



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**“CONSTRUCCIÓN DE UN DESHIDRATADOR A BASE DE GLP, PARA LA  
*Solanum sessiliflorum Dunal* EN LA AGROINDUSTRIA LA GAMBOINA”**

**TESIS DE GRADO**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

**INGENIERO QUÍMICO**

**PRESENTADO POR:**

**ÁNGEL ARMANDO MELENDREZ LARA**

**MARCELO GABINO HEREDIA CABRERA**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2009**

## **AGRADECIMIENTO**

Queremos agradecer a nuestro Poder Superior por su protección durante toda la vida, dándonos la oportunidad culminar exitosamente una etapa importante de nuestras vidas.

Nuestro agradecimiento a todas aquellas personas que nos brindaron su apoyo y conocimiento para el desarrollo del presente trabajo de investigación, en especial a nuestro Director de Tesis, Ing. José Usiña, a los miembros del tribunal, Ing. Hannibal Brito. y Dr. Iván Ramos partícipes directos del éxito alcanzado.

A la Empresa LA GAMBOINA, representada por su Director Lic. Antonio Espinoza por la ayuda prestada.

Al Taller Ecuaequipo en persona del Tlgo. Alfonso Quishpi, por su colaboración para la ejecución de este proyecto.

## **DEDICATORIA**

Dedicado a mis padres: Mama Gata y Flavio, por ser lo mejor de mi vida.

A mis hermanos, por su ejemplo de trabajo, dedicación y sacrificio.

A mi sobrina Mercy por todo el apoyo brindado.

**MARCELO**

## **DEDICATORIA**

Dedicado a mis padres: Raúl y Marianita, por se  
la luz que me guía

A mis hermanos, por su apoyo, dedicación y  
sacrificio.

A mi amada esposa Gloria por su amor y apoyo  
incondicional, y a mis hijas Emily y Stephany  
por ser lo mejo de mi vida.

**ARMANDO**

**NOMBRE**

**FIRMA**

**FECHA**

Dr. Edmundo Caluña.

**DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Ing. Hannibal Brito.

**DIRECTOR ESCUELA DE ING. QUÍMICA**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Ing. José Usiña.

**DIRECTOR DE TESIS**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Ing. Hannibal Brito.

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Dr. Iván Ramos.

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Sr. Carlos Rodríguez.

**DIRECTOR CENTRO DE DOCUMENTACIÓN**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**NOTA TESIS ESCRITA:**

\_\_\_\_\_

Yo Ángel Armando Meléndrez Lara, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenecen a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

ÁNGEL ARMANDO MELÉNDREZ LARA

Yo Marcelo Gabino Heredia Cabrera, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenecen a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

MARCELO GABINO HEREDIA CABRERA

## INDICE DE ABREVIATURAS

A	Área
A <sub>T</sub>	Área Total
b	Base
C	Grados Centígrados
C <sub>s</sub>	Calor sensible
C <sub>l</sub>	Calor latente
%C	Porcentaje de cenizas
$\delta$	Densidad
cm	Centímetros
cm <sup>2</sup>	Centímetros cuadrados
%FB	Porcentaje Fibra Bruta
%GB	Porcentaje Grasa Bruta
g	Gramos
G <sub>1</sub>	Aire seco
G <sub>2</sub>	Aire humedo
GLP	Gas licuado de petróleo
h	Horas
H	Humedad
K	Grados Kelvin
Kcal	Kilocaloria
Kg	Kilo gramo
L	Litro

M	Masa
m	Metros.
m <sup>2</sup>	Metros cuadrados
m <sup>3</sup>	Metros cúbicos
ml	Mililitro.
mm	Milímetro
NB	Numero de bandejas
Q	Cantidad de calor
%P	Porcentaje de proteína
P	Presión atmosférica
Ph	Peso sólido húmedo
Ps	Peso sólido seco
Pscte	Peso sólido seco constante
pH	Potencia hidrogeno
p <sub>v</sub>	Presión de vapor
p <sub>w</sub>	Presión de vapor agua
%	Porcentaje
θ	Tiempo de secado
θ <sub>p</sub>	Tiempo de secado poscritico
r	Radio
S	Sólido seco
S <sub>1</sub>	Sólido seco
S <sub>2</sub>	Sólido Húmedo
t	Tiempo



tbs	Temperatura bulbo seco
tbh	Temperatura bulbo Húmedo
T	Temperatura
TOS	Tiempo Optimo de secado
ufc	Unidades formadoras de colonias
upc	Unidades propagadoras de colonias
V	Volumen
W	Velocidad de Secado
$W_c$	Velocidad de Secado Constante
$W_D$	Velocidad de Secado Decreciente
$\bar{W}$	Velocidad de Secado promedio
X	Humedad libre
$X^*$	Humedad de equilibrio.
$X_c$	Humedad crítica
$X_d$	Humedad decreciente
$X_i$	Humedad inicial
$X_t$	Humedad Total
$\Delta\tau$	Variación de tiempo
$\Delta x$	Variación de humedad
Z	Espesor

## TABLA DE CONTENIDO

INDICE DE FIGURAS	
INDICE DE TABLAS	
INDICE DE GRAFICOS	
INDICE DE FOTOS	
INDICE DE ANEXOS	
RESUMEN .....	i
SUMARY .....	ii
INTRODUCCIÓN .....	iii
ANTECEDENTES .....	iv
JUSTIFICACIÓN .....	v
OBJETIVOS .....	vi

### Pag

<b>1. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>- 1 -</b>
1.1 FRUTAS TROPICALES.....	- 1 -
<i>1.1.1 PROPIEDADES NUTRITIVAS .....</i>	<i>- 1 -</i>
<i>1.1.2 VALOR ENERGÉTICO .....</i>	<i>- 1 -</i>
<i>1.1.3 HIDRATOS DE CARBONO .....</i>	<i>- 2 -</i>
<i>1.1.4 GRASAS.....</i>	<i>- 2 -</i>
<i>1.1.5 VALOR PLÁSTICO .....</i>	<i>- 2 -</i>
1.2 LA COCONA .....	- 3 -
<i>1.2.1 TAXONOMIA .....</i>	<i>- 3 -</i>
<i>1.2.2 MORFOLOGIA .....</i>	<i>- 4 -</i>
<i>1.2.3 COMPOSICIÓN QUIMICA DE LOS FRUTOS.....</i>	<i>- 6 -</i>
<i>1.2.4 ORIGEN Y DISTRIBUCION GEOGRAFICA.....</i>	<i>- 7 -</i>
<i>1.2.5 EMBALAJE .....</i>	<i>- 8 -</i>
<i>1.2.6 ALMACENAJE.....</i>	<i>- 9 -</i>

1.2.7 TRANSPORTE.....	- 9 -
1.2.8 INDUSTRIALIZACION .....	- 10 -
<b>1.3 SECADO.....</b>	<b>- 11 -</b>
1.3.1 DEFINICIÓN .....	- 11 -
1.3.2 HUMEDAD.....	- 12 -
1.3.3 SECADO Y DESHIDRATACIÓN .....	- 14 -
1.3.4 CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE SECADO .....	- 23 -
1.3.5 PERÍODOS DE SECADO:.....	- 24 -
1.3.6 Velocidad de Secado Antecrítico: .....	- 30 -
1.4 EFECTOS DE LA DESHIDRATAACION SOBRE LOS ALIMENTOS.....	- 31 -
1.4.1 TEXTURA.....	- 31 -
1.4.2 AROMAS .....	- 32 -
1.4.3 COLOR.....	- 33 -
1.4.4 VALOR NUTRITIVO .....	- 33 -
1.5 INSTALACIONES .....	- 34 -
1.6 TIPOS DE DESHIDRATADORES .....	- 34 -
1.6.1 DESHIDRATADORES DE COMPARTIMENTO Y BANDEJAS.....	- 35 -
1.6.2 DESHIDRATADORES DE TOLVA (DEEP-BED DRIERS).....	- 37 -
1.6.3 DESHIDRATADORES DE CINTA SINFIN. ....	- 37 -
1.6.4 DESHIDRATADORES EN LECHO FLUIDIFICADO.....	- 38 -
1.6.5 DESHIDRATADORES DE TOLVA.....	- 40 -
1.6.6 DESHIDRATADORES NEUMÁTICOS.....	- 41 -
1.6.7 DESHIDRATADORES ROTÁTORIOS.....	- 41 -
1.6.8 DESHIDRATADORES POR ATOMIZACIÓN .....	- 42 -
1.6.9 DESHIDRATADORES DE CINTA SINFÍN .....	- 43 -
1.6.10 DESHIDRATADORES DE TÚNEL.....	- 44 -
1.6.11 DESHIDRATADORES DE SUPERFICIE CALIENTE .....	- 44 -
1.6.12 DESHIDRATADORES DE TAMBOR (DE RODILLOS).....	- 45 -
1.6.13 DESHIDRATADORES A VACÍO DE BANDA SINFÍN Y BANDEJAS.....	- 46 -

<b>2. PARTE EXPERIMENTAL .....</b>	<b>- 47 -</b>
2.1. MUESTREO .....	- 47 -
2.1.1 NUMERO DE MUESTRA .....	- 47 -
2.1.2 <i>PARAMETROS DE ACEPTACION RECHAZO DE LA CALIDAD SANITARIA</i> .....	- 48 -
2.2 METODOLOGIA .....	- 48 -
2.2.1 <i>METODOS Y TECNICAS DE LABORATORIO</i> .....	- 48 -
2.2.2 <i>ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO</i> .....	- 48 -
2.2.3 <i>ANÁLISIS BROMATOLÓGICO</i> .....	- 49 -
2.3 DATOS EXPERIMENTALES.....	57
2.3.1 <i>DIANOSTICO</i> .....	57
2.3.2 <i>DATOS</i> .....	58
2.4 DATOS ADICIONALES.....	61
<b>3. LINEA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>62</b>
3.1 CALCULOS.....	62
3.1.1 <i>CALCULO DE HUMEDAD X</i> .....	62
3.1.2 <i>CALCULO DE HUEMEDAD MEDIA</i> .....	62
3.1.3 <i>CALCULO DE VELOCIDAD DE SECADO</i> .....	62
3.1.4 <i>CALCULO DE 1/W</i> .....	63
3.1.5 <i>CALCULO DEL ESPESOR DE PULPA</i> .....	63
3.2 RESULTADOS.....	65
3.2.1 <i>VARIABLES DE PROCESO</i> .....	72
3.2.2 <i>BALANCE DE MASA Y ENERGIA</i> .....	78
3.2.3 <i>CANTIDAD DE AIRE QUE DEBE PROPORCIONAR EL VENTILADOR</i> .....	83
3.2.4 <i>CALCULO DEL TAMAÑO Y NÚMERO DE BANDEJAS</i> .....	84
3.2 RESULTADOS.....	87
3.3 PROPUESTA.....	88
3.4.2.1. <i>RESULTADOS DE LOS ANALISIS MICROBIOLÓGICO DE LA PULPA DE COCONA Y SU DESHIDRATADO</i> .....	90

3.5 DIMENSIONAMIENTO DEL EQUIPO DE DESHIDRATACIÓN.....	93
3.7 ANALISIS DE COSTOS. ....	98
3.7.1 COSTOS DE CONSTRUCCIÓN Y MANO DE OBRA. ....	101
3.7.2 COSTO FIJO.....	102
3.7.3 COSTOS DE OPERACIÓN.....	102
3.7.4 COSTO TOTAL .....	103

