 \times 0,10 + G_2 0,022$$

Ecuación 14

Reemplazando la Ecuación 12 en la Ecuación 14.

$$8,346 + G_1 \times 0,008 = 2,982 + (5kg + G_1) \times 0,022$$

$$6,552 + G_1 \times 0,008 = 17,01 + (5kg + G_1) \times 0,022$$

$$6,838 + G_1 \times 0,008 = 2,1 + (5kg + G_1) \times 0,022$$

De donde obtenemos:

$$8,346 + G_1 \times 0,008 = 2,982 + (0,11kg + G_1 0,022)$$

$$8,346 + G_1 \times 0,008 = 3,092 + G_1 0,022$$

$$8,346 - 3,092 = 0,022 G_1 - G_1 0,008$$

$$0,014G_1 = 5,254kg$$

$$G_1 = 375,285kg$$

$$G_1 = 754,857 kg$$

$$G_1 = 330,571 kg$$

Reemplazamos este valor en la Ecuación 11 y obtenemos:

$$5g + G_1 = G_2$$

$$G_2 = 380,285 \text{ kg}$$

$$G_2 = 759,857 \text{ kg}$$

$$G_2 = 335,571 \text{ kg}$$

Cantidad necesaria de aire

Si se obtiene que 375.285 kg; 754,857kg; 330,571 kg de aire sea necesario para evaporar 5kg de agua

3.3 BALANCE DE ENERGÍA

3.3.1 Cálculo de calor sensible (C_s)

Para calentar la cantidad de agua desde 22 °C hasta la temperatura de saturación de 86 °C.

La temperatura de saturación se la obtiene en la carta psicométrica, los valores de entalpia H del agua se toman de las tablas de relación agua – vapor “Propiedades termodinámicas del vapor de agua saturado (separata).

$$H_{\text{agua}}(22C) = 22,009 \text{ Kcal/kg} = 39,69 \text{ BTU/lb}$$

$$H_{\text{agua}}(86C) = 85,964 \text{ Kcal/kg} = 155,05 \text{ BTU/lb}$$

$$C_s = (H_{\text{agua}}(22C)) - (H_{\text{agua}}(86C))$$

Ecuación 15

$$C_s = (85,964 - 22,009) \text{ Kcal/kg}$$

$$C_s = 63,95 \text{ Kcal/kg}$$

$$C_s = 115,36 \text{ BTU/lb}$$

3.3.2 Cálculo del calor latente (c_l).

$$H_{\text{vaporsat.}}(86C) = 633,69 \text{ Kcal/kg} = 1143 \text{ BTU/lb}$$

$$C_L = (H_{\text{vaporsat.}}(86C)) - (H_{\text{agua}}(86C))$$

Ecuación 16

$$C_L = (633,69 - 85,964) \text{ Kcal/kg}$$

$$C_L = 547,726 \text{ Kcal/kg}$$

$$C_L = 987,95 \text{ BTU/lb}$$

3.3.3 Cálculo del calor suministrado para llevar de 22C a 86 C de vapor saturado.

$$q = (\text{Calor sensible} + \text{Calor latente}) \text{ Kcal/kg}$$

Ecuación 17

$$q = (63,95 + 547,726) \text{ Kcal/kg}$$

$$q = 611,67 \text{ Kcal/kg}$$

$$q = 1103,31 \text{ BTU /lb}$$

Transformamos a Kcal y tenemos:

$$q = 1103,31 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}} \times \frac{\text{Kcal}}{3,968 \text{ BTU}} = 278,05 \text{ Kcal/lb}$$

$$q = 278,05 \frac{\text{Kcal}}{\text{lb}} \times 0,26 \text{ kg} \times 2,2 \frac{\text{lb}}{\text{kg}}$$

$$q = 159,04 \text{ Kcal}$$

3.3.4 Cálculo la cantidad de calor necesario para calentar la base seca del material

Desde 2 °C a 80 C.

$$Q = mC_p \Delta T$$

Ecuación 18

$$C_{pS} = \text{Calor específico del sólido} = 0,68 \text{ Kcal/kg } ^\circ\text{C}$$

$$m_{H_2O \text{ eliminada}} = \text{masa de agua eliminada} = 0,50 \text{ kg}$$

$$\Delta T = \text{variación de temperatura} (80^\circ\text{C} - 22^\circ\text{C}) = 58^\circ\text{C}$$

$$Q = 0,50 \text{ kg} \times 0,68 \text{ Kcal/kg}^\circ\text{C} \times 58^\circ\text{C}$$

$$Q = 19,72 \text{ Kcal}$$

3.3.5 *Cálculo del calor total necesario para calentar el sistema.*

$$Q_T = q_{\text{vapor sat.}} + Q_{\text{sist}}$$

Ecuación 19

$$Q_T = (159,04 + 19,72) \text{Kcal}$$

$$Q_T = 178,76 \text{Kcal}$$

3.3.6 *Cálculos Adicionales.*

3.3.6.1 *Cantidad de aire necesario que debe proporcionar el ventilador*

$$\delta_{as} = \frac{m_{as}}{V_{\text{aire}}}$$

Ecuación 20

Despejamos la Ecuación 20 y nos queda.

$$V_{\text{aire}} = \frac{m_{as}}{\delta_{\text{aire}}}$$

Ecuación 21

Dónde:

δ_{as} = densidad del aire a 80°C

m_{as} = masa de aire seco en kg

V_{aire} = Volumen de aire en m³

Se obtiene:

$$V_{\text{aire}} = \frac{375,285 \text{ kg}}{1,0084 \text{ kg/m}^3}$$

$$V_{\text{aire}} = 372,158 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{aire}} = 748,569 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{aire}} = 327,817 \text{ m}^3$$

3.3.6.2 El caudal necesario

$$Q_{\text{aire}} = \frac{V_{\text{aire}}}{t}$$

Ecuación 22

Dónde:

$$Q_{\text{aire}} = \text{Caudal del aire en } \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$V_{\text{aire}} = \text{Volumen del aire en } \text{m}^3$$

$$t = \text{Tiempo en h}$$

El tiempo requerido es de 42h; 36h.

$$Q_{\text{aire}} = \frac{372,158 \text{ m}^3}{42\text{h}}$$

$$Q_{\text{aire}} = 8,86 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{ais}} = 20,79 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{aie}} = 9,106 \text{ m}^3/\text{h}$$

3.4 RESULTADOS

3.4.1 Curvas de humedad en función del tiempo.

Tabla 26 - 3: Resultados de la pérdida de humedad vs el tiempo en base seca (maíz)

MUESTRA						
TEMPERATURAS			50C		60C	
N	θ (horas)	P(g)	%Humedad perdida	%Humedad	%Humedad perdida	%Humedad
1	0	0,260		32,11		32,11
2	2	0,259	0,8	31,3	1,6	30,5
3	4	0,252	1,8	29,7	2,1	28,4
4	8	0,246	2,2	27,5	3,2	25,2
5	21	0,240	4,2	23,3	7,8	17,4
6	24	0,239	1,0	22,3	0,9	16,5
7	28	0,237	1,9	20,4	1,2	15,3
8	32	0,233	1,8	18,6	0,5	14,8
9	42	0,223	1,3	17,3	0,6	14,2
10	44	0,221	0,8	16,5		
11	54	0,218	1,7	14,8		
12	60	0,212	0,6	14,2		

Fuente: García M. 2013 (Laboratorio de Procesos Industriales. ESPOCH)

Realizado por: GARCIA María 2015.

- ❖ En base a la lectura tomada cada dos horas se realizó la curva con los datos obtenidos, a los 50°C, utilizando un secador de bandejas podemos observar que su comportamiento es lineal y la duración del proceso de secado es de 60 horas, dando una humedad 14,2%.

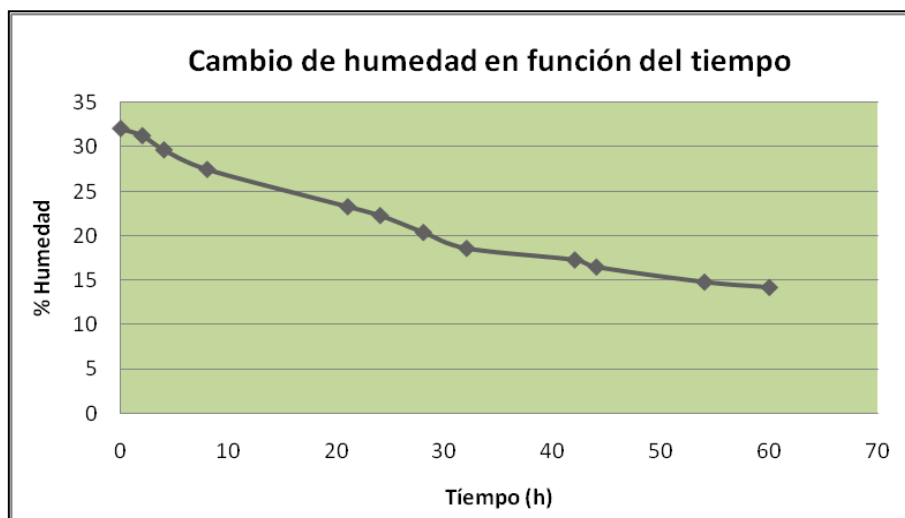


Figura 14 -3 Gráfica del cambio de humedad en el maíz a 50 °C

Fuente: Realizado por María G.

- ❖ Se sometió la muestra a una segunda temperatura de 60 °C, logrando obtener una mayor pérdida de humedad en menor tiempo dando una línea recta lo más real a nuestro proceso de secado.

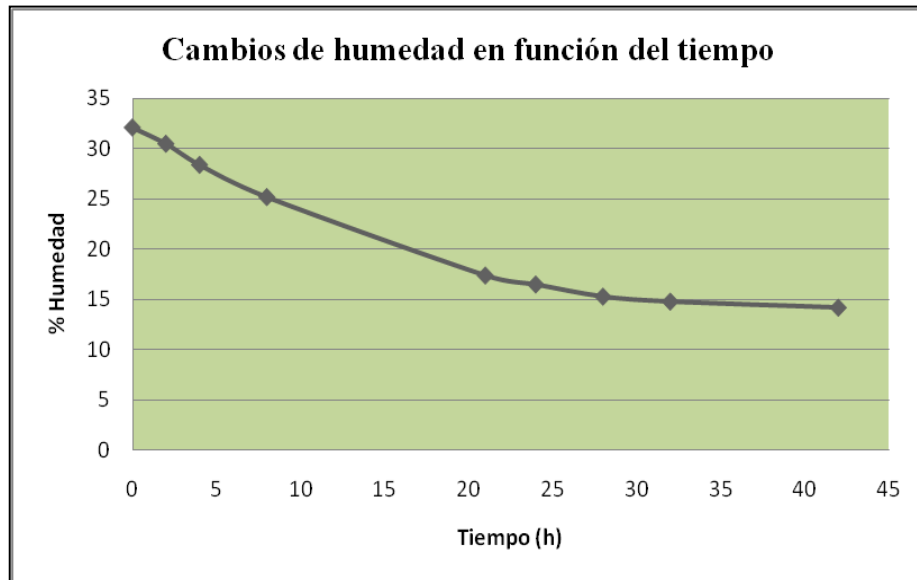


Figura 15 -3 Gráfica del cambio de humedad en el maíz a 60 °C
Fuente: Realizado por María G.