#### **4.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

##### **4.1 CONCLUSIONES**

##### **4.2 RECOMENDACIONES.**

#### **ANEXOS**

#### **BIBLIOGRAFIA**

## INDICE DE FIGURAS

	Pag.
Fig. 1.2.4-1 Distribución probable de la cocona	8
Fig. 1.3.2.2-1 Curva de humedad de equilibrio	14
Fig. 1.3.3.2-1 Trayectoria del vapor del agua durante la deshidratación	17
Fig. 1.3.3.2-2 Grafica de deshidratación	19
Fig. 1.3.3.2-3 Grafica de deshidratación	20
Fig. 1.3.5-1(a) Período de secado	23
Fig. 1.3.5-2(b) Período de secado	24
Fig. 1.3.5-3(c) Período de secado	24
Fig. 1.6.1-1 Deshidratador de compartimentos	36
Fig. 1.9.4-1 Deshidratador en lecho fluidificado	39
Fig. 1.9.8-1 Tipos de atomizadores	42

## INDICE DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1.2.3-1 Composición química de la cocona ( <i>Solanum sessiliflorum</i> Dunal) según varios autores.	7
Tabla. 1.2.3-2 Composición vitamínica y mineral de la cocona ( <i>Solanum sessiliflorum</i> Dunal según varios autores	7
Tabla. 2.2.2-1 Pruebas microbiológicas de la pulpa de cocona	47
Tabla. 2.2.2-2 Pruebas microbiológicas de la cocona deshidratada	48
Tabla. 2.3.2-1 Resultados de Pruebas de secado de pulpa de Cocona a 70 C	59
Tabla. 2.4-1 Datos de pulpa de Cocona	60
Tabla. 3.1-1 Resultados de Pruebas de secado de pulpa de Cocona a 70 C	62
Tabla. 3.1-2 Datos para graficar la humedad en función del tiempo a 70	63
Tabla. 3.1-3 Datos para graficar la Curva de la Velocidad de secado	65
Tabla 2.3.2-4 Datos para graficar la Humedad (X) en función de 1/W	67
TABLA. 3.4.1-1 Resultados construcción del equipo	83
Tabla. 3.4.1-1 Resultados del análisis microbiológico de la cocona y la pulpa de cocona deshidratada	86
TABLA. 3.5-1 Resumen dimensionamiento del equipo	88
Tabla. 3.4.1-2 Resultados del análisis bromatológico de la cocona y la pulpa de cocona deshidratada	87
Tabla. 3.4.1-3 Resultados del análisis bromatológico de la cocona y la pulpa de la cocona deshidratada expresada en base seca	87
Tabla: 3.7-1 Costos de materiales utilizados en construcción del deshidratador	100

Tabla: 3.7.1-1 Costos de construcción del deshidratador	101
Tabla: 3.7.1-2 Costo de transporte	102



## INDICE DE GRÁFICOS

	Pag.
Gráfico. 3.1-1. Curva de la Humedad libre de la cocona en función del tiempo	64
Gráfico 2.3.2-2 Curva de Velocidad de Secado en función del contenido de Humedad libre.	66
Gráfico2.3.2-3 Curva de Humedad (X) en función de 1/W	68

## INDICE DE FOTOS

	Pag.
Foto. 1.2.-1 Cocona	3
Foto. 1.2.2-1 Planta típica de cocona	4
Foto. 1.2.2-2. Variación en tamaño y forma de frutos de cocona	5

## INDICE DE ENEXOS

- ANEXO I. Resultado del análisis bromatológico de la cocona.
- ANEXO II. Resultado del análisis bromatológico de la pulpa de cocona .
- ANEXO II.A Resultado del análisis bromatológico de la pulpa de cocona deshidratada.
- ANEXO III Fotos de la determinación del pH de la cocona y la pulpa de cocona.
- ANEXO IV. Fotos del análisis bacteriológico de la pulpa de cocona.
- ANEXO V . Constantes termodinámicas del vapor de agua húmedo.
- ANEXO VI Constantes termodinámicas del vapor de agua húmedo (Continuación).
- ANEXO VII . Fotos de la construcción del deshidratador.
- ANEXO VIII. Carta psicométrica o de humedad.
- ANEXO IX. Tabla de presión de vapor de agua en milímetros de mercurio.
- ANEXO X. Fuente de calor.
- ANEXO XI. Ventilador o venterol.
- ANEXO XII. Control de temperatura automático.
- ANEXO XIII. Termocupla tipo K ( Ni.Cr.Ni ).
- ANEXO XIV. Electroválvula.
- ANEXO XV. Acero inoxidable.

## RESUMEN

Se realizó ésta investigación para diseñar y construir un deshidratador de bandejas de control automático que trabaje con gas GPL para deshidratar pulpa de cocona *Solanum sessiliflorum* Dunal (*naranjilla silvestre*), que será utilizado en la agroindustria La Gamboina en la ciudad Francisco de Orellana (Coca), para dar un valor agregado al producto y reducir costos en almacenamiento, transporte y manejo.

La simulación de la operación de secado, se basó en el método experimental; para la identificación de variables de proceso y realizar los cálculos del diseño del deshidratador se empleó una estufa eléctrica y un deshidratador de la empresa La Gamboina.

Las pruebas preliminares indicaron que la temperatura óptima para la deshidratación es 70 °C, puesto que se obtuvieron las mejores curvas de secado que permiten identificar variables como velocidad de secado 0,958 Kg/hm<sup>2</sup>; tiempo de secado 4 h; caudal de aire 10 m<sup>3</sup>/h. Las dimensiones de la cámara de secado son: Altura 0,52 m, ancho 0,60 m, y profundidad 0,45 m, con un volumen de 0,161 m<sup>3</sup>, capacidad para 5 bandejas, se construyó con acero inoxidable AISI 304-430, sistema automático de encendido.

La pulpa deshidratada posee un alto contenido de vitamina C 63 mg, con ausencia total de coliformes y una humedad final del producto de un 35%.

Para que el equipo dure y funcione correctamente, se recomienda seguir los pasos del manual de operación.

## SUMMARY

This investigation was carried out design and construct an automated-control tray dehydrater working with gas to dehydrate cocona pulp *Solanum sessiliflorum* (naranjilla Silvestre) which will be used in the agro-industrial La gamboina in the city of Francisco de Orellana (Coca) to give the product an added value and reduce storage, transport and handling costs.

The drying operation simulation was based upon the experimental method. For the process variable identification and carrying out the dehydrater design calculations an electrical stove and a dehydrater of the enterprise La Gamboina were used.

The preliminary tests showed that the optimum temperature for dehydration is 70°C as the best drying curves permitting to identify variables such as drying speed, 0,958 kg/hm<sup>2</sup>, 4 h drying time, 10 m<sup>3</sup>/h air volume, were obtained. The drying chamber dimensions are: 0,52 m high, 0,60 m wide and 0,45 m deep with 0,161 m<sup>3</sup> volume, 5-tray capacity. The material used was stainless steel AISI 304-430 and an automated starting system.

The dehydrated pulp has a high vitamin C content, 63 mg, with the total absence of coliforms and 35% product final humidity. To make the equipment last and work correctly, it is recommended to follow the operation handbook steps.

## INTRODUCCIÓN

Las frutas secas no sólo prolongan sabores concentrados sino que proporcionan un dulzor matizado, mediante la desecación o deshidratación a la que son sometidas algunas frutas frescas para reducir al máximo el contenido de agua de la misma, con el objetivo de paralizar la acción de los gérmenes que necesitan humedad para vivir.

El exceso de humedad contenida en las frutas puede eliminarse por métodos mecánicos. Sin embargo, la eliminación más completa de la humedad se obtiene por evaporación y eliminación de los vapores formados, es decir, mediante el secado térmico, ya sea empleando una corriente gaseosa o sin la ayuda del gas para extraer el vapor.

Esta operación se utiliza ampliamente en Ingeniería Química y es muy común que sea la última operación en la producción precedente a la salida del producto resultante.

Es evidente que la eliminación de agua o en general de líquidos existentes en sólidos es más económica por acción mecánica que por acción térmica. La dificultad de los medios mecánicos surge cuando los productos finales y gran número de productos intermedios deben cumplir especificaciones rigurosas en cuanto a la humedad final.

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 cesa.

## ANTECEDENTES

La amazonía ecuatoriana es rica en recursos naturales y entre ellos los frutales amazónicos que constituyen gran potencial que hasta hace poco ha sido subaprovechado, debido a una serie de limitantes, entre ellas la infraestructura y la tecnología agroindustrial que permita dar valor agregado a frutales como la cocona, araza, borojo, guayaba, y otras como la papaya y la piña.

De hecho la pequeña y/o grande producción existente en las fincas en un 15% ha sido aprovechada por los productores en el auto consumo, un 15% logran vender de manera informal a los comerciantes o en los mercados locales, y con regularidad el 70 % de la fruta se pierde en el mismo árbol por falta de iniciativas de desarrollo y dotación de valor agregado, esto se evidencia sobre todo en la cocona.

La GAMBOÍNA elabora productos a base de frutas tropicales y exóticas de la zona oriental, entre sus productos están las pulpas, mermeladas, helados y postres que se comercializados en la zona oriental y en la ciudad de Quito, debido a los altos costos de los fletes aéreos la producción de pulpa de cocona es limitada. Esto hace que se vea la necesidad de diseñar y construir un equipo que facilite la deshidratación de las frutas y de diversificar así la oferta de sus derivados al mercado, tanto local como regional y, a través de alianzas estratégicas incursionar en el mercado nacional

El deshidratador construido no solamente será utilizado para deshidratar la cocona sino que en un futuro muy cercano se utilizara para otras frutas.



## **JUSTIFICACIÓN**

Con la operación de la agroindustria La Gamboina, se espera que la producción de cocona se incremente y así diversificar mas la carta de productos procesados, de manera que se amplié la posibilidad de comprar a los productores una mayor cantidad de la cosecha, y con esto mejorar el estilo de vida de los habitantes de la zona, también se quiere dar un valor agregado a los productos; además de aumentar la vida útil de los productos procesados. Por otro lado se pretende bajar los costos de almacenamiento y transporte de las frutas procesadas.

En cuanto a la cocona deshidratada no existen estudios en nuestro país, no existe normativa en el INEN.

Existen trabajos sobre deshidratación de cocona en Brasil, Perú y Colombia en nuestro país no tenemos conocimiento de que existan trabajos sobre este tema.

## **OBJETIVOS**

### **GENERAL:**

Realizar el diseño y construcción de un Deshidratador tipo armario a base de GLP, para la cocona (*Solanum sessiliflorum Dunal*) en la agroindustria La Gamboina

### **ESPECÍFICOS:**

- Simular en el laboratorio el proceso de deshidratación de la cocona.
- Dimensionar el equipo para la deshidratación.
- Estimar los costos para la construcción equipo.
- Evaluar el valor nutritivo de producto antes y después de la deshidratación

## **CAPITULO I**

### **1. MARCO TEÓRICO**

#### **1.1 FRUTAS TROPICALES**

Las frutas constituyen un grupo de alimentos indispensable para la salud y bienestar, especialmente por su aporte de fibra, vitaminas, minerales y sustancias de acción antioxidante, (vitamina C, Vitamina E, beta-caroteno, licopeno, luteína, flavonoides, antocianinas), etc. Junto con verduras y hortalizas, son casi fuente exclusiva de vitamina C.

La gran diversidad de especies, con sus distintas propiedades organolépticas y forma de prepararlas, hacen de ellas productos de gran aceptación por parte de los consumidores.

##### **1.1.1 PROPIEDADES NUTRITIVAS**

La composición de las frutas difiere en gran medida en función del tipo de fruto y de su grado de maduración. El agua es el componente mayoritario en todos los casos. Constituye, en general, más del 80% del peso de la porción comestible, oscilando entre un 82% en las uvas, un 90% en las fresas y hasta un 93% en la sandía.

##### **1.1.2 VALOR ENERGÉTICO**

Las calorías de la fruta dependen casi exclusivamente de su contenido de hidratos de carbono, a excepción del caso del aguacate y del coco, frutas en las que el contenido graso determina su valor energético.

### **1.1.3 HIDRATOS DE CARBONO**

Los azúcares o hidratos de carbono simples (fructosa, glucosa, sacarosa...) confieren el sabor dulce a las frutas maduras y suponen un 5-18% del peso de la porción comestible.

Las manzanas y las peras son ricas en fructosa. En las frutas se encuentran también otros monos y disacáridos como la xilosa, la arabinosa, la manosa y la maltosa.

### **1.1.4 GRASAS**

Su contenido es casi inapreciable de 0,1% a 0,5%, excepto en el aguacate, que aporta un 14% de grasa, especialmente ácido oleico, saludable (72% del total de grasa) y en el coco, con un 35% de grasa, mayoritariamente saturada (88,6% del total de grasa), menos saludable.

### **1.1.5 VALOR PLÁSTICO**

Viene dado en función de su contenido en proteínas, que habitualmente representa menos del 1% del peso fresco de las frutas. Las proteínas están compuestas por aminoácidos, diez de los cuales (leucina, isoleucina, valina,reonina, triptófano, metionina, lisina, fenilalanina, histidina y arginina) son esenciales para el ser humano.

## 1.2 LA COCONA: (*Solanum sessiliflorum* Dunal)



Fuente: Danilo Fernandes da Silva. Cocona cultivo y utilización

Foto. 1.2-1 COCONA

### 1.2.1 TAXONOMIA

“La cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal) pertenece a la familia Solanaceae, la que contiene entre 2000 a 3000 especies con formas arbóreas, arbustivas, epífitas y trepadoras, algunas de las cuales son importantes invasoras de otros cultivos, venenos, medicinales, ornamentales y cultivos alimenticios, por ejemplo, tomate, pimentón, berenjena, “jiló” y la papa. El género *Solanum* presenta el mayor número de especies, aproximadamente 1400, existente en casi todo el mundo, la mayor parte de ellas se encuentran en América Tropical. *S. sessiliflorum* es un componente de la sección Lasiocarpa, de modo que está filogenéticamente relacionada con la naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.).

La cocona es muy variable en cuanto a tamaño, forma, peso, contenido químico, etc.

Estas variaciones son plenamente reconocidas en las localidades donde existe en el Amazonas. *Solanum sessiliflorum* var. *sessiliflorum* es conocida vulgarmente como tupiro, topiro o cocona en los países de lengua española. En Brasil es llamada cocona o tomate de indio. En países de habla inglesa es conocida como Orinoco apple o peach tomato”.<sup>(1)</sup>

### 1.2.2 MORFOLOGIA

“La cocona es un arbusto herbáceo de 1 a 2 m de altura, erecto, ramificado, que puede vivir hasta tres años en condiciones muy favorables. Las raíces laterales de las plantas pueden extenderse hasta 1,4 m del tronco.



Fuente: Danilo Fernandes da Silva. Cocona cultivo y utilización.

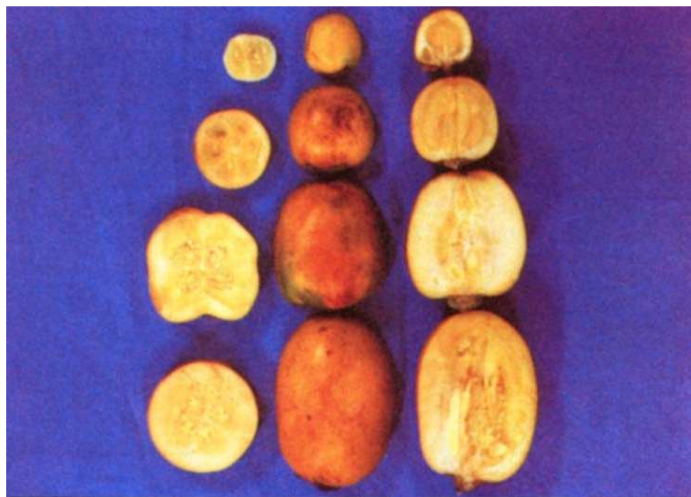
Foto. 1.2.2-1 Planta típica de cocona (*Solanum sessiliflorum* var. *sessiliflorum*).

El fruto de la cocona puede pesar entre 20 y 450 gramos y contener entre 200 y 500 semillas glabras (peladas), ovaladas y aplanadas; 1000 semillas pesan entre 0,8 y 1,2 g.

Los frutos son muy variables en su forma. Los de forma cilíndrica tienen, en general, 4 lóculos (celdas) y los cordiformes (forma de corazón), redondos y aplanados de 6 a 8, aunque puede haber variación en el número de lóculos en frutos de una misma planta.

El fruto es verde cuando no está maduro, amarillo-anaranjado cuando está maduro y finalmente café-rojizo cuando ya no es apto para el consumo humano. Los frutos generalmente están cubiertos de pelos cortos y quebradizos que son fácilmente removidos al restregarlos con las manos. Su piel es resistente, de gusto amargo.

La pulpa es amarilla clara a crema amarillenta, midiendo entre 0,2 a 2,5 cm de espesor”.<sup>(2)</sup>



Fuente: Danilo Fernández da Silva. Cocona cultivo y utilización

Foto. 1.2.2-2 Variación en tamaño y forma de frutos de cocona

### 1.2.3 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS FRUTOS

“La composición química de diversas poblaciones de la cocona existente en el Amazonas ha sido analizada, como también su contenido de vitaminas y minerales. Con relación al contenido de humedad de la cocona, que varía de 88 a 93%, se puede considerar como un fruto succulento.

La acidez elevada contribuye al sabor del fruto y permite un factor de dilución elevado en la formulación de jugos y consecuentemente, en su rendimiento industrial para esta finalidad. El contenido de sólidos solubles (<sup>o</sup>Brix) varía de 5 a 8 y está constituido, en su mayoría, por azúcares reductores”.<sup>(3)</sup>

**TABLA 1.2.3-1**

**Composición química de la cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal)  
según varios autores.**

<b>COMPONENTE</b>	<b>Villachica</b>	<b>Pahlen</b>	<b>Andrade</b>	<b>Yuyama</b>
Humedad en (g)	89	91	93	90
Energía (Kcal)	41	33	31	45
Proteína (g)	0,9	0,6	-	0,9
Lípidos (g)	-	1,4	-	1,9
Extracto Libre de Nitrógeno (g)	-	5,7	-	4,7
Fibra (g)	0,2	0,4	-	1,6
Cenizas (g)	0,7	0,9	-	0,9
Azúcares Totales (%)	-	-	4,6	-
Azúcares reductores (%)	-	-	3,9	1
Azúcares no reductores (%)	-	-	1,8	1
Sólidos Solubles ( <sup>o</sup> Brix) (%)	-	5,0	8,0	-
Ácido Cítrico (%)	-	-	0,8	-
Brix/Acides	-	-	5,93	-
Compuestos fenólicos (mg)	-	-	14,4	-
Tanino (mg)	-	-	142	-

**Fuente:** Danilo Fernandes da Silva. Cocona cultivo y utilización



TABLA. 1.2.3-2

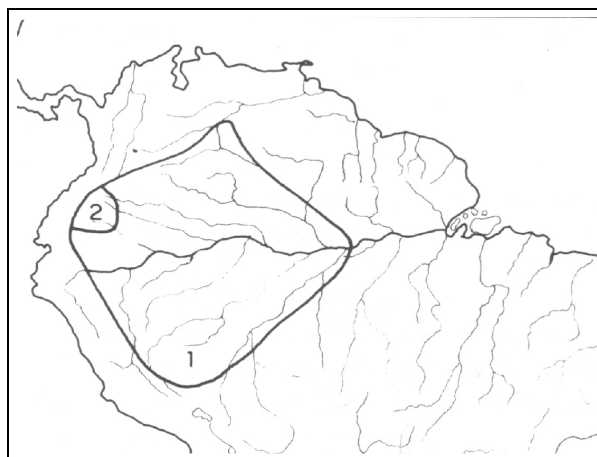
Composición vitamínica y mineral de la cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal según varios autores.

COMPONENTE	Villachica	Pahlen	Andrade	Yuyama	%NRC
Ácido ascórbico (mg)	4,5	-	13,9	-	15,3
Niacina (mg)	2,3	2,5	-	-	14,1
Caroteno (mg)	0,2	0,2	-	-	-
Tiamina (mg)	0,1	0,3	-	-	15,4
Riboflavina (mg)	0,1	-	-	-	6,6
Calcio (mg)	16	12	-	-	1,2
Magnesio (mg)	-	-	-	23,7	7,5
Fósforo (mg)	30	14	-	-	1,8
Potasio (mg)	-	-	-	385,4	19,3
Sodio (ug)	-	-	-	371	74,2
Cobre (ug)	-	-	-	329	14,6
Hierro (ug)	-	-	-	324	2,6
Zinc (ug)	-	-	-	157	1,1
Manganeso (ug)	-	-	-	97	2,8

Fuente: Danilo Fernandes da Silva. Cocona cultivo y utilización

#### 1.2.4 ORIGEN Y DISTRIBUCION GEOGRAFICA

“*S. sessiliflorum* var. *sessiliflorum* probablemente se originó vía selección indígena en algún lugar de la distribución de *S. sessiliflorum* var. *georgicum* en el Amazonas ecuatoriano o colombiano. Schultes (1984) sugirió que la cocona se originó en el Amazonas Occidental, donde fue primitivamente cultivada por los amerindios precolombinos, sugerencia también aceptada por Whalen (1981). Brücher (1973) sugirió, más específicamente, que el origen de la cocona haya sido en el alto Río Orinoco.



Fuente: Danilo Fernandes da Silva. Cocona cultivo y utilización

**Fig. 1.2.4-1 Distribución probable de la cocona**

Actualmente, la cocona está distribuida en el Amazonas brasileño, peruano, ecuatoriano, colombiano y venezolano, como también en los Andes del Ecuador y Colombia hasta 1000 msnm, en los valles interandinos en Colombia y en el litoral Pacífico del Ecuador y Colombia”.<sup>(4)</sup>

### **1.2.5 EMBALAJE**

“Después de retirar los frutos de la planta, éstos deben ser colocados en bandejas de fibras vegetales, cajas de madera o de plástico agujereadas, con capacidad máxima de 25 a 30 kg para evitar que los frutos colocados por debajo se aplasten.

Para su comercialización, los frutos generalmente son acomodados en bolsas de nylon agujereadas, conteniendo 500 g ó 1 kg. Este tipo de embalaje permite que los frutos sean expuestos atractivamente”.<sup>(5)</sup>

### **1.2.6 ALMACENAJE**

“Los frutos de la cocona recolectados en el estado de madurez ideal (color amarillo) son menos perecibles que los frutos de otras Solanáceas. Estos pueden conservarse a temperatura ambiente 27 a 30 °C a la sombra y con buena ventilación sin que se deteriore por un período de cinco a siete días. En refrigeradores de uso doméstico, el período de conservación puede alcanzar 30 días, sin que se altere el sabor original.