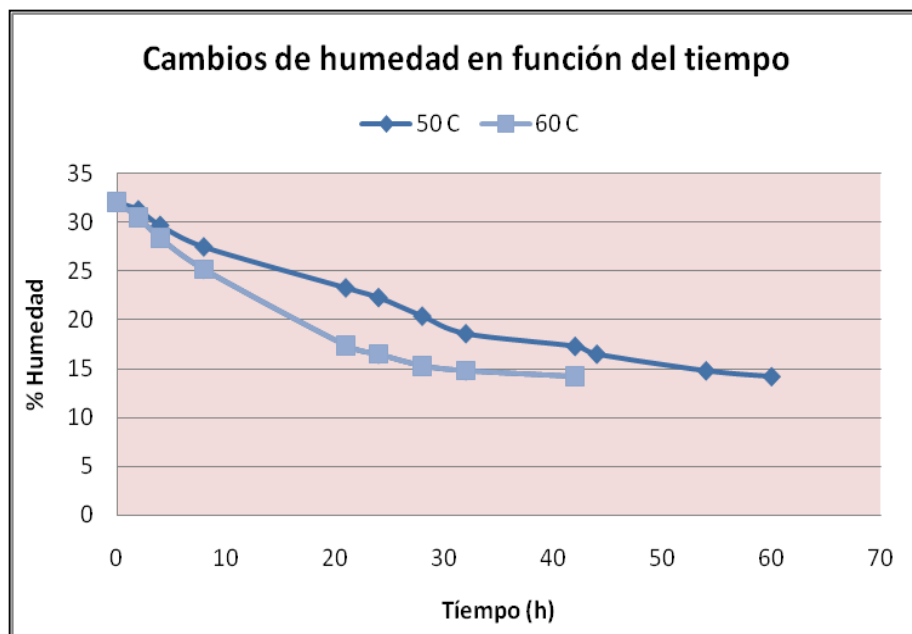


Figura: 16-3 Gráfica del comportamiento de la humedad en función del tiempo
A diferentes temperaturas de secado para el maíz.
Fuente: Realizado por Mará G.

Tabla 27-3: Resultados de la pérdida de humedad en función del tiempo en base seca
(Amaranto)

MUESTRA						
TEMPERATURAS			50C		60C	
N	θ (horas)	P(g)	%Humedad perdida	%Humedad	%Humedad perdida	%Humedad
1	0	0,260		25,28		25,28
2	2	0,258	1,2	24,0	1,8	23,4
3	4	0,254	1,9	22,1	2,4	21,0
4	8	0,251	2,1	20,0	3,3	17,7
5	21	0,246	3,4	16,6	5,4	12,3
6	24	0,244	0,8	15,8	1,1	11,2
7	26	0,240	1,1	14,7	0,7	10,5
8	30	0,235	1,2	13,5	1,6	8,9
9	36	0,231	1,5	12,0	0,8	8,1
10	38	0,228	1,0	11,0		
11	40	0,216	2,1	8,9		
12	46	0,211	0,8	8,1		

Fuente: García M. 2013 (Laboratorio de Procesos Industriales. ESPOCH)

Realizado por: GARCIA María 2015.

- ❖ Al igual que la anterior sometemos la muestra de amaranto a 50 °C, por cada dos horas obteniendo la curva de la variación de humedad en función del tiempo, dando una pérdida de humedad en un tiempo de 46 horas.

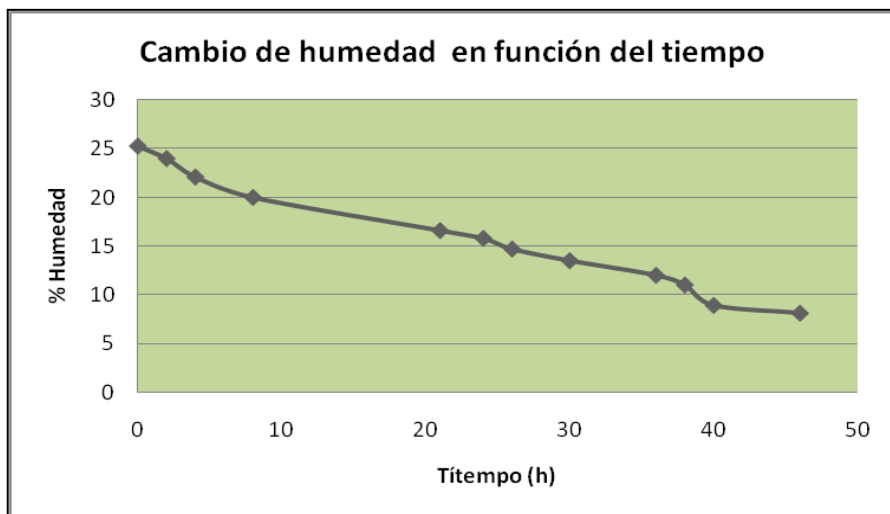


Figura: 17-3 Gráfica del cambio de humedad en el amaranto a 50 °C
Fuente: Realizado por María G

- ❖ La humedad que se obtiene a 60C es de 8,1%, dato que coinciden con los análisis de laboratorio, pero con un tiempo de 48 horas.

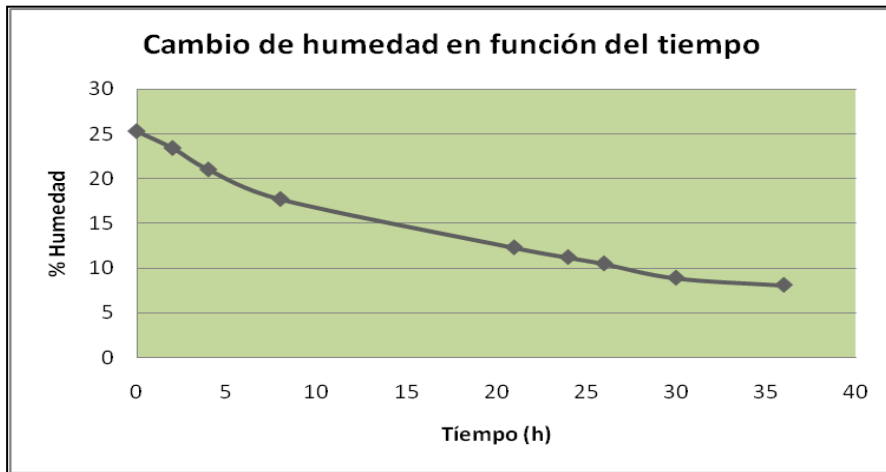


Figura: 20-3 Gráfica del cambio de humedad en el amaranto a 60 °C
 Fuente: Realizado por María G.

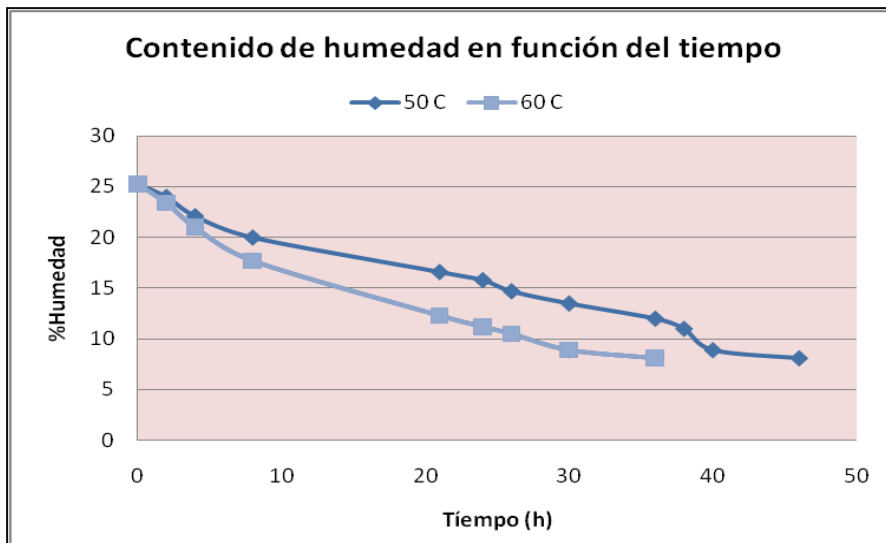


Figura: 21-3 Gráfica del comportamiento de la humedad en función del tiempo
 A diferentes temperaturas de secado en el amaranto
 Fuente: Realizado por María G

Tabla 28-3 Resultados de la pérdida de humedad vs tiempo en base seca (quinua)

MUESTRA						
TEMPERATURAS			50C		60C	
N	θ(horas)	P(g)	%Humedad perdida	%Humedad	%Humedad perdida	%Humedad
1	0	0,260		26,32		26,32
2	2	0,257	1,4	24,9	1,9	24,4
3	4	0,255	1,8	23,1	2,5	21,9
4	8	0,250	2,4	20,7	3,2	18,7
5	21	0,248	3,2	17,5	5,2	13,5
6	24	0,245	0,4	17,1	1,1	12,4
7	26	0,242	0,6	16,5	0,8	11,6
8	30	0,238	1,2	15,3	1,1	10,5
9	36	0,225	1,4	13,4	0,5	10,0
10	38	0,223	0,8	12,0		
11	40	0,217	1,9	10,5		
12	46	0,213	0,5	10,0		

Fuente: García M. 2013 (Laboratorio de Procesos Industriales. ESPOCH)

Realizado por: GARCIA María 2015.

- ❖ Al igual que en las otras muestra se realizó también los cálculos, tomados de la tabla de variación de humedad en función del tiempo, donde se obtiene una temperatura de 50 °C y un tiempo de 46 horas, y un 10,0% de humedad perdida para el grano de quinua.