Lógicamente, la pulpa congelada se puede conservar por un período prolongado hasta seis meses de conservación manteniendo el sabor muy agradable”.<sup>(6)</sup>

### **1.2.7 TRANSPORTE**

“Los frutos de la cocona son muy resistentes al transporte. Esta resistencia mecánica es probablemente otorgada por la pulpa adherida a la cáscara, pues ésta es consistente y elástica al mismo tiempo. Cuando han sido acondicionados en cajas de 25 a 30 kg, los frutos pueden ser transportados por varias horas en caminos malos sin sufrir daños aparentes.

Considerando que las cualidades físicas de los frutos se conservan con fidelidad de generación en generación, el productor puede seleccionar tipos adecuados mientras no existan semillas mejoradas”.<sup>(7)</sup>

### **1.2.8 INDUSTRIALIZACION**

“La cocona es una especie de uso múltiple con sabor agradable. No obstante, todavía no tiene mucha importancia en el mercado amazónico fuera del Amazonas Occidental, donde es conocida y ha sido usada milenariamente. En el Amazonas Occidental, la cocona aún es usada solamente para jugo y raras veces para dulces, mermeladas y golosinas en general. Una forma de aumentar la aceptación de la cocona fuera de su área de distribución original es industrializándola, ya sea a nivel casero o a nivel empresarial”.<sup>(8)</sup>

## **1.3 SECADO**

### **1.3.1 DEFINICIÓN**

“Entendemos por secado de un sólido la separación total o parcial del líquido que le acompaña por medio térmicos. El secado difiere de la evaporación, que también puede definirse así, en los aspectos más esenciales, que son los aparatos, los métodos y los productos. En la evaporación, el líquido se elimina por ebullición y es arrastrado por el aire en forma de vapor a temperatura generalmente inferior a la de ebullición. Las mezclas tratadas a ebullición suelen contener más líquido que sólido, mientras que aquí sucede todo lo contrario.

De todos modos, las diferencias son más bien cuantitativas que cualitativas; por esto en algunos casos se dificulta la clasificación del proceso como uno u otro tipo de operación.

El secado es una operación importante en muchas industrias químicas y de transformación y la razón por la que se aplica puede ser una de estas.

- Facilitar el manejo posterior del producto.
- Permitir el empleo satisfactorio del mismo
- Reducir el costo de un embarque
- Aumentar la capacidad de los aparatos
- Preservar los productos durante el almacenamiento y transporte
- Aumentar el valor o la utilidad de productos residuales.

En la práctica del secado lo más frecuente es que el líquido a separar sea el agua, y a este caso nos referiremos en los razonamientos sucesivos”.<sup>(9)</sup>

### 1.3.2 HUMEDAD

“Para estudiar el secado de sólidos es necesario definir las proporciones relativas de agua y sólido seco contenidos en el mismo. Dado que la cantidad de sólido seco no se altera en el proceso, la concentración más útil para los cálculos es la referida al peso de sólido seco: llamaremos humedad X al peso de agua que acompaña a la unidad de peso de sólido seco”.<sup>(10)</sup>

Al contenido de humedad de un sólido se lo puede expresar a base seca o base húmeda, en los cálculos de secado es más conveniente sugerir la humedad a base seca, debido a que esta permanece constante a lo largo del fenómeno de secado.

$$X_{bs} = \frac{M_t - M_{ss}}{M_{ss}} \quad \text{Ec: 1.3.2-1}$$

Donde:

$X_{bs}$  = Humedad base seca

$M_t$  = masa del alimento húmedo

$M_{ss}$  = masa del sólido seco

$$X_{bh} = \frac{M_t - M_{sh}}{M_{sh}} \quad \text{Ec: 1.3.2-2}$$

Donde:

$X_{bh}$  = Humedad base húmeda

$M_t$  = masa del alimento húmedo

$M_{sh}$  = masa del sólido húmedo

### **1.3.2.1 HUMEDAD DE EQUILIBRIO ( $X^*$ )**

“Cuando un sólido húmedo se pone en contacto, durante tiempo suficiente, con aire de temperatura y humedad determinadas y constantes suponiendo que la cantidad de aire es lo suficientemente grande para que sus condiciones no varíen con el tiempo de contacto se alcanzara las condiciones de equilibrio entre el aire y el sólido húmedo.

Se denomina humedad de equilibrio del sólido a la humedad alcanzada por el sólido en equilibrio con el aire en las condiciones dadas. La humedad de equilibrio,  $X^*$ , es el límite al que puede llevarse el contenido de humedad de una sustancia por contacto con aire de humedad y temperatura determinadas”.<sup>(11)</sup>

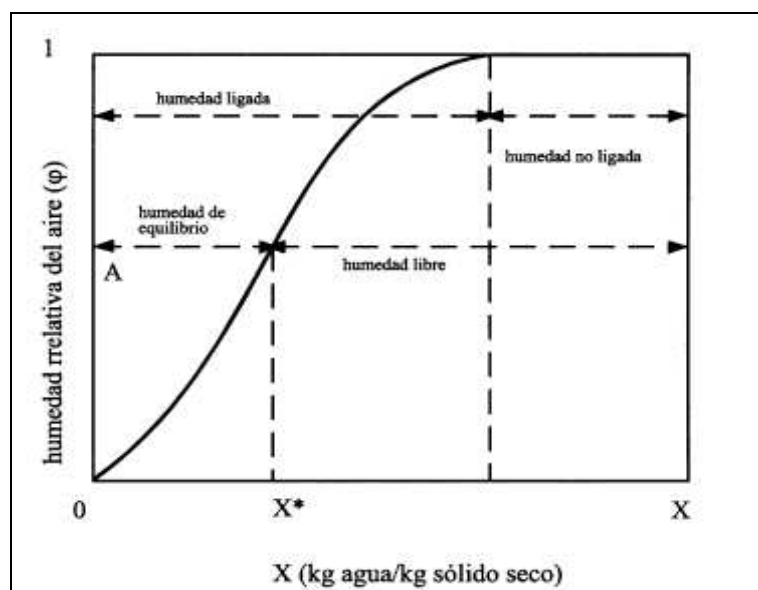
Si  $x^* >$  humedad del aire, tenemos que el sólido se seca

Si  $x^* <$  humedad del aire, el sólido se humedece

### **1.3.2.2 HUMEDAD LIBRE**

“La humedad que puede perder el sólido después de un contacto suficiente prolongado con aire de condiciones constantes se llama humedad libre; por consiguiente, la

humedad libre es la diferencia entre la humedad total y la humedad de equilibrio y depende tanto de la humedad del sólido como de la humedad relativa del aire”.<sup>(12)</sup>



Fuente: MARCILLA, A. Introducción a las Operaciones de Separación. 1999

Fig. 1.3.2.2-1 CURVA DE HUMEDAD DE EQUILIBRIO

### 1.3.3 SECADO Y DESHIDRATACIÓN

Aunque ambos términos se aplican a la eliminación del agua de los alimentos, en la Tecnología de los alimentos el término secado se refiere a la desecación natural, como la que se obtiene exponiendo el producto a la acción del sol y el de deshidratación designa el secado por medios artificiales, como la exposición del producto a una corriente de aire caliente.

La deshidratación implica el control sobre las condiciones climáticas dentro de una cámara o el control de un micro medio circundante. El secado solar está a merced de los elementos atmosféricos.



Los alimentos secados en una deshidratadora pueden tener mejor calidad que sus duplicados secados al sol. Se necesita menos terreno para la actividad deshidratadora.

### **1.3.3.1 DESHIDRATACIÓN**

“La deshidratación se define como aquella operación unitaria mediante la cual se elimina la mayor parte del agua de los alimentos, por evaporación, aplicando calor. Esta definición excluye a otras operaciones unitarias que, eliminan también el agua por ejemplo: separaciones mecánicas, por membranas, evaporación y horneado, la proporción de agua eliminada es mucho menor.

El objetivo principal de la deshidratación consiste en prolongar la vida útil de los alimentos por reducción de su actividad de agua. En los alimentos deshidratados la inhibición del crecimiento microbiano y de la actividad enzimática se produce por descenso de su actividad de agua, ya que para ello, el tratamiento térmico que reciben es insuficiente.

La deshidratación reduce también su peso y volumen, lo que reduce los gastos de transporte y almacenamiento. En algunos casos sirve también para poner al alcance del consumidor una mayor variedad de alimentos de más cómoda utilización.

La deshidratación altera en cierto grado, tanto las características organolépticas, como el valor nutritivo de los alimentos. Uno de los objetivos en el diseño y manejo de las instalaciones de deshidratación consiste en conseguir reducir al mínimo las modificaciones que los alimentos experimentan durante el proceso, utilizando en el mismo los parámetros adecuados para cada alimento en particular.

Entre los alimentos deshidratados más importantes se hallan: el azúcar, el café, la leche, la patata, la harina, las legumbres, las nueces, los cereales para desayuno, el té y las especias”.<sup>(13)</sup>

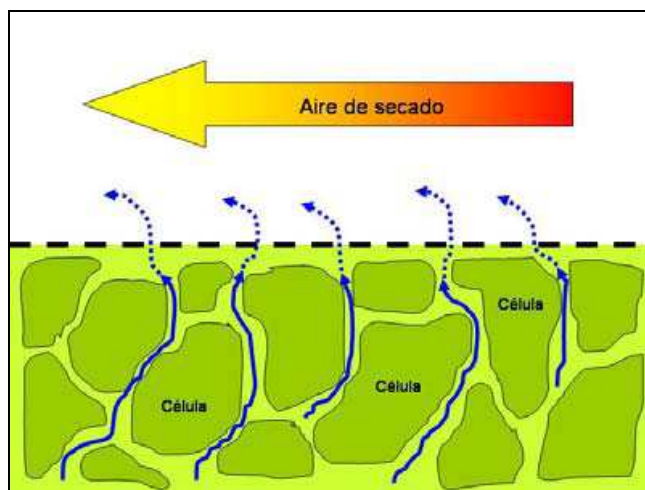
### **1.3.3.2 MECANISMO DE LA DESHIDRATACIÓN**

“Cuando el aire caliente entra en contacto con un alimento húmedo, su superficie se calienta y el calor transmitido se utiliza como calor latente de evaporación, con lo que el agua que contiene pasa a estado de vapor. El vapor de agua, que atraviesa por difusión la capa de aire en contacto con el alimento, es arrastrado por el aire en movimiento, generándose sobre aquél una zona de baja presión y creándose entre el aire y el alimento un gradiente de presión de vapor. Este gradiente proporciona la fuerza impulsora que permite eliminar el agua.

El agua escapa de la superficie del alimento por los siguientes mecanismos:

- Por capilaridad.
- Por difusión, provocada por las diferencias en la concentración de solutos entre las distintas partes del alimento.
- Por difusión del agua, absorbida en diversas capas sobre la superficie de los componentes sólidos del alimento.

- Por difusión gaseosa provocada por el gradiente de presión de vapor existente en el interior del alimento”.<sup>(14)</sup>



Fuente: FELLOWS, PETER. Tecnología del procesado de los alimentos.1993

Fig. 1.3.3.2-1 Trayectoria del vapor del agua durante la deshidratación

“Cuando un alimento se introduce en un desecador, transcurre un período inicial de estabilización al final del cual la superficie del alimento alcanza la temperatura de bulbo húmedo **AB en la figura 1.3.3.2-2**. Seguidamente la desecación comienza y, si el agua migra a la superficie del alimento a la misma velocidad que se produce la evaporación aquélla permanece húmeda.

Este período, que se denomina **período de velocidad constante** se mantiene hasta que se alcanza la humedad crítica ( $X_c$ ) **BC en las figuras 1.3.3.2-2 y 1.3.3.2-3**. Sin embargo, en la práctica, las distintas partes del alimento no se deshidratan a la misma velocidad, por lo que, la velocidad de deshidratación global va descendiendo gradualmente durante el período de velocidad constante.

Por ello, la humedad crítica no es, para un alimento determinado, un valor constante ya que depende de la cantidad de alimento presente en el desecador y de la velocidad de deshidratación. Para que la deshidratación se realice de forma adecuada en el período de velocidad constante el aire debe cumplir tres condiciones.

- Temperatura de bulbo seco moderadamente elevada,
- Baja humedad relativa (HR).
- Velocidad elevada.

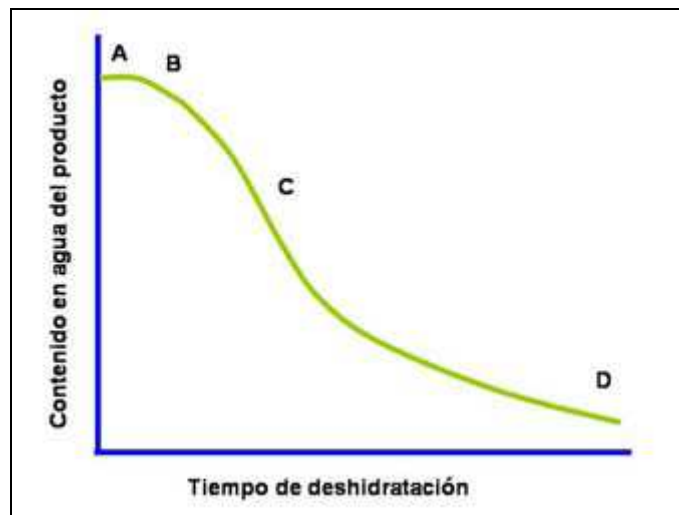
La capa superficial de aire que rodea al alimento dificulta, durante la deshidratación, la transferencia, tanto del calor como del vapor. Su grosor está principalmente determinado por la velocidad del aire. Si está es demasiado baja, el vapor que abandona la superficie del alimento aumenta la humedad relativa del aire circundante, reduciendo el gradiente de presión de vapor y dificultando la deshidratación.

De forma semejante, si la temperatura del aire desciende o su humedad relativa aumenta, la velocidad de evaporación disminuye y la deshidratación se hace más lenta.

Cuando el contenido en agua del alimento desciende por debajo de la humedad crítica, la velocidad de deshidratación se hace paulatinamente más lenta, acercándose a cero al alcanzarse el contenido en agua en equilibrio. Es decir, el alimento se equilibra con el aire. A este período se le suele denominar **período de velocidad decreciente**. Los alimentos no higroscópicos poseen un solo período de velocidad decreciente **CD en las figuras 1.3.3.2-2 y 1.3.3.2-3**, mientras que los higroscópicos poseen dos.

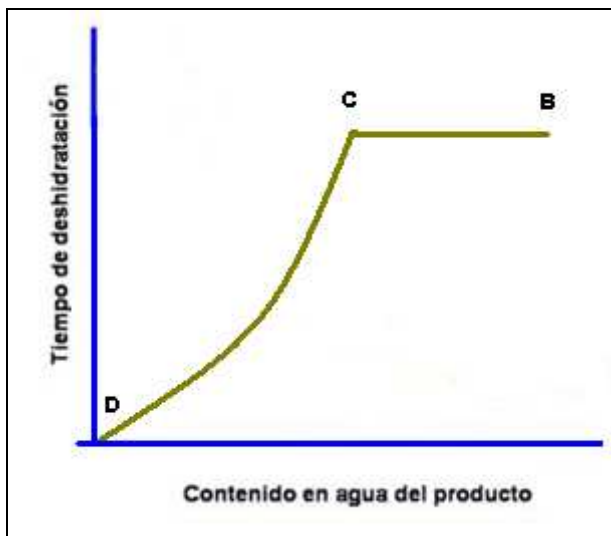
En el primer período el frente de la deshidratación se desplaza hacia el interior del alimento ya que el agua difunde hacia el aire circundante a través de la capa de alimento deshidratado. Este período finaliza cuando el frente de evaporación alcanza el centro del alimento y la presión parcial de vapor desciende por debajo de la presión de vapor de saturación.

El segundo período se produce cuando la presión parcial de agua se halla por debajo de la presión de vapor de saturación y la deshidratación se produce por desorción.



Fuente: FELLOWS, PETER. Tecnología del procesado de los alimentos, 1993

**Fig. 1.3.3.2-2 Grafica de deshidratación**



Fuente: FELLOWS, PETER. Tecnología del procesamiento de los alimentos, 1993

Fig. 1.3.3.2-3 Grafica de deshidratación

Durante el período de velocidad decreciente, la velocidad a la que el agua se desplaza desde el interior del alimento a la superficie, cae por debajo de la velocidad a la que ésta se evapora de la superficie. La superficie, entonces, se seca.

Esta fase es, normalmente, la de mayor duración y en algunos alimentos por ejemplo: en la desecación de granos, en los que el contenido en agua se halla por debajo del contenido en agua crítico, el período de velocidad decreciente es la única parte de la curva de deshidratación que puede observarse.

Durante este período los factores que controlan la velocidad de deshidratación cambian. En un comienzo los factores más importantes a este respecto son semejantes a los que regulan el período de velocidad constante, pero paulatinamente la velocidad de transferencia de masa se va transformando en el factor que en esta fase controla la deshidratación.

La velocidad de transferencia de masa depende esencialmente de la temperatura del aire y del grosor del alimento y no le afectan ni la humedad relativa (HR) (excepto para determinar el contenido en equilibrio) ni la velocidad del aire.

Es por ello que durante al período de velocidad decreciente se controla esencialmente la temperatura, mientras que en el de velocidad constante se controla tanto ésta como la velocidad del aire.

En la práctica el comportamiento de los alimentos puede ser distinto del que se esperaría, de acuerdo con las curvas de deshidratación teórica. Esto es debido a que en ellos se produce cierto grado de retracción, que provoca cambios en la temperatura y en la velocidad de difusión del vapor en diferentes partes del alimento, así como cambios en la temperatura y la humedad relativa del aire utilizado para la deshidratación.

El enfriamiento producido por la evaporación del agua en la superficie del alimento al final del período de velocidad constante, hace que la temperatura de aquella sea próxima a la de bulbo húmedo.

Durante el período de velocidad decreciente, como la cantidad de agua evaporada de la superficie va siendo paulatinamente menor, pero el aporte calórico del aire es constante, la temperatura aumenta hasta alcanzar la correspondiente a la de bulbo seco del aire en el deshidratador. Esta es la razón de por qué la mayor parte del deterioro ocasionado a los alimentos durante la deshidratación se produce en el período de velocidad decreciente”.<sup>(15)</sup>



### 1.3.4 CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE SECADO

“Se define como velocidad de secado a la pérdida de humedad del sólido en la unidad de tiempo, en términos diferenciales tendremos:  $-(dx / d\theta)$  operando en condiciones constantes de secado. El término condiciones constantes se entiende que en el aire, la temperatura, presión, humedad y velocidad permanezcan constantes a lo largo del tiempo.

Atendiendo al mecanismo de secado, para definir cuantitativamente la velocidad es conveniente referir esta a la unidad de área de superficie de secado, o sea”:<sup>(16)</sup>

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

**Ec: 1.3.4-1**

Donde:

W = Velocidad de secado

A = Superficie expuesta al secado

S = Sólido seco

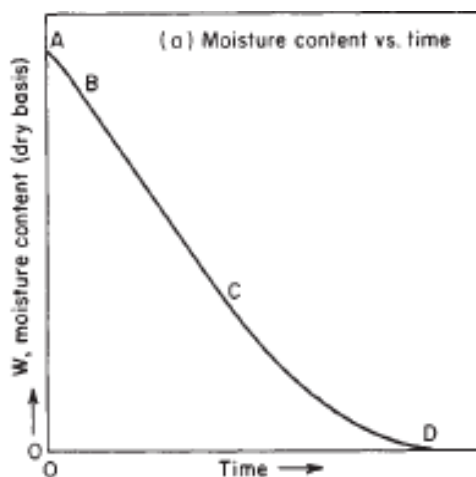
X = Humedad en base seca

$\theta$  = Tiempo de secado

Como A y S permanecen constantes a lo largo del fenómeno de secado, W es proporcional a  $-\frac{dX}{d\theta}$

### 1.3.5 PERÍODOS DE SECADO:

“Cuando un sólido se seca experimentalmente, casi siempre se obtienen datos que asocian el contenido de humedad con el tiempo, estos datos se representan gráficamente como el contenido de humedad (base seca  $X_{bs}$ )  $W$  en función del tiempo  $\theta$ , tal como se ilustra en la **Fig. 1.3.5-1(a)**. Esta curva representa el caso general en que los sólidos mojados pierden humedad, primero por evaporación desde una superficie saturada del sólido, a lo cual sigue un período de evaporación de la superficie saturada que tiene un área gradualmente decreciente y, por último, cuando el agua se evapora en el interior del sólido.



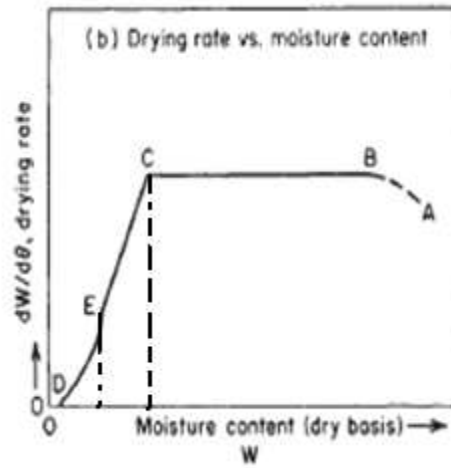
Fuente: PERRY, R Manual del Ingeniero Químico, McGraw Hill, México, 1992

**Fig. 1.3.5-1(a) Período de secado**

La **Fig. 1.3.5-1(a)** indica que la velocidad de secado está sujeta a una variación en función del tiempo o del contenido de humedad.

Esta variación se ilustra con mayor claridad diferenciando gráficamente o numéricamente la curva y haciendo una representación grafica de  $(dW / d\theta)$  en función

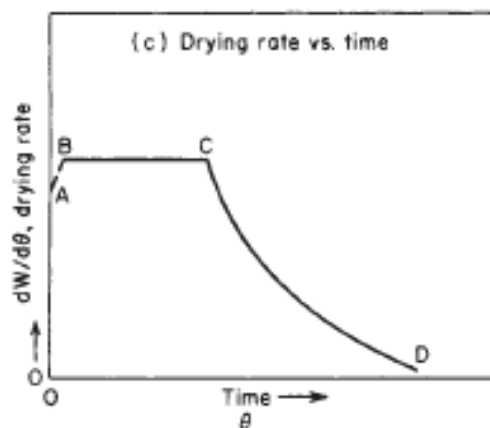
de  $W$  como se muestra en la **Fig. 1.3.5-2(b)**, o como  $(dW / d\theta)$  en función de  $\theta$ , como se señala en la **Fig. 1.3.5-3(c)**



Fuente: PERRY, R Manual del Ingeniero Químico, McGraw Hill, México,1992

**Fig. 1.3.5-2(b) Período de secado**

Estas curvas de velocidad demuestran que el secado no es un proceso suave y continuo, en el cual un solo mecanismo ejerce el control a lo largo de toda su duración. En a **Fig. 1.3.5-3(c)** se indica con claridad lo que dura cada periodo de secado.