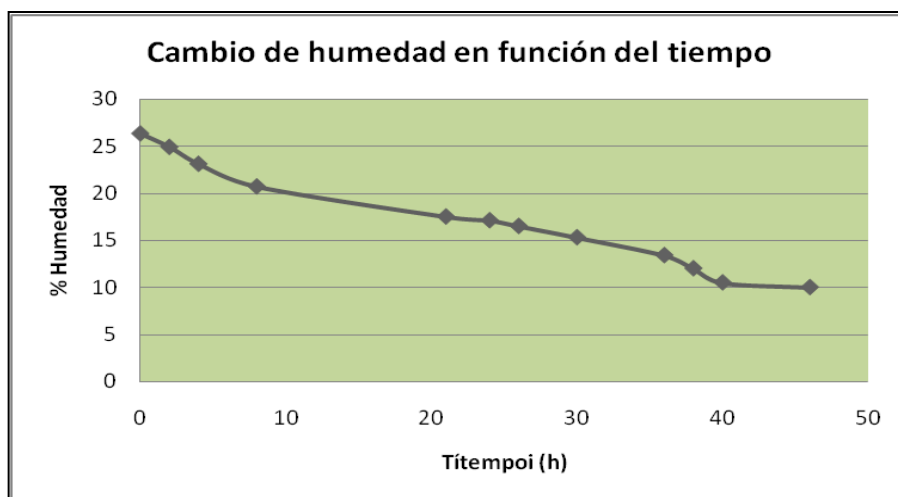


Figura: 22-3 Gráfica del cambio de humedad en la quinua a 50 °C
Fuente: Realizado por María G

- ❖ La humedad que se obtiene para esta nuevo registro a 60C es de 10.0%, dato que coinciden con los análisis de laboratorio, con una variación en el tiempo de 10horas.

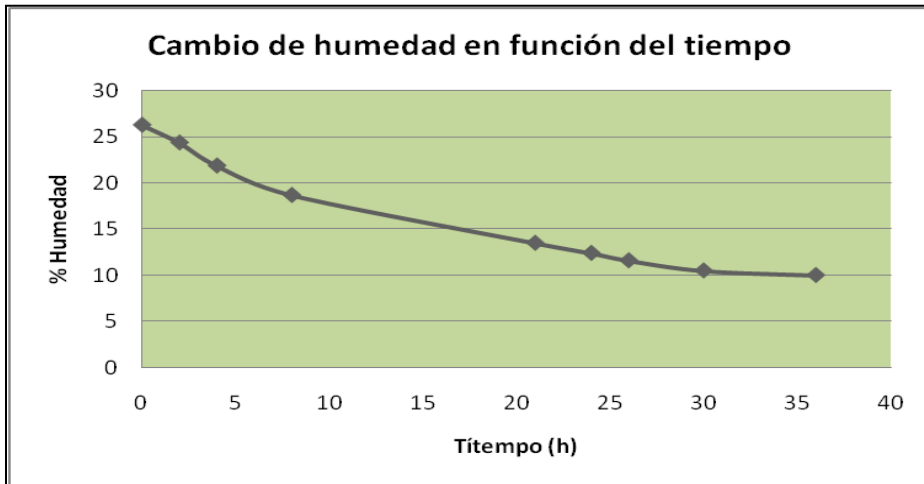


Figura: 23-3 Gráfica del cambio de humedad en la quinua a 60 °C
Fuente: Realizado por María G

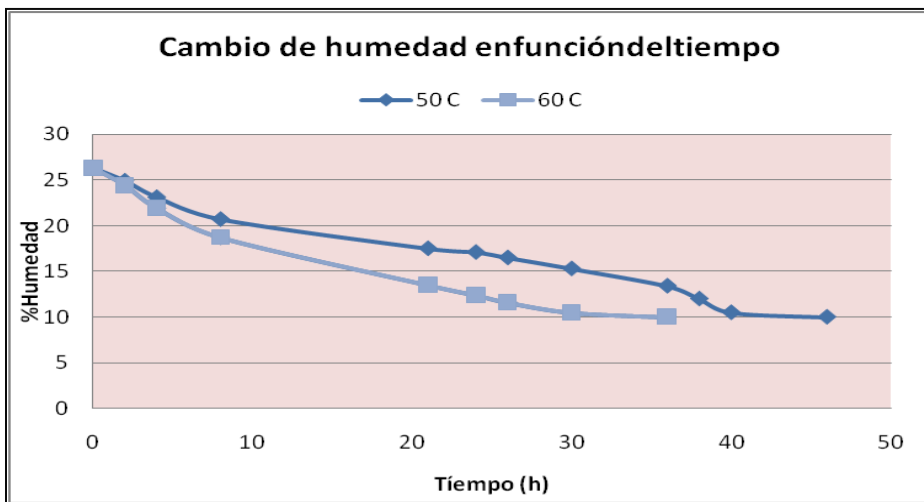


Figura24-3 Gráfica del comportamiento de la humedad en función del tiempo a Diferentes temperaturas de secado en la quinua.
Fuente: Realizado por María G

3.4.2 Curvas de velocidad en función de la humedad

Tabla 29-3: Resultados de la velocidad de secado vs tiempo (maíz)

50 °C			60 °C		
X(kg/kg)	W(kg/h.m ²)	Aproximación	X(kg/kg)	W(kg/h.m ²)	Aproximación
0,224	0,012	0,010	0,209	0,014	0,020
0,205	0,021	0,020	0,176	0,025	0,030
0,174	0,014	0,010	0,141	0,017	0,020
0,146	0,005	0,010	0,091	0,007	0,010
0,129	0,007	0,010	0,056	0,009	0,010
0,122	0,008	0,010	0,046	0,008	0,010
0,108	0,006	0,010	0,040	0,002	0
0,075	0,004	0	0,019	0,001	0
0,046	0,004	0			
0,035	0,003	0			
0,014	0,002	0			

Fuente: García M. 2013 (Laboratorio de Procesos Industriales. ESPOCH)

Realizado por: GARCIA María 2015.

- ❖ Al aplicar las ecuaciones y obtener los datos realizamos las curvas de velocidad de secado en función de la humedad, como se puede observar a los 50 °C el secado no es tan estable debido a que inicia el secado. Sin embargo al incrementar la temperatura a 60 °C se puede evidenciar que la pérdida de humedad es mucho más rápida y el secado se estabiliza mucho más rápido, en cada una de las curvas de secado que se realizaron para el maíz, quinua y amaranto.

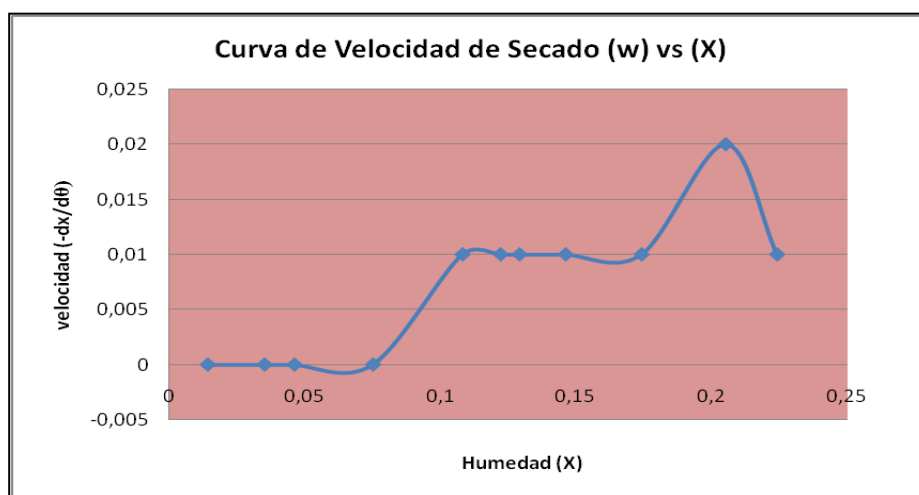


Figura 25-3 Gráfico de la variación de velocidad de secado (W) en función De (x) a 50 °C

Fuente: Realizado por María G.

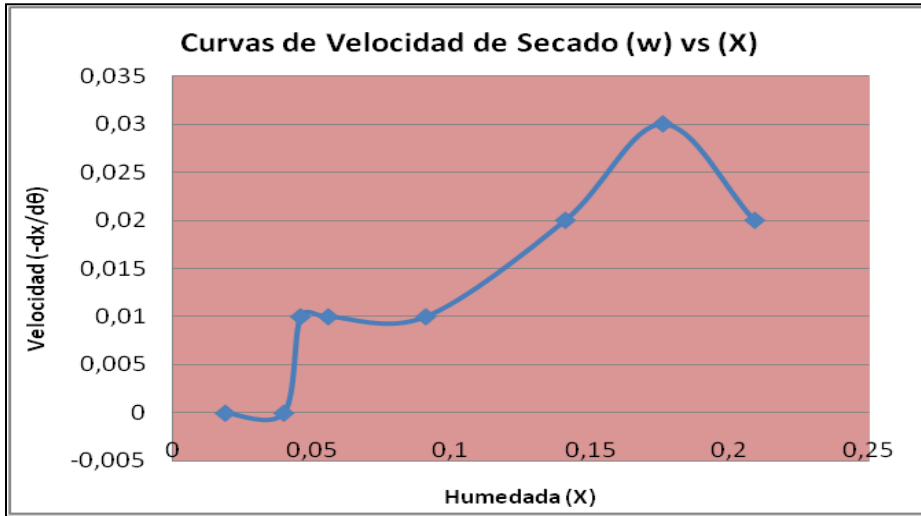


Figura 26-3 Gráfico de la variación de velocidad de secado (W) en función de (x) a 60 °C

Fuente: Realizado por María G.

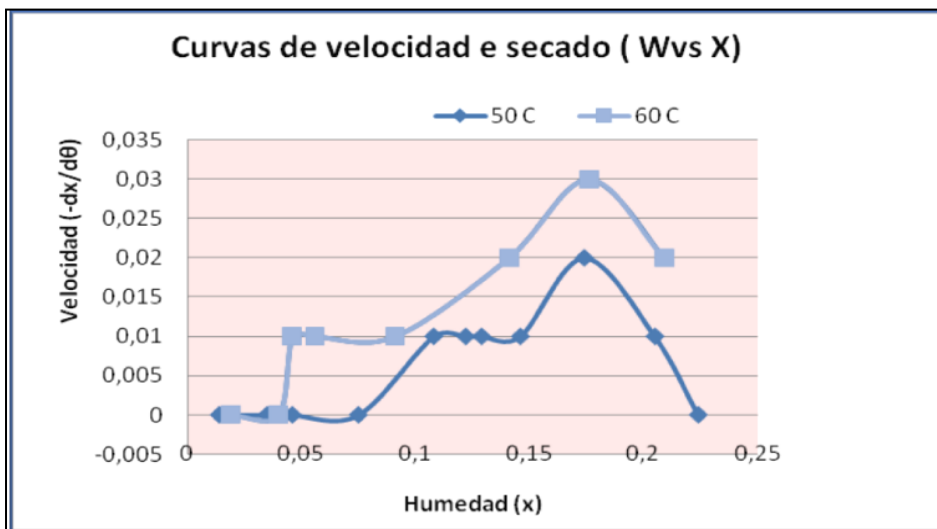


Figura 30-3 Gráfica del comportamiento de la velocidad en función del tiempo a Diferentes temperaturas de secado

Fuente: Realizado por: María G.