Fuente: PERRY, R Manual del Ingeniero Químico, McGraw Hill, México,1992

**Fig. 1.3.5-3(c) Período de secado**

La sección **AB** de cada curva representa un periodo de **calentamiento** de los sólidos. La sección **BC** de cada curva representa el período de velocidad constante. El punto **C**, en donde finaliza la velocidad constante y comienza a decrecer el índice de secado, se conoce como contenido **crítico de humedad**. La zona **CD** de la **Fig. 1.3.5-1(a)** se denomina período de **velocidad decreciente** y, como se señala en la **Fig. 1.3.5-2(b)** y **Fig. 1.3.5-3(c)**, se caracteriza por una velocidad continuamente variable a lo largo del resto del ciclo de secado. El punto **E** en la **Fig. 1.3.5-2(b)** representa el punto en que toda la superficie expuesta se hace completamente insaturada y marca el principio de la fracción del ciclo de secado durante la cual la velocidad del movimiento de la humedad interna controla la velocidad de secado. La zona **CE** de la **Fig. 1.3.5-2(b)** se define normalmente como el primer periodo de secado con velocidad decreciente, y la zona **DE** como el segundo periodo de velocidad decreciente”.<sup>(17)</sup>

### **1.3.5.1 PERÍODO DE VELOCIDAD CONSTANTE.**

“En este período el movimiento de la humedad dentro del sólido es lo bastante rápido como para mantener una condición saturada en la superficie, controlándose la velocidad de secado por medio de la velocidad de transmisión de calor a la superficie de evaporación. El secado se desarrolla por difusión de vapor desde la superficie saturada del material, pasando por una capa de aire estancado hasta el medio que lo rodea. La velocidad de transferencia de masa se equilibra con la velocidad de transferencia de calor, y la temperatura de la superficie saturada permanece constante. El mecanismo de eliminación de agua equivale a la evaporación de una porción de agua de un cuerpo y es esencialmente independiente de la naturaleza de los sólidos.

Si el calor se transfiere exclusivamente por convección y en ausencia de otros efectos caloríficos, la superficie se acerca a la de bulbo húmedo. No obstante, cuando el calor se transmite por radiación, conducción o por una combinación de ambas y por convección la temperatura de la superficie saturada se sitúa entre la de bulbo húmedo y la del punto de ebullición del agua. En tales condiciones, la velocidad de transmisión de calor se incrementa, obteniéndose mayor velocidad de secado. Cuando el calor se transmite a un sólido húmedo, por conducción a través de superficies calientes, y la transmisión de calor por convección es despreciable, los sólidos se acercan más a la temperatura del punto de ebullición que a la de bulbo húmedo”.<sup>(18)</sup>

#### **1.3.5.2 PERÍODO DE VELOCIDAD DECRECIENTE.**

“Se inicia en el contenido crítico de humedad al concluir el período de velocidad constante. Cuando el contenido decreciente de humedad es superior al contenido crítico, todo el proceso de secado se desarrollara en condiciones de velocidad constante. Por otro lado si el contenido inicial de humedad es inferior al crítico, todo el proceso de secado se desarrollará en el periodo de velocidad decreciente. Por lo común, este periodo se divide en dos zonas:

- Zona de secado de superficie no saturada.
- Zona en que el movimiento interno de la humedad es el que ejerce control.

Cuando se efectúa un secado a contenidos reducidos de humedad, este período predomina casi siempre en la determinación del tiempo total del secado”.<sup>(19)</sup>

### 1.3.5.3 TIEMPO DE SECADO EN CONDICIONES CONSTANTES:

“La duración del secado se puede deducir sencillamente una vez evaluada la velocidad de secado. Separando variables en la **Ec: 1.3.4-1** integramos entre las humedades inicial y final:

$$\theta = \frac{S}{A} \int_{X_2}^{X_1} \frac{dX}{W} \quad \text{Ec: 1.3.5.3-1}$$

Para calcular la integral del segundo miembro distinguiremos entre el período anticrítico y los períodos postcríticos”.<sup>(20)</sup>

#### 1.3.5.3.1 Período Anticrítico:

Como durante este periodo,  $W = \text{constante}$ , la integración de la **Ec: 1.3.5.3-1** desde la humedad inicial  $X_i$  hasta la humedad crítica  $X_c$  se transforma en la ecuación siguiente:

$$\theta_a = \frac{S}{A} \left( \frac{X_i - X_c}{W_c} \right) \quad \text{Ec: 1.3.5.3.1-1}$$

Donde:

$\theta_a$  = Tiempo Anticrítico

$W_c$  = Velocidad de secado Constante

$S$  = Sólido Seco

$A$  = Superficie expuesta al secado

$X_i$  = Humedad inicial

$X_c$  = Humedad crítica.

Naturalmente que si la humedad final  $X_f$  es mayor que la humedad crítica  $X_c$  ha de substituirse  $X_c$  por  $X_f$  en la ecuación anterior.

### 1.3.5.3.2 Período Postcrítico:

“En el caso general no se conoce una relación analítica sencilla entre  $W = f(X)$ ; la integración de la **Ec: 1.3.5.3-1** puede efectuarse entonces por el método gráfico: en el diagrama  $X - 1/W$ . El valor numérico de la integral es igual al área limitada por la curva, el eje de abscisas y las ordenadas externas  $X = X_1$  y  $X = X_2$ .

Sin embargo, en muchos casos es posible encontrar una relación aproximada entre  $W$  y  $X$ . Cuando la velocidad de secado varía linealmente con la humedad, como en el primer período postcrítico de la **Fig. 1.3.5.-2(b)**, la integración de **Ec: 1.6.2-1** nos conduce a otra ecuación”:<sup>(21)</sup>

$$\theta_p = \frac{S}{A} \left( \frac{X_c - X^*}{W_c} \right) \ln \frac{X_c - X^*}{X_f - X^*} \quad \text{Ec: 1.3.5.3.2-1}$$

Donde:

$\theta_p$  = Tiempo Postcrítico

$W_c$  = Velocidad de secado constante

$A$  = Superficie expuesta al secado

$S$  = Sólido Seco

$X_c$  = Humedad crítica.

$X^*$  = Humedad de equilibrio

$X_f$  = Humedad final

En la ecuación anterior se supone que la humedad inicial es mayor que la crítica; en caso contrario, ha de sustituirse  $X_c$  por  $X_f$ .

### 1.3.6 Velocidad de Secado Antecrítico:

La velocidad constante de secado durante el período antecrítico se puede evaluar en función de la difusión y trasmisión de calor en la capa límite del aire. En efecto: se ha admitido que durante este periodo la superficie del sólido está recubierta enteramente por una capa de líquido; luego la evaporación depende tan solo de la velocidad de difusión del vapor, o bien de la intensidad de paso del calor a través de la capa límite de aire.

Atendiendo a la difusión del vapor, este proceso tiene lugar por existencia del gradiente de humedad  $Y_i - Y$  a través de aquella capa, siendo  $Y$  la humedad en el seno del aire e  $Y_i$  la humedad en la interface. La ecuación de transporte será análoga a la que establecimos con el capítulo anterior en relación con la temperatura húmeda.

$$W_c = \frac{S}{A} \left( - \frac{\Delta X}{\Delta \theta} \right) \quad \text{Ec: 1.3.6-1}$$

$$W_c = \frac{S}{A} \left( - \frac{X_i - X_c}{W_c} \right) \quad \text{Ec: 1.3.6-2}$$

Donde:

$W_c$  = Velocidad de secado constante.

$A$  = Superficie expuesta al secado

$S$  = Sólido Seco

$\Delta X$  = Variación de la humedad en base seca.

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



## **1.4 EFECTOS DE LA DESHIDRATACION SOBRE LOS ALIMENTOS.**

Para el consumidor, los atributos más importantes de los alimentos constituyen sus características organolépticas textura, bouquet, aroma, forma y color. Son éstas las que determinan las preferencias individuales por determinados productos.

Pequeñas diferencias entre las características organolépticas de productos semejantes de marcas distintas son a veces determinantes de su grado de aceptabilidad. Constituye un objetivo constante para el industrial alimentario el mejorar las características organolépticas de sus productos tratando de reducir las modificaciones que en ellos provoca el proceso de elaboración.

### **1.4.1 TEXTURA**

“La textura de los alimentos es el parámetro de calidad que más se modifica con la desecación. Sus variaciones dependen mucho del tipo de pre-tratamiento que se le da al alimento (adición de cloruro calcio al agua de escaldado), el tipo e intensidad con que se realiza la reducción de tamaño y el modo de pelado.

En alimentos escaldados las pérdidas de textura están provocadas por la gelatinización del almidón, la cristalización de la celulosa y por tensiones internas provocadas por variaciones localizadas en el contenido en agua durante la deshidratación.

Estas tensiones dan lugar a roturas y compresiones que provocan distorsiones permanentes en las células, relativamente rígidas, confiriendo al alimento un aspecto

arrugado. En la rehidratación estos alimentos absorben agua más lentamente y no llegan a adquirir de nuevo la textura firme característica de la materia prima original.

La variación en la textura depende también de las condiciones del desecador, por ejemplo, si se usan velocidades de deshidratación rápidas y temperaturas elevadas los cambios serán más pronunciados que con flujos y temperaturas más bajos.

A medida que el agua va eliminándose, los solutos se desplazan hacia la superficie del alimento. Si las temperaturas son elevadas la evaporación del agua hace que la concentración de solutos en la superficie aumente lo que conduce a la formación de una capa superficial dura e impenetrable. Este fenómeno se llama *acortezamiento* y reduce la velocidad de deshidratación dando lugar a un alimento seco en su superficie pero húmedo en su interior”.<sup>(22)</sup>

#### **1.4.2 AROMAS**

“El calor no sólo provoca el paso del agua a vapor durante la deshidratación, sino también la pérdida de algunos componentes volátiles del alimento. Su mayor o menor pérdida dependerá de la temperatura, de la concentración de sólidos en el alimento y de la presión de vapor de las sustancias volátiles y su solubilidad en el vapor de agua. Por ello, alimentos especiales por sus características aromáticas hierbas y especias se deshidratan a temperaturas bajas.

La desecación también produce la oxidación de los pigmentos, vitaminas y lípidos durante el almacenamiento. Estas oxidaciones se producen por la presencia de oxígeno, como consecuencia de la estructura porosa que se desarrolla durante la deshidratación.

La velocidad a la que estos componentes se deterioran depende de la actividad de agua en el alimento y de la temperatura de almacenamiento. Las reacciones oxidativas influyen en la producción o destrucción de compuestos aromáticos”.<sup>(23)</sup>

### **1.4.3 COLOR**

“La deshidratación afecta también al color por los cambios químicos que se producen en las clorofilas, carotenoides y otros pigmentos como antocianinas, betalainas etc.

Por lo general cuanto más largo es el proceso de deshidratación y más elevada la temperatura, mayores son las pérdidas en estos pigmentos. La oxidación y la actividad enzimática residual favorecen el desarrollo del pardeado durante su almacenamiento. Ello puede evitarse usando el escaldado como tratamiento previo a la desecación o tratando la fruta con ácido ascórbico u otros compuestos”.<sup>(24)</sup>

### **1.4.4 VALOR NUTRITIVO**

“Las pérdidas de valor nutritivo que se producen durante la preparación previa de frutas y verduras son generalmente mayores que las que ocasiona el propio proceso de deshidratación. La pérdida de vitaminas viene en función de su solubilidad en agua.

A medida que el proceso de deshidratación avanza, algunas vitaminas por ejemplo: la riboflavina alcanzan su sobresaturación y precipitan. Las pérdidas, por tanto, son

pequeñas. Otras, por ejemplo: el ácido ascórbico se mantienen disueltas hasta que el contenido en agua del alimento es muy bajo y reaccionan con los solutos a mayor velocidad a medida que el proceso progresa.

La vitamina C es también sensible al calor y la oxidación. Por ello, los tiempos de deshidratación deben ser cortos. Otras vitaminas liposolubles son más estables (a la oxidación y al calor) por lo que sus pérdidas rara vez son superiores al 5 – 10%. Los nutrientes liposolubles se encuentran, en su mayor parte, en la materia seca del alimento, por lo que durante la deshidratación no experimentan concentración alguna”.<sup>(25)</sup>

## **1.5 INSTALACIONES**

La mayor parte de los deshidratadores industriales están cubiertos por un material aislante para reducir las pérdidas calóricas y en ellos el aire caliente se hace recircular para ahorrar energía. Muchos de ellos poseen sistemas de recuperación de energía que aprovechan el calor del aire de salida o que controlan automáticamente su humedad relativa. El control de los deshidratadores por ordenadores es todavía más sofisticado, pero permite importantes ahorros de energéticos.

## **1.6 TIPOS DE DESHIDRATADORES**

Los deshidratadores más comunes en la industria son los siguientes.

### 1.6.1 DESHIDRATADORES DE COMPARTIMENTO Y BANDEJAS

“Cuando la consistencia de la primera materia o del producto seco es tal que puede manejarse en bandejas, se utiliza un tipo cualquiera de secador de compartimentos. Aquí se incluyen substancias mojadas o plásticas y masas granulares tales como materiales cristalinos, pastas y precipitados. Cuando el material está sobre las bandejas es fácil manejar tanto en la carga como en la descarga sin pérdidas y, por tanto, se manejan por este método productos valiosos o pequeñas cantidades.

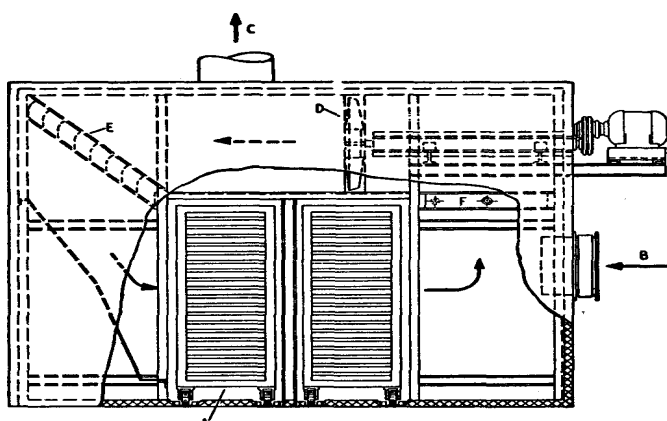
El aparato consta esencialmente de una cámara rectangular que tiene las paredes recubiertas de material aislante del calor. En el interior de la cámara hay estanterías hechas de ángulo ligero, sobre las que las bandejas pueden deslizarse o bien vagonetas, de forma que una vagoneta cargada con bandejas puede recorrer el secadero con las puertas cerradas. Existe un dispositivo para circulación del aire sobre las bandejas.

Los secaderos de este tipo están provistos de dispositivos para calentar el aire en el interior del secadero en lugar de hacerlo fuera de él.

La **fig. 1.6.1-1** representa un secadero convencional de este tipo. *A* representa la vagoneta en la que se cargan las bandejas. El aire fresco se introduce por *B*, y el aire húmedo se descarga por *C*. El aire circula por medio de un ventilador *D* y sigue el camino indicado por las flechas. En la esquina de la cámara hay colocadas pantallas de dirección *E* para asegurar que el camino del aire hacia abajo en el espacio vertical del lado izquierdo de la cámara tiene una distribución razonable de velocidades. El aire que ha pasado sobre las bandejas, mezclado con una cierta cantidad de aire fresco, pasa por

un calentador  $F$  antes de que llegue al ventilador. Unas válvulas de mariposa colocadas adecuadamente, no representadas, y normalmente controladas automáticamente, varían el porcentaje de aire fresco que se introduce y el aire cargado de humedad que sale del secadero.

Con objeto de proporcionar una buena distribución del aire a lo largo del secadero, es necesario tener velocidades del mismo relativamente altas (este efecto lo produce el ventilador), por ejemplo de 100 m/min. Esto indica que el tiempo de contacto del aire con las bandejas en un solo paso es corto. Por consiguiente, la cantidad de agua que toma el aire en un paso a lo largo del secadero es pequeña, de forma que en la mayor parte de los casos del 80 al 90 % del aire descargado por el ventilador  $D$  se hace recircular haciéndolo volver sobre las bandejas y únicamente del 10 al 20 % se toma como aire fresco introduciéndolo por  $B$ . Al principio del ciclo, cuando la carga está completamente mojada, puede tomarse algo más de aire fresco que al final del ciclo cuando la carga está casi seca. El accionamiento de las válvulas de mariposa se efectúa normalmente por instrumentos de control automático”.<sup>(25)</sup>



Fuente: BRITO, H. Texto Básico de Operaciones Unitarias I

Fig. 1.6.1-1 Deshidratador de compartimentos

### **1.6.2 DESHIDRATADORES DE TOLVA (DEEP-BED DRIERS)**

Los deshidratadores de tolva son unas instalaciones cilíndricas o rectangulares en las que el producto descansa sobre una malla. En ellas el alimento es atravesado por un flujo de aire caliente a una velocidad relativamente baja  $0,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  por  $\text{m}^2$  de la superficie de la base.

Estas instalaciones, poseen una gran capacidad de deshidratación. Se emplean para <<acabar>> (hasta un 3-6% de contenido de agua) los productos predeshidratados en otro tipo de instalaciones. La utilización de deshidratadores de tolva permite aumentar la capacidad de deshidratación de los predeshidratadores, ya que se alimentan con un producto predeshidratados (que se halla en su periodo de velocidad decreciente) que, para su deshidratación completa en el predeshidratador exigiría un tiempo de permanencia en el mismo excesivo.

### **1.6.3 DESHIDRATADORES DE CINTA SINFIN.**

Estos deshidratadores pueden medir hasta 3 m de ancho por 20 m de longitud. En estos el alimento se deshidrata sobre una cinta de malla en una capa de 5-15 cm de grosor. En la parte anterior del deshidratador el aire atraviesa el producto de «bajo hacia arriba y en las siguientes secciones de arriba hacia abajo para evitar que el producto resulte arrastrado.

En los deshidratadores de dos o tres fases el producto, parcialmente deshidratado y retraído, se mezcla y reapila en capas de mayor grosor (15-25 cm y 250-900 cm en los de tres etapas).

Esta disposición permite cierto ahorro de espacio y la obtención de un producto de características más homogéneas. El producto, a su salida (10-15% de agua) se introduce en un deshidratador de tolva para su «acabado». Las instalaciones de cinta sinfín son de una gran capacidad de producción y en ellas los parámetros de la deshidratación se controlan sin dificultad. Se emplean para la deshidratación a gran escala de diversos alimentos por ejemplo: son capaces de deshidratar en 2-3-5 horas, hasta 5,5 toneladas de frutas o verduras diversas. El alimento atraviesa distintas zonas del deshidratador que se controlan independientemente. La carga y descarga del producto se efectúa automáticamente, lo que reduce los gastos de mano de obra.

Estas instalaciones, por sus ventajas, han ido desplazando a los túneles de deshidratación.

#### **1.6.4 DESHIDRATADORES EN LECHO FLUIDIFICADO**

En estas instalaciones el alimento se deshidrata sobre bandejas metálicas de fondo perforado o de malla, en capas de hasta 15 cm de grosor. La capa de producto es atravesada por un flujo de aire de abajo hacia arriba, que lo esponja (fluidifica) y lo agita vigorosamente.

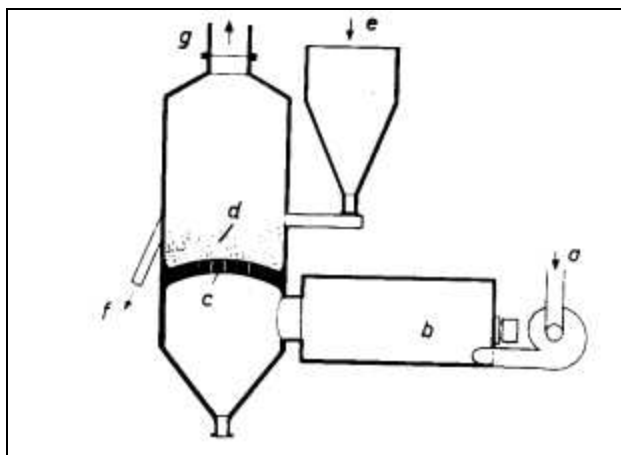


De esta forma el aire sirve, tanto para la fluidificación del alimento, cuestión con lo que se aumenta al máximo su superficie de intercambio, como para su deshidratación. Los deshidratadores pueden ser de funcionamiento discontinuo o continuo.

Los sistemas de deshidratación en lecho fluidificado ocupan poco espacio, los parámetros de la deshidratación se controlan sin dificultad y su aprovechamiento energético y velocidad de deshidratación son elevados.

En los sistemas discontinuos la intensa acción de mezclado que la fluidificación provoca, permite obtener un producto uniformemente deshidratado. En cambio, en los sistemas continuos ésta no se produce uniformemente, por lo que el producto debe «acabarse» en deshidratadores de tolva.

Los deshidratadores de lecho fluidificado sólo pueden emplearse en alimentos particulados susceptibles de fluidificación y suficientemente resistentes para que durante la misma no sufran un daño mecánico excesivo (por ejemplo: guisantes, verduras diversas en cubitos o rodajas, granos, alimentos pulverulentos o extruidos). Estas consideraciones sirven también para los sistemas de congelación y liofilización en lecho fluidificado.



Fuente: FELLOWS, PETER. Tecnología del procesado de los alimentos, 1993

**Fig. 1.9.4-1 Deshidratador en lecho fluidificado**

### **1.6.5 DESHIDRATADORES DE TOLVA**

Estos constituidos por edificios de dos plantas en los que el recinto de deshidratación, de suelo enrejillado, está emplazado sobre un horno. El aire caliente, procedente de la combustión en el horno, atraviesa una capa de producto de hasta 20 cm de grosor.

Este tipo de deshidratadores han sido utilizados tradicionalmente en Estados Unidos para la deshidratación de manzana en rodajas y en Europa, para la deshidratación de lúpulo. Su funcionamiento se controla con dificultad, el tiempo de deshidratación es relativamente largo y los costes de mano de obra, elevados, ya que la carga y descarga se efectúa manualmente y el producto debe voltearse regularmente durante la deshidratación. No obstante, son de gran capacidad y de fácil construcción y mantenimiento.