Tabla 32-3: Resultado de la velocidad de secado en función del tiempo (amaranto)

50 °C			60 °C		
X(kg/kg)	W(kg/h.m ²)	Aproximación	X(kg/kg)	W(kg/h.m ²)	Aproximación
0,227	0,010	0,010	0,206	0,012	0,010
0,212	0,020	0,020	0,164	0,023	0,020
0,196	0,013	0,010	0,131	0,016	0,020
0,177	0,007	0,010	0,081	0,006	0,010
0,160	0,009	0,010	0,042	0,008	0,010
0,146	0,006	0,010	0,036	0,007	0,010
0,125	0,005	0,010	0,028	0,004	0
0,103	0,007	0,010	0,010	0,003	0
0,087	0,004	0			
0,051	0,004	0			
0,011	0,003	0			

Fuente: García M. 2013 (Laboratorio de Procesos Industriales. ESPOCH)

Realizado por: GARCIA María 2015.

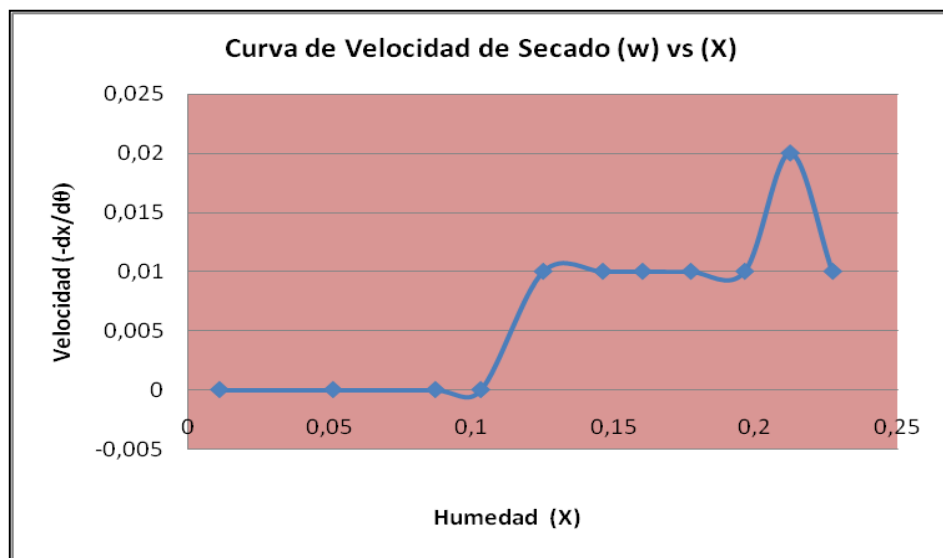


Figura 28-3 Gráfico de la variación de velocidad de secado (W) en función de (x) a 50 °C.

Fuente: Realizado por María G.

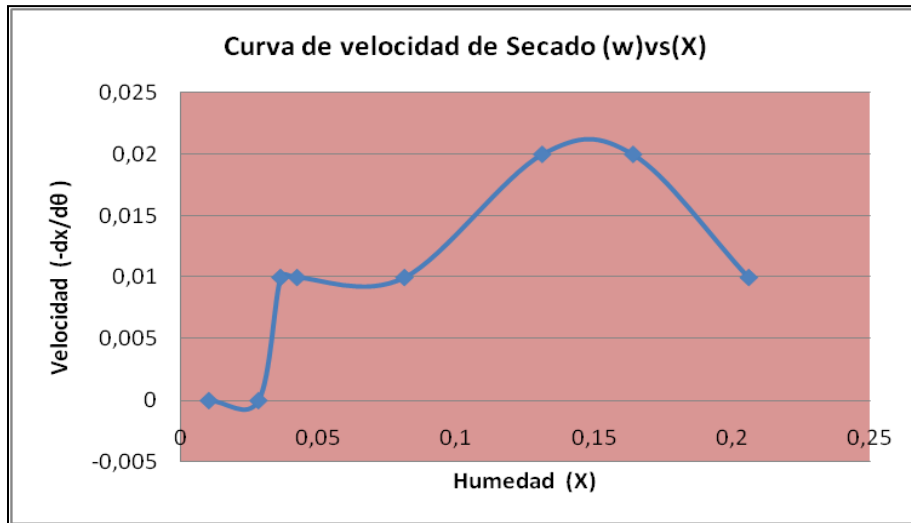


Figura 29-3 Gráfico de la variación de velocidad de secado (W) en función de (x) a 60 °C

Fuente: Realizado por María G.

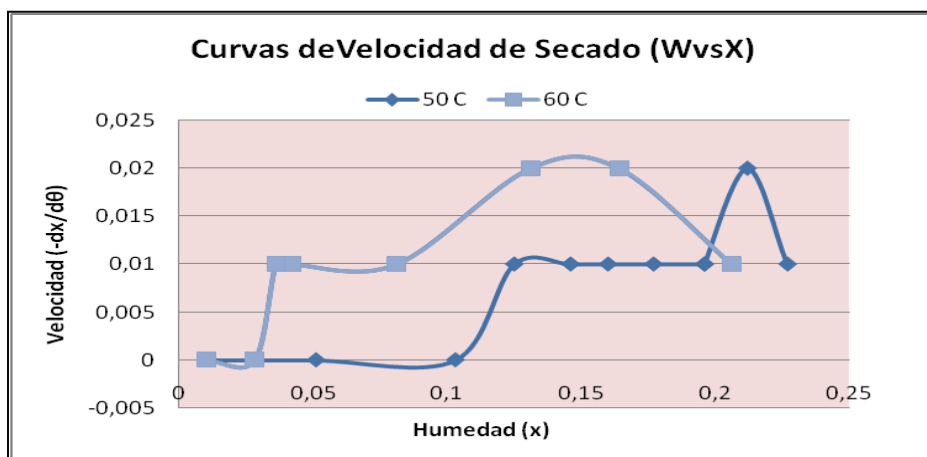


Figura: 30-3 Gráfica del comportamiento de la velocidad en función del Tiempo a diferente temperatura de secado

Fuente: Realizado por María G.

Tabla 31-3: Resultado de la velocidad de secado en función del tiempo (quinua)

50 °C			60 °C		
X(kg/kg)	W(kg/h.m ²)	Aproximación	X(kg/kg)	W(kg/h.m ²)	Aproximación
0,213	0,011	0,010	0,202	0,013	0,010
0,201	0,022	0,020	0,166	0,024	0,020
0,185	0,014	0,010	0,133	0,017	0,020
0,168	0,006	0,010	0,084	0,008	0,010
0,157	0,008	0,010	0,47	0,009	0,010
0,143	0,005	0,010	0,038	0,006	0,0100
0,126	0,007	0,010	0,026	0,004	0
0,086	0,005	0,010	0,009	0,003	0
0,051	0,004	0			
0,032	0,003	0			
0,009	0,002	0			

Fuente: García M. 2013 (Laboratorio de Procesos Industriales. ESPOCH)

Realizado por: GARCIA María 2015.

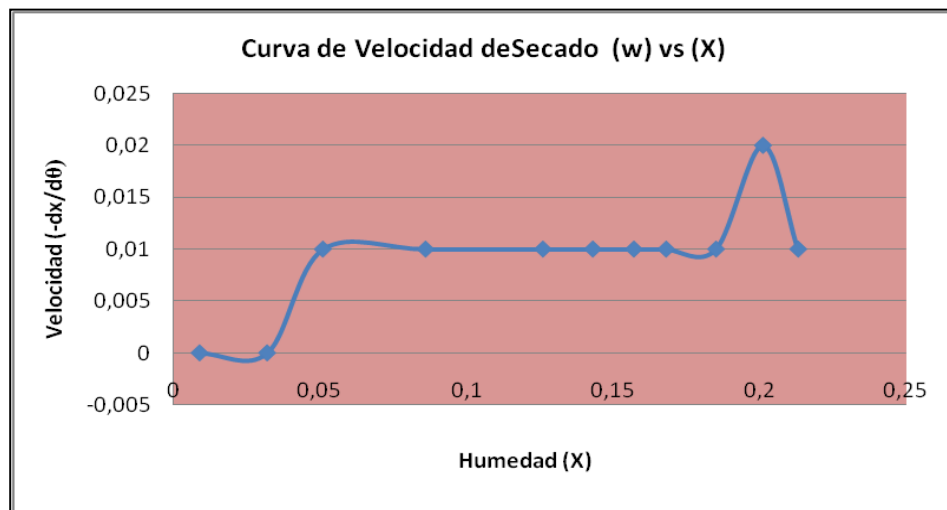


Figura 31-3 Gráfico de la variación de velocidad de secado (W) en función de (x) A 50 °C

Fuente: Realizado por María G.

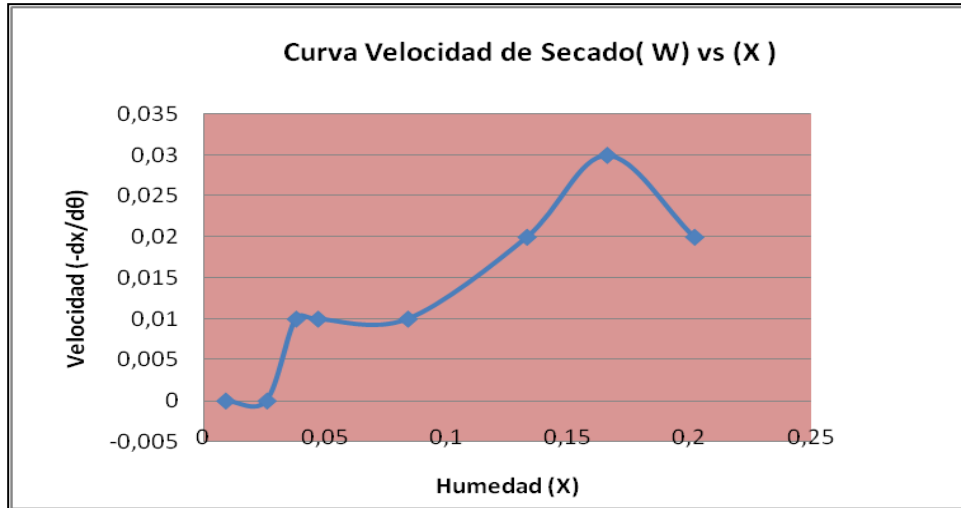


Figura 32-3 Gráfico de la variación de velocidad de secado (W) en función de (x) A 60 °C

Fuente: Realizado por María G.

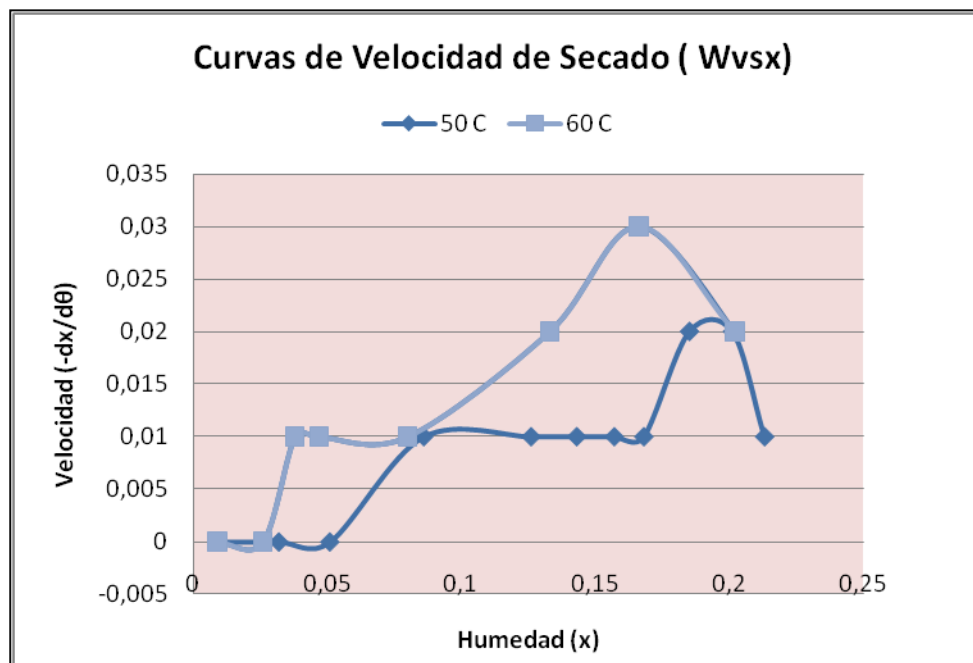


Figura: 33-3 Gráfica del comportamiento de la velocidad en función del tiempo a Diferentes temperaturas de secado

Fuente: Realizado por María G.

3.3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

A partir de los cálculos de ingeniería obtenidos pudimos determinar la cantidad de flujo de aire necesario que se debe suministrar a nuestro Secador de Bandejas, la cual es de (375,285; 754,857; 330,571) kg/h para el maíz, amaranto y quinua el que se obtiene con el balance simultaneo de materia y energía. Desde el punto de vista y entre la relación de equilibrio de cada una de las variables de velocidad, el secado de la quinua, amaranto y maíz, a partir de los ensayos realizados a diversas temperaturas se tiene un parámetro de humedad en su etapa inicial de 26,32%; 25,28% y 32,1% y con un valor de proteínas de 8,1%; 12,6% y 13%. Con lo cual podemos evidenciar que nuestros objetivos se han cumplido y que cada uno de los parámetros obtenidos durante todo el secado, están dentro de lo estipulado por las normas, las cuales debe cumplir muestras materias primas para estar apta al consumo humano y de esta manera preservar cada una de sus bondades nutricionales únicas que poseen los mismos, y de esta manera ser comercializados sin ninguna dificultad. A través del cual se tiene un tiempo de secado final de 42h para el maíz, 36h para el amaranto y la quinua.

3.5 DIMENSIONAMIENTO DEL SECADOR DE BANDEJAS.

Tabla 32 -3: Dimensiones del Equipo

PARTE DEL EQUIPO	EXTERIOR	INTERIOR
Largo(m)	2,50	2,44
Ancho(m)	1,70	1,68
Alto(m)	2,00	1,80
CAMARA DE SECADO	EXTERIOR	INTERIOR
Largo(m)	1,95	1,80
Ancho(m)	1,60	1,58
Alto(m)	1,44	1,00
BANDEJAS		UNIDAD
Largo	2,00	m
Ancho	1,15	m
Alto	0,07	m
Distancia entre Bandejas	25	cm
CAJA DE CONTROL		UNIDAD
Largo	35	cm
Ancho	16	cm
Alto	50	cm
ELEMENTOS		
Pulsador para luz	Pulsador para Vente rol (12 aletas)	
Pulsador encendido-apagado	Motor (1Hp)	
Pulsador de Temperatura		
RECUBRIMIENTOS Y PUERTAS		
ESPESOR DE LA PARED LANA (aislamiento térmico)	8	Cm(espesor)
TAPA POSTERIOR Y CONTRA TAPA (recubrimiento térmico)	6	Cm (espesor)
TECHO Y CHIMENEA(aislamiento térmico con fuga de gases)	10	Cm(espesor)
PUERTAS (2) Ingreso paralelo (aislamiento térmico con empaques de temperatura de 300 °C	8	Cm(espesor)
NIQUELINES O RESISTENCIAS		
Para las dos paredes 6	200	voltios
CHIMENEA (con dámper o trampa de aire)		
Radio	20	cm
Alto	80	cm
COCHE DE TRANSPORTE		
Tubo de Acero cuadrado	1x2	pulgadas
Rieles de Acero mate O Brillante	1	mm
Ruedas metálicas		
COSTO DEL EQUIPO	8.000 - 9.000	\$

Fuente: GARCIA, M. 2013 ESPOCH.

Realizado por: GARCIA María 2015.

3.5.1 *Materiales auxiliares.*

Tabla 33-3: Datos técnicos de la malla de acero

Material	Acero inoxidable
Luz de malla	40 micras
Tejido	Lizo y cruzado
Dimensión	1 mm de espesor

Fuentes: PARADA. M. 2007 (Tesis de grado., ESPOCH)

Realizado por: GARCIA María 2015.

3.5.2 *Materiales utilizados para la construcción del secador de bandejas*

Tabla 34-3: Materiales primarios utilizados en la construcción del secador

MATERIAL	TIPO	DESTINO	CARACTERISTICAS
Acero inoxidable	AISI 304	<ul style="list-style-type: none"> Elaboración de bandejas Paredes exteriores del secador Compuerta de la cámara de secado 	<ul style="list-style-type: none"> Material resistente a la corrosión óptimo para procesamiento de este tipo de producto Fáciles de maquinar, no presenta problemas en la soldadura
Acero inoxidable	AISI 430	<ul style="list-style-type: none"> Rompe llamas Paredes interiores perforadas para flujo de aire Caja del controlador 	Fáciles de maquinar, no presenta problemas en la soldadura
Aislante térmico	Lana de vidrio	Intermedio entre pared interior y exterior del secador	Estabilidad física y química, incombustibles
Malla de acero inoxidable	Mallas Sta.- Clean de TrellexMesh 325 ABERTURA 40um	Elaboración de las bandejas para la cámara de secado	Resistencia a la corrosión, a la humedad y apto para la retención del material
Vente rol	Centrifugo modelo VBM3	Parte superior del equipo	Genera corrientes de aire
Resistencias eléctricas industrial	Aletada tipo W	Parte inferior de la cámara de secado	Generador de calor de 1000 W

Fuente: LEÓN, D., GOMEZ, J. 2005 (Tesis de grado, ESPOCH)

Realizado por: GARCIA María 2015.

Tabla 35-3: Materiales eléctricos utilizados en la construcción del secador

MATERIAL	FUNCION
Controlador de temperatura CAMS O-100, 110/220 V, 96N	Controlar la temperatura del proceso de secado
Termocupla tipo J/2m O-800C	Sensor de temperatura dentro de la cámara de secado
Contacto magnético 7.5 Kw GMC32 marca LG	Regulados de energía
Conductor Cu flexible TFF, numero 18	Para la alimentación a 220V
Cable con revestimiento de asbesto	Instalación de la Termocupla
Enchufe polarizado reforzado 110V EAGLE	Conectar a la alimentación de 220V
Conductor Cu concéntrico TJJ, número 3x14	Para la alimentación de 220V
Sensor de temperatura de estado sólido, específicamente el LM35DZ	Medida de temperatura

Fuente: PARADA, M. 2007 (Tesis de grado, ESPOCH.)

Realizado por: GARCIA María 2015.

Tabla 36-3: Especificaciones del Vente rol

El tipo de motor	El pole/IP44 sombreado
El suministro nominal	220/240V O 115v 1Hp 50 Hz
El ancillaries normal	La entrada y guardias de la descarga/los espiches
Los materiales	Fancase: aluminio del lanzamiento LM6 Los impulsores: la hoja galvanizada
Los acabados	El esmalte de la estufa como el std.
Montando	Los agujeros taladrados en la entrada y la descarga
Los niveles del ruido	74dB(A) el aire libre, 1M
El peso	2 Kg
Las variaciones	La seguridad aumentada a ATEX las normas disponible

Fuente: PARADA, M. 2007 (Tesis de grado., ESPOCH)

Realizado por: GARCIA María 2015.

Tabla 37 -3: Materiales secundarios que pueden ser utilizados para la construcción del secador

MATERIAL	TIPO	DESTINO	CARACTERISTICAS
Electrodo	TIG	Unión de las partes de acero inoxidable 304	Electrodo compuesto de tungsteno y gas inerte
Electrodo	E 308/17	Unión de las partes del acero inoxidable 430	Fáciles de maquinar no presenta problemas en la soldadura
Tornillos	8x1/2 pulgadas	Ajustar piezas y partes	Resistentes a la corrosión
Remaches	Pop	Ajuste permanente de piezas	Resistente a la corrosión

Fuente: LEÓN, D. GOMEZ, J. 2005. (Tesis de grado., ESPOCH)

Realizado por: GARCIA María 2015.

Tabla 38 -3: Maquinaria que se puede utilizar en la construcción de secador.

MAQUINA	FUNCIÓN
Tijera de corte	Corte manual de las planchas de acero
Doblado de tol de muelas tipo manual de 2,44m	Doblar manualmente los cortes del acero
Sueldas TIG	Soldar electrodos de tungsteno y gas inerte para acero 304
Suelda eléctricas	Soldar electrodos para acero 430
Moladora DW474 de 7 pulgadas con gratas	Para pulir restos de suelda
Taladro con brocas de 1/8, 3/6 y 1/2 pulgadas	Realizar orificios para tornillos
Troquelado	Realizar orificios para la entrada de aire a la cámara y para la salida del aire húmedo

Fuente: LEÓN, D. GOMÉZ, J 2005 (Tesis de grado. ESPOCH.)

Realizado por: GARCIA María 2015.

CONCLUSIONES

- Para diseñar el Secador de Bandejas para el secado de la quinua ,amaranto y maíz se tomaron algunas muestras de cada uno de los granos ,para posteriormente proceder a realizar algunas pruebas de ensayo, en el Laboratorio de Proceso Industriales en la Facultad de Ciencias, en la Escuela de Ingeniería, así como los análisis bromatológicos para conocer el valor de cada una de las variables sujetas a investigación a lo largo de la etapa de secador dónde se utilizó un secador de Bandeja de prototipo que posee nuestra escuela.
- El porcentaje de humedad que poseen la quinua, amaranto, maíz son 32,1%; 25,28%; 26,32 %.
- La humedad obtenida al final del secado de la quinua, amaranto y maíz es de 14,2%; 8.1%,10%.
- A través del proceso de secado obtuvimos las diversas variables de operación como la temperatura de 60 °C.
- La fuente de calor utilizada es una resistencia de eléctrica industrial.
- A partir de cada uno de los cálculos de ingeniería que se realizaron pudimos obtener las dimensiones que va a tener nuestro equipo de secado que en este caso es nuestro Secador de Bandejas o Anaqueles.
El cual en su parte exterior e interior tiene las medidas siguiente (5- 4,92) m Largo; (2,45 -1,68) m Ancho; (2,70-1,18) m Alto, el material recomendado para la construcción es el Acero Inoxidable AISI 304 y AISI 430 de acuerdo a los requerimientos y necesidades así como el cumplimiento de la Normas INEN ya establecidas.
- En función del cada uno de los parámetros obtenidos y el material a secar el equipo que se eligió para nuestro diseño es un Secador de Bandejas o de Anaqueles por ser de tipo directo o por convección, de operación discontinua pues satisface las necesidades requeridas el proceso de secado de la quinua, amaranto y maíz.

RECOMENDACIONES

- Se debe observar que nuestra materia prima en este caso la quinua, amaranto y maíz tengan cada una de las características en muy buen estado para de esta manera asegurarnos que nuestro resultado a la hora de secado sea los esperados.
- Realizar el mantenimiento preventivo al equipo en especial al controlador automático que se desgasta con mucha facilidad y así de esta manera garantizar el buen funcionamiento de nuestro Secador de Bandejas.
- El lugar dónde se coloque el secador debe ser amplio para el buen desenvolvimiento de las personas que lo manipulen y de esta manera evitar accidentes.
- El secador de bandejas puede ser utilizado para el secado de otros alimentos que posean las mismas características que nuestra materia prima utilizada.
- No exceder la carga de cada una de las bandejas para obtener un secado uniforme y de acuerdo a las Normas establecidas para los productos.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ABARCA, L.YANEZ, W.** BOLETIN No.1 Dpto. Producción Vegetal. Usos y Cultivos de Amaranto. ESPOCH.FIA. Riobamba - Ecuador 1994.pp.1-3.
2. **BRITO, M.** Texto Básico de Mecánica de fluidos. Riobamba- Ecuador.2006. pp.5.
3. **BESOJANO, FP.** Effect of Amaranthus and buckwheat protep. ins on wheat dough Properties and noodle quality. En Cereal Chemistry. 1998. 75(2). pp.171 – 176.
4. **CHRISTEL, J, GEANKOPLIS,** Procesos de Transporte y Operación .Unitarias. Editorial Continental. S.A de C.U.México.1982a .pp. 454 - 455.
5. **CHRISTIE, J. GEANKOPLIS,** Procesos de Transporte y Operaciones Unitaria Continental, México.1982b. pp. 452 - 453.
6. **CRHRISTIE, J, GEANKOPLIS.** Procesos de transporte y Operaciones Unitarias. Editorial Continental S.A de C.U. México.1982c.pp. 454 – 455.
7. **MANUEL, B. SUQUILANDA, V.** Producción Orgánica de Cultivos Andinos Manual Técnico. UNACONC a. pp. 101-102.
8. **MANUEL, B. SUQUILANDA, V.** Producción Orgánica de Cultivos Andinos. Manual Técnico. UNACONC b. pp. 120
9. **MANUEL, B. SUQUILANDA, V.** Producción Orgánica de Cultivos Andinos. Manual Técnico. UNACONC c. pp. 160-167
10. **MANUEL, B. SUQUILANDA, V.** Producción Orgánica de Cultivos Andinos. Manual Técnico. UNOCANC d. Pp.123-170
11. **MC.CABE Smith.** Operaciones Básicas de Ingeniería Química. Editorial Reverte Barcelona-España 1962.pp.206-211.
12. **NIETO, C.** 1990 Identificación de microcentros de variabilidad en quinua, amaranto y chocho en Ecuador INIAP, EE. Santa Catalina. Publicación Miscelánea N° 52.

Quito, Ecuador. Proyecto INIAP/IFAD/IPGRI. s.n.t. 15p.

13. **PERALTA, E.** La quinua un gran alimento y su utilización. INIAP, Quito, 1985 Ec. 21p.
14. **PERRY, R.** Manual del Ingeniero Químico., Mc. Graw Hill., 2001., pp. 12-56.
15. **PERRY, John H.** Manual del Ingeniero Químico. Editorial. UTEHA. 1974. pp.1240 - 1245.
16. **TREYBAL R. C.** Operaciones con transferencia de masa. Cap. XII. pp. 653.
17. **WELTI, J. S. y La fuente, B.** Liofilización de disgregados (“comminuted”) de Naranja. Efectos de los parámetros del proceso sobre la velocidad de secado y la Calidad de Producto en polvo. Rev. A. T. A. 1985. 25(4).p 532.
18. **LEÓN, D.GOMEZ, J.** Diseño y construcción de un Secador de Bandejas para germen de Trigo. Tesis., Ing. Química., Riobamba., Facultad de Ciencias., ESPOCH., 2005., pp. 76-79.
19. **PARADA, M** Diseño de un Secador de Bandejas para la Deshidratación del Hongo *Trichoderma harzianum*.pp.121-122; 125-128.
20. **CLASIFICAIÓN DE LOS SECADORES**
https://es.wikipedia.org/wiki/Secado_de_s%C3%B3lidos
16/04/2013
21. **CINÉTICA DEL SECADO**
<http://es.slideshare.net/peibizita/practica-11-tf-secado> 06/11/2015.
16/04/2013
22. **DESCRIPCIÓN BOTANICA DE LA AMARANTO**
<http://www.montenoa.com/botanica.htm>
16/04/2013
23. **DESCRIPCIÓN BOTANICA QUINUA**
<http://www.montenoa.com/botanica.htm>
16/04/2013

24. DESCRIPCIÓN BOTANICA DEL MAÍZ

http://es.wikipedia.org/wiki/Zea_mays

16/04/2013

25. OPERACIÓN DE SECADO

[https://es.wikipedia.org/wiki/Secado_de_s%C3%B3lidos.](https://es.wikipedia.org/wiki/Secado_de_s%C3%B3lidos)

16/04/2013

26. FACTORES QUE INTERVIENEN EL SECADO

[www.Aspectos teóricos de la operación de secado y su aplicación en productos sólidos.Htm](http://www.Aspectos%20te%C3%B3ricos%20de%20la%20operaci%C3%B3n%20de%20secado%20y%20su%20aplicaci%C3%B3n%20en%20productos%20s%C3%B3lidos.Htm)

27. GENERALIDADES DEL SECADO

www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/gerl/gloecopro.htm

16/04/2013

28. OBJETIVO DEL SECADO

www.virtual.unal.edu.co

16/04/2013

29. ORIGEN E HISTORIA DE LA QUINUA

<http://www.monografias.com/trabajos58/quinua/quinua.shtml>

16/04/2013

30. SECADO DE UN SOLIDO.

[http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/sanchez_h_a/capitulo6.pdf.](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/sanchez_h_a/capitulo6.pdf)

16/04/2013

31. USOS DEL AMARANTO

[http:// www.rlc.fao.org/es/agricultura/cdromm/contenido libro01/home 1.htm](http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/cdromm/contenido_libro01/home_1.htm)

16/04/2013

32. PLANTA

[http://aeiagro.galeon.com/aficiones1553013.html.](http://aeiagro.galeon.com/aficiones1553013.html)

16/04/2013

33. VENTAJAS DEL SECADOR DE BANDEJAS

<http://es.scribd.com/doc/96994682/Harina-de-Quinua>

16/04/2013


ANEXOS

ANEXO I. EQUIPO EXPERIMENTAL DE SECADO



NOTAS	Categoría de Diagrama	ESPOCH Elaborado por María del Socorro García Valverde	SECADOR DE QUINUA ,MAÍZ Y AMARANTO		
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Certificar ▪ Aprobado ▪ Por aprobar ▪ Por calificar ▪ Por verificar 		LAMINA	ESCALA	FECHA
			I	A4	11/12/2013

ANEXO II. GRANOS DE AMARANTO REQUISITOS (NORMA INEN)

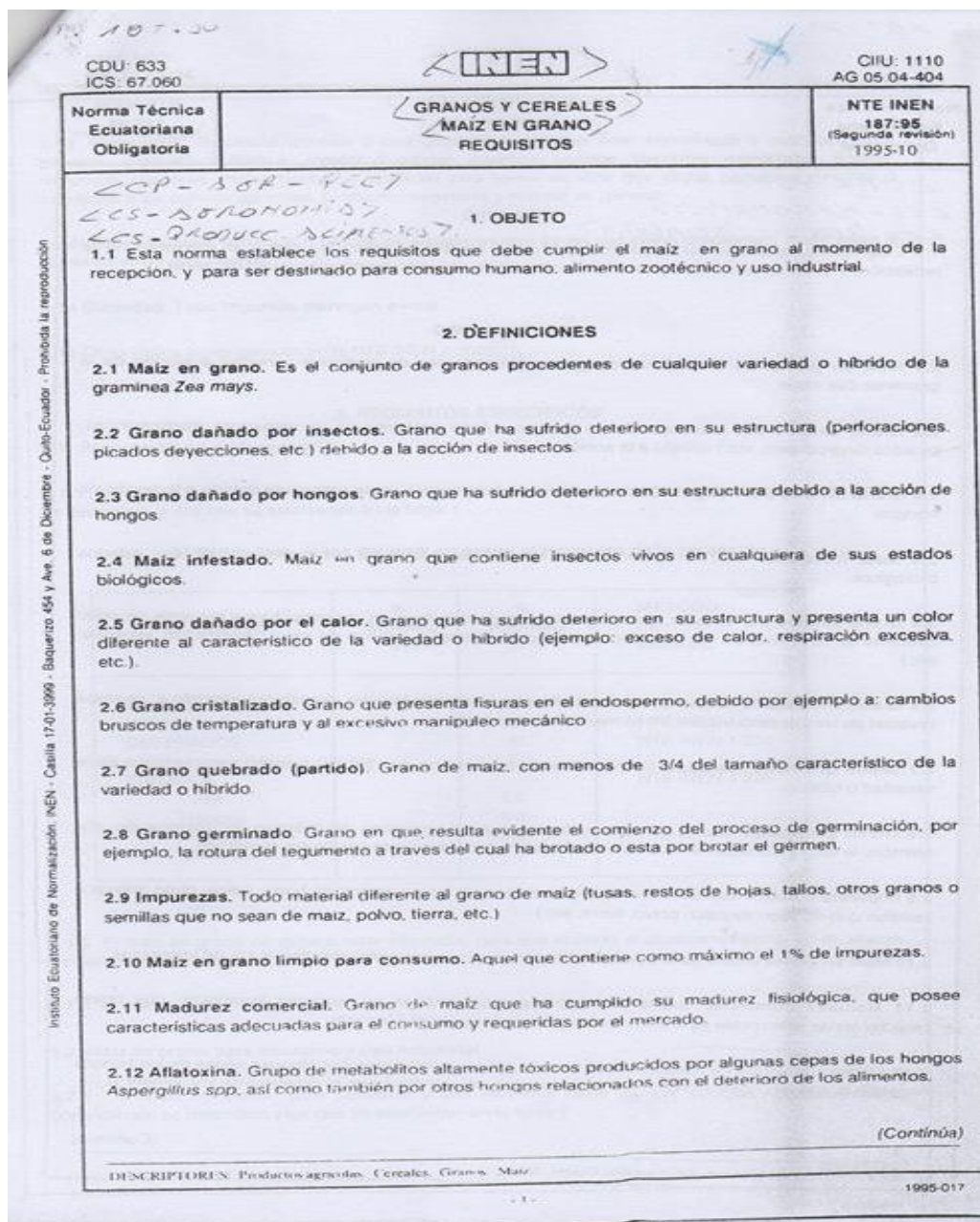
CDU: 633.1 ICS: 67.060	 Instituto Ecuatoriano de Normalización	CIIU: 1110 AG 05.04-416
Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	GRANOS Y CEREALES. GRANO DE AMARANTO. REQUISITOS E INSPECCIÓN	NTE INEN 2646:2012 2012-07
1. OBJETO		
<p>1.1 Esta norma establece los requisitos de calidad que debe cumplir el grano de amaranto para su comercialización y los métodos de ensayo para la evaluación y verificación de estos requisitos.</p>		
2. ALCANCE		
<p>2.1 Esta norma se aplica al grano de variedades y ecotipos de amaranto de origen orgánico, agroecológico y convencional, de producción nacional e importado, destinado a la alimentación humana.</p> <p>2.2 No se aplica al grano de amaranto destinado a la reproducción o siembra.</p>		
3. DEFINICIONES		
<p>3.1 Para los efectos de esta norma, se adoptan las siguientes definiciones:</p> <p>3.1.1 <i>Amaranto</i>. Conjunto de granos pertenecientes a los "granos andinos", de la especie <i>Amaranthus caudatus</i> L. y otras especies de color blanco, crema, rosado o anaranjado (ver figura 1).</p> <p>3.1.2 <i>Amaranto orgánico</i>. Es el grano de amaranto obtenido por un sistema de producción agrícola que tienen un nivel bajo de residuos de plaguicidas, no influye negativamente en el medio ambiente, tiene un uso restringido de fertilizantes y plaguicidas sintéticos y no provienen de organismos genéticamente modificados.</p> <p>3.1.3 <i>Amaranto agroecológico</i>. El grano de amaranto producido por un sistema amigable con el ambiente, centrado no solo en la producción sino en la sostenibilidad ecológica de los sistemas de producción. El proceso completo está regido por normas nacionales, respaldado por un organismo nacional legalmente acreditado.</p> <p>3.1.4 <i>Amaranto convencional</i>. El grano de amaranto que no cumple con los requisitos establecidos en las definiciones de grano orgánico o agroecológico.</p> <p>3.1.5 <i>Amaranto infestado</i>. Grano invadido por insectos dañinos o que presenten residuos de infestación tales como: filamentos, huevos o larvas.</p> <p>3.1.6 <i>Amaranto infectado</i>. Grano con presencia parcial o total de microorganismos vivos como hongos, virus y bacterias.</p> <p>3.1.7 <i>Amaranto limpio</i>. Aquel que contiene hasta el 5 % de impurezas.</p> <p>3.1.8 <i>Amaranto seco</i>. Aquel cuyo contenido de humedad no sea mayor al 12%.</p> <p>3.1.9 <i>Aflatoxinas</i>. Es el grupo de metabolitos tóxicos producidos por <i>Aspergillus flavus</i> y <i>Aspergillus parasiticus</i> y otros hongos, en granos y alimentos mal almacenados. Pueden ser carcinogénicas en animales e inclusive en el ser humano.</p> <p>3.1.10 <i>Grado muestra</i>. Grano de amaranto que no cumple con cualquiera de los grados de calidad establecidos y que se puede comercializar por acuerdo entre las partes.</p> <p>3.1.11 <i>Grano entero</i>. Grano de amaranto cuya parte constitutiva está completa.</p>		
(Continúa)		
DESCRIPTORES: Tecnología de los alimentos, cereales, amaranto, requisitos, ensayos		

-1-

2012-478

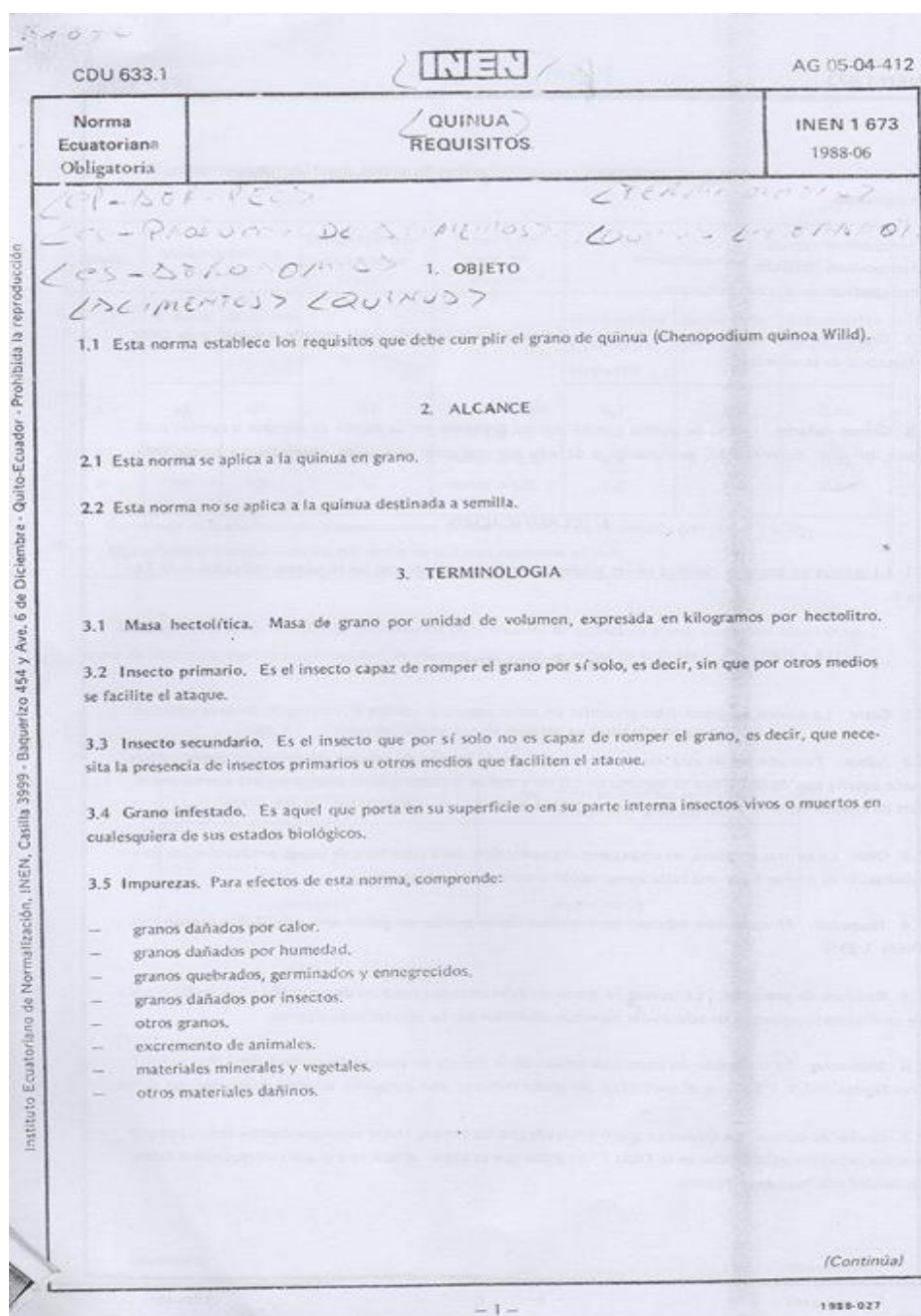
NOTAS	Categoría de Diagrama	ESPOCH Elaborado por María del Socorro García Valverde	SECADOR DE QUINUA, MAÍZ Y AMARANTO		
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Certificar ▪ Aprobado ▪ Por aprobar ▪ Por calificar ▪ Por verificar 		LAMINA	ESCALA	FECHA
			II	A4	11/12/2013

ANEXO III. GRANOS Y CEREALES MAÍZ EN GRANO (NORMA INEN)




NOTAS	Categoría de Diagrama	ESPOCH	SECADO DE QUINUA, MAÍZ Y AMARANTO		
			LAMINA	ESCALA	FECHA
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Certificar ▪ Aprobado ▪ Por aprobar ▪ Por calificar ▪ Por verificar 	<p>Elaborado por</p> <p>María del Socorro García Valverde</p>	III	A4	11/12/2013

ANEXO IV. GRANO DE QUINUA REQUISITOS (NORMA INEN)



NOTAS	Categoría de Diagrama <ul style="list-style-type: none"> ▪ Certificar ▪ Aprobado ▪ Por aprobar ▪ Por calificar ▪ Por verificar 	ESPOCH Elaborado por María del Socorro García Valverde	SECADO DE QUINUA, MAÍZ Y AMARANTO		
			LAMINA	ESCALA	FECHA
			IV	A4	11/12/2013

ANEXO V. ANALISIS BROMATOLOGICO DE LA QUINUA (húmedo)

 <p>LABCESTTA Tecnología & Soluciones SGC</p>	<p>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</p> <p>Panamericana Sur Km. 1 ½ Teléf.: (03)2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR</p>
---	---

INFORME DE ENSAYO No: 2577
ST: 13-098 ANÁLISIS DE ALIMENTOS

Nombre Peticionario: NA
Atn. María García
Dirección: José María Egas y Ricardo Discalzi
FECHA: 24 de Octubre del 2013

NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2013 /10/ 11 - 11:00
FECHA DE MUESTREO: 2013 / 10/ 10 - 15:30
FECHA DE ANÁLISIS: 2013 /10/ 11 - 2013 /10/ 24
TIPO DE MUESTRA: Alimento
CÓDIGO LABCESTTA: LAB-Alm 215-13
CÓDIGO DE LA EMPRESA: NA
PUNTO DE MUESTREO: Química
ANÁLISIS SOLICITADO: María del Socorro García
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: T máx.:25.0 °C. T mín.: 15.0 °C
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETRO	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE
Humedad	PEE/LABCESTTA/152 AOAC 925.10	%	26,3	-
Proteína	PEE /LABCESTTA/151 AOAC 984.13A	%	13	-
Grasa	PEE /LABCESTTA/154 AOAC 920.85	%	4,61	-
Cenizas	PEE /LABCESTTA/153 AOAC 923.03	%	4,91	-
Fibra	PEE /LABCESTTA/103 INEN 542	%	3,57	-

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en laboratorio.

RESPONSABLES DEL INFORME:


BQF. Ximena-Carrión
 RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL
 E INSPECCION
 LAB - CESTTA
 ESPOCH



Ing. Marcela Erazo
 JEFE DE LABORATORIO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados
MC01-16

Página 1 de 1
 Edición 1

NOTAS	Categoría de Diagrama	ESPOCH	SEDCADO DE QUINUA, MAÍZ Y AMARANTO		
			LAMINA	ESCALA	FECHA
	<ul style="list-style-type: none"> Certificar Aprobado Por aprobar Por calificar Por verificar 	Elaborado por María del Socorro García Valverde	V	A4	11/12 /2013

ANEXO VI. ANALISIS BROMATOLIGICO DEL AMARANTO (húmedo)

 LABCESTTA Tecnología & Soluciones SGC	LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN Panamericana Sur Km. 1 ½ Teléf.: (03)2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR
---	--

INFORME DE ENSAYO No: 2577
ST: 13-098 ANÁLISIS DE ALIMENTOS

Nombre Peticionario: NA
Atn. María García
Dirección: José María Egas y Ricardo Discalzi
FECHA: 24 de Octubre del 2013
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2013 / 10/ 14 - 15:00
FECHA DE MUESTREO: 2013 / 10/ 10 - 15:30
FECHA DE ANÁLISIS: 2013 / 10/ 14 - 2013 / 10/ 24
TIPO DE MUESTRA: Alimento
CÓDIGO LABCESTTA: LAB-Alm 212-13
CÓDIGO DE LA EMPRESA: NA
PUNTO DE MUESTREO: Amaranto
ANÁLISIS SOLICITADO: Químico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: María del Socorro García
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.:25.0 °C. T min.: 15.0 °C


RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETRO	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE
Humedad	PEE/LABCESTTA/152 AOAC 925.10	%	25,28	-
Proteína	PEE /LABCESTTA/151 AOAC 984.13A	%	12,6	-
Grasa	PEE /LABCESTTA/154 AOAC 920.85	%	2,42	-
Cenizas	PEE /LABCESTTA/153 AOAC 923.03	%	3,28	-
Fibra	PEE /LABCESTTA/103 INEN 542	%	8,84	-

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en laboratorio.

RESPONSABLES DEL INFORME:


BQF. Ximena Carrión
 RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL
 E INSPECCION
 LAB - CESTTA
 ESPOCH



Ing. Marcela Erazo
 JEFE DE LABORATORIO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados
MC01-16

Página 1 de 1
 Edición 1

NOTAS	Categoría de Diagrama	ESPOCH Elaborado por María del Socorro García Valverde	SECADO DE QUINUA, MAÍZ Y AMARANTO		
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Certificar ▪ Aprobado ▪ Por aprobar ▪ Por calificar ▪ Por verificar 		LAMINA	ESCALA	FECHA
			VI	A4	11/12 /2013

ANEXO VII. ANALISIS BROMATOLOGICO DEL MAÍZ (húmedo)

 LABCESTTA Tecnología & Soluciones SGC	LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN Panamericana Sur Km. 1 ½ Teléf.: (03)2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR
---	--

INFORME DE ENSAYO No: 2577
ST: 13-098 ANÁLISIS DE ALIMENTOS

Nombre Peticionario: NA
Atr: María García
Dirección: José María Egas y Ricardo Discalzi
FECHA: 24 de Octubre del 2013
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2013 / 10/ 14 - 15:00
FECHA DE MUESTREO: 2013 / 10/ 10 - 15:30
FECHA DE ANÁLISIS: 2013 / 10/ 14 - 2013 / 10/ 24
TIPO DE MUESTRA: Alimento
CÓDIGO LABCESTTA: LAB-Alm 213-13
CÓDIGO DE LA EMPRESA: NA
PUNTO DE MUESTREO: Maíz
ANÁLISIS SOLICITADO: Químico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: María del Socorro García
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.:25.0°C. T min.: 15.0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETRO	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE
Humedad	PEE/LABCESTTA/152 AOAC 925.10	%	32,1	-
Proteína	PEE /LABCESTTA/151 AOAC 984.13A	%	11,2	-
Grasa	PEE /LABCESTTA/154 AOAC 920.85	%	3,20	-
Cenizas	PEE /LABCESTTA/153 AOAC 923.03	%	0,75	-
Fibra	PEE /LABCESTTA/103 INEN 542	%	0,76	-


OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en laboratorio.

RESPONSABLES DEL INFORME:


BQE-Ximena Carrión
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL
 E INSPECCION
 LAB - CESTTA
 ESPOCH

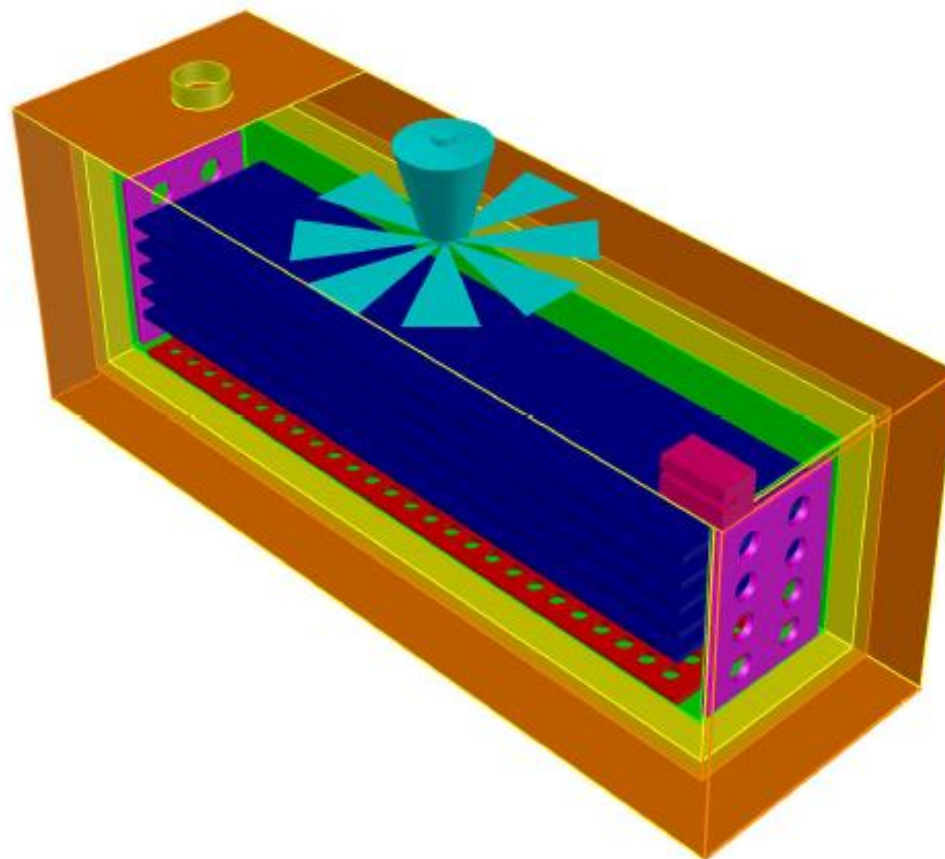

Ing. Marcela Erazo
JEFE DE LABORATORIO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados
 MC01-16

Página 1 de 1
 Edición 1

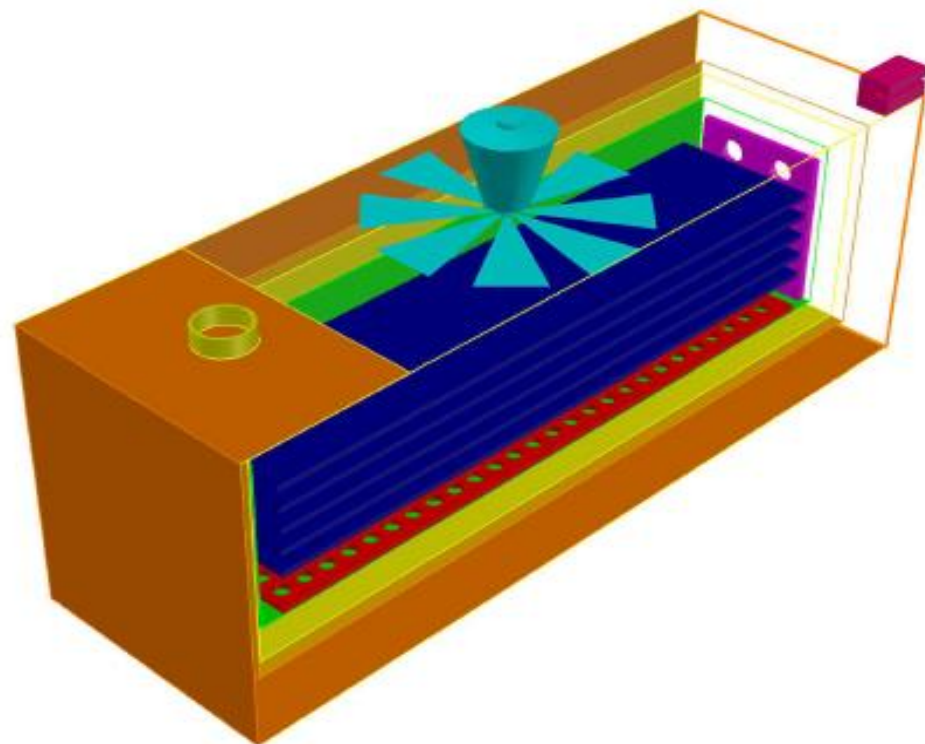
NOTAS	Categoría de Diagrama	ESPOCH Elaborado por María del Socorro García Valverde	SECADO DE QUINUA, MAÍZ Y AMARANTO		
			LAMINA	ESCALA	FECHA
	<ul style="list-style-type: none"> Certificar Aprobado Por aprobar Por calificar Por verificar 		VII	A4	11/12/2013

ANEXO VIII. DISEÑO DEL SECADOR DE BANDEJAS



Notas	Categoría del Diagrama	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA	TEMA:		
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar		SECADOR DE BANDEJAS		
	<input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Para informar		Lámina:	Escala:	Fecha:

ANEXO IX. DISEÑO DEL SECADOR DE BANDEJAS



Notas	Categoría del Diagrama <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Para informar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA María García	TEMA:		
			SECADOR DE BANDEJAS		
			Lámina:	Escala:	Fecha:
			N° 01		11/12/2013