### **1.6.6 DESHIDRATADORES NEUMÁTICOS**

En estos aparatos los alimentos, particulados o pulverizados, se deshidratan en proceso continuo en conductos metálicos verticales u horizontales. El producto a deshidratar (normalmente menos del 40% de agua) se dosifica en el conducto de deshidratación, donde se suspenden en un chorro de aire caliente. Una vez deshidratado se separa en un ciclón. En los deshidratadores verticales, el flujo de aire se ajusta adecuadamente para que las partículas se clasifiquen por tamaños.

Las más pequeñas y ligeras, que se secan más rápidamente, son arrastradas antes al ciclón de separación, que las más pesadas con mayor contenido en agua, que permanecen más tiempo suspendidas en el chorro de aire.

Este tipo de deshidratadores se utilizan para expandir la estructura de la célula de almidón de patatas o de zanahoria, con objeto de obtener una estructura rígida y porosa que mejore su deshidratación por convección y la rehidratación del producto deshidratado.

### **1.6.7 DESHIDRATADORES ROTÁTORIOS**

Estas instalaciones están constituidas por un cilindro metálico que rueda en posición ligeramente inclinada, dotado en su cara interna de una serie de repisas que en su posición inferior recogen al alimento, soltándolo en su posición superior en cascada, en un flujo de aire caliente. La rotación de este cilindro impulsa al producto a lo largo del

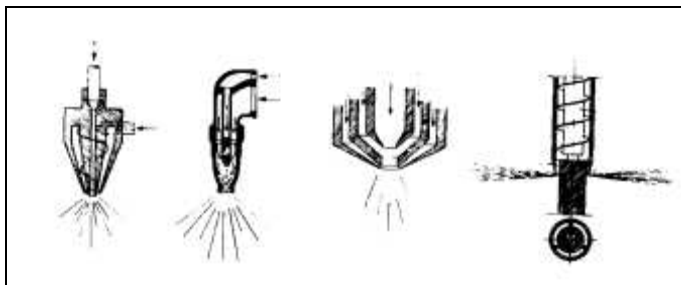
deshidratador. En estas instalaciones el flujo de aire puede ser concurrente o en contracorriente.

La agitación del alimento y la gran superficie expuesta al flujo de aire aseguran una gran velocidad de deshidratación y la obtención de un producto uniformemente deshidratado. Este sistema resulta, muy adecuado para aquellos productos que, en los deshidratadores de bandeja o de cinta, tienden a apelmazarse. Sin embargo, el deterioro mecánico provocado por la abrasión hace que este sistema solamente resulte aplicable en determinados productos por ejemplo: azúcar cristalizado y haba de cacao.

### **1.6.8 DESHIDRATADORES POR ATOMIZACIÓN**

En estas instalaciones el producto, previamente concentrado, es atomizado en forma de pequeñas gotitas (10-200 mm de diámetro) en una masa de aire caliente en movimiento (150-300°C), en el interior de una cámara de deshidratación de gran volumen. El flujo de producto a la entrada se controla de forma que la temperatura de aire a la salida sea de 90-100 °C. Esta temperatura corresponde a una temperatura de bulbo húmedo (y temperatura del producto) de 40-50 °C. Para el correcto funcionamiento del proceso es preciso que la atomización sea completa y uniforme. Existen los siguientes tipos de atomizadores:

- Atomizadores centrífugos
- Atomizadores de boquilla a presión
- Atomizador de boquilla de dos fluidos



Fuente: FELLOWS, PETER. Tecnología del procesado de los alimentos, 1993

**Fig. 1.9.8-1 Tipos de atomizadores**

### **1.6.9 DESHIDRATADORES DE CINTA SINFÍN**

En estos deshidratadores, los alimentos de tamaño uniforme por ejemplo: guisantes, rodajas de verduras se deshidratan en una cinta sinfín que rueda sobre rodillos inclinados, que le confieren la forma de una canal. Una corriente de aire es impulsada a través de la capa de alimento que el movimiento de la cinta voltea haciendo que éste presente continuamente una nueva cara al flujo de aire. Por la acción de mezclado, el alimento solamente entra en contacto directo con el chorro de aire de forma intermitente. La redistribución de la humedad en la partícula mientras ésta no se halla expuesta al flujo directo de aire, hace que la deshidratación sea más homogénea. Estos deshidratadores funcionan en dos etapas.

En la primera el alimento se deshidrata hasta un contenido en agua del 50-60% y en la segunda hasta un contenido del 15-20%.

Finalmente es sometido a una última fase de deshidratación en tolva. Las velocidades de deshidratación de los deshidratadores de canal son muy elevadas (por ejemplo: 55 minutos para verduras en rodajas, comparado con 5 horas que se tardarían en un

deshidratador de túnel), son energéticamente eficaces, se controlan perfectamente y el deterioro producido en los alimentos por el calor es mínimo. Estas instalaciones, no obstante, no son adecuadas para alimentos pegajosos.

#### **1.6.10 DESHIDRATADORES DE TÚNEL**

En estas instalaciones los alimentos se distribuyen en capas delgadas sobre bandejas apiladas en vagonetas que circulan discontinuamente, de forma programada, a lo largo de un túnel de paredes aisladas. Los alimentos deshidratados en estas instalaciones son finalmente sometidos a una deshidratación en una tolva. Una instalación típica de deshidratación en túnel es la constituida por un túnel de 20 m de longitud, que da cabida a 12-15 vagonetas con una capacidad total de 5.000 kg de producto. La posibilidad de deshidratar grandes cantidades de producto en un tiempo relativamente corto (5-16 horas) ha hecho que los túneles de deshidratación hayan recibido una gran aceptación, especialmente en los Estados Unidos. No obstante, últimamente este método ha ido siendo desplazado por los sistemas de deshidratación en cinta sinfín y los de lecho fluidificado, ya que éstos son energéticamente más eficaces, requieren menos mano de obra y proporcionan un producto de mayor calidad.

#### **1.6.11 DESHIDRATADORES DE SUPERFICIE CALIENTE**

Los deshidratadores en los que el calor es transmitido al alimento por conducción tienen, frente a los de aire caliente, dos ventajas principales que son:

Como en ellos no es preciso calentar, antes de la deshidratación, un volumen grande de aire, su eficacia térmica es elevada,

Como la deshidratación puede llevarse a cabo en ausencia de oxígeno, no existe riesgo de que algunos componentes de los alimentos se oxiden.

#### **1.6.12 DESHIDRATADORES DE TAMBOR (DE RODILLOS)**

Estos deshidratadores están constituidos por un rodillo o tambor en rotación calentado internamente hasta una temperatura de 120 – 170 °C mediante vapor a presión. Sobre su cara externa se distribuye una capa fina y uniforme del alimento a deshidratar, bien por inmersión de una zona del tambor en el alimento en cuestión, o bien distribuyendo el mismo sobre el tambor por aspersion, o mediante rodillos de alimentación auxiliares.

La deshidratación se produce antes de que el tambor complete un giro (entre 20 segundos y 3 minutos) y el alimento deshidratado es despegado de la superficie mediante una cuchilla que contacta uniformemente a lo largo del tambor. Estos deshidratadores pueden ser de tambor único, o de tambores gemelos.

Los de tambor único son los más frecuentemente empleados ya que su utilización es más flexible, emplean una mayor superficie del tambor para la deshidratación, son más accesibles para su mantenimiento y en ellos no existe el riesgo de averías provocadas por la caída de objetos entre los dos tambores.

### **1.6.13 DESHIDRATADORES A VACÍO DE BANDA SINFIN Y BANDEJAS**

En estos deshidratadores el alimento se distribuye en forma de pasta, en ocasiones por aspersión, sobre una cinta sinfín de acero, que circula en una cámara 1-70 Torr sobre dos rodillos huecos. La deshidratación del alimento se produce a su paso por el primer rodillo calentado a vapor y por serpentines calentados por vapor o calefactores radiantes situados sobre la banda sinfín. Una vez deshidratado, el alimento se enfría a su paso por el segundo rodillo, enfriado por agua y seguidamente es despegado de la superficie por una cuchilla. En los deshidratadores a vacío de bandejas, el alimento se distribuye en una capa de escaso grosor sobre bandejas metálicas que contactan perfectamente en toda su superficie con la plataforma soporte. La cámara se evacúa hasta 1-70 Torr y por el interior de las plataformas soporte (placas) se hace circular vapor o agua caliente para acelerar la deshidratación.



## **CAPITULO II**

### **2. PARTE EXPERIMENTAL**

Para la toma de datos experimentales se construyo un deshidratador prototipo que simule las condiciones del proceso de deshidratación.

Se realizaron los ensayos de laboratorio para los parámetros Microbiológicos y análisis bromatológico del la pulpa de cocona como de la pulpa deshidratada

#### **2.1. MUESTREO**

La finalidad que persigue el muestreo es el conocer la calidad de un lote de productos, para lo cual se examina una cierta cantidad de unidades del producto en cuestión de los resultados obtenido se deduce por extrapolación la calidad nutricional y/o sanitaria de un lote de producto.

##### **2.1.1 NUMERO DE MUESTRA.**

Para el número de muestras se tomaron en cuenta el 1% del total del lote lo que correspondió a cinco fundas de pulpa de cocona de 1 Kg c/u, El muestreo se realizo al azar del cuarto de congelación de la Gamboina, y se procedió a la homogenización de la materia prima, para proseguir con el proceso de deshidratación y el análisis de laboratorio

### **2.1.2 PARAMETROS DE ACEPTACION RECHAZO DE LA CALIDAD SANITARIA**

En el Ecuador no se ha establecido requisitos sanitarios para la pulpa de cocona, ni para su producto deshidratado, por lo que del análisis microbiológico realizado es este estudio podrá ser tomado como referencia, así como los valores nutricionales para el deshidratado de pulpa de cocona.

## **2.2 METODOLOGIA**

### **2.2.1 METODOS Y TECNICAS DE LABORATORIO**

Los ensayos a los que fueron sometidas los productos, pulpa de cocona y deshidratado de la pulpa de cocona fueron: Análisis microbiológico, análisis bromatológico, análisis de Vitamina C y el Potencial Hidrogeno

### **2.2.2 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO**

El análisis microbiológico realizado tanto a la pulpa de cocona como a su deshidratado fueron: Bacterias Aerobias Totales, Coniformes totales, Hongos y levaduras; el análisis microbiológico se realizo en el Laboratorio LABSU, según el método estandarizado de la AOAC.

### **2.2.3 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO**

El análisis Bromatológico comprenden los ensayos de Humedad, Cenizas, Grasa Bruta, Fibra Bruta y Proteína, realizados en el Laboratorio CESTTA y laboratorio de Nutrición Animal. de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH.

### 2.2.3.1 DETERMINACION DE HUMEDAD

FUNDAMENTO	MATERIALES Y EQUIPOS	TECNICA	CALCULOS
<p>La humedad libre de una muestra previamente preparada se expulsa por medio de aire caliente en circulación a una temperatura de 100 - 105 °C.</p>	<p>Cápsula aluminio. Estufa. Balanza analítica. Desecador. Pinza. Espátula</p>	<p>Colocar la cápsula vacía en una estufa a una temperatura de 100 – 105 C, hasta peso constante. Se pesan exactamente 2 gramos de la muestra en la cápsula. Se coloca la cápsula con la muestra en la estufa a 100 - 105 C, durante 4 horas. Transcurrido el tiempo se deja enfriar en un desecador, durante una hora y se determina el peso. Se pesa la cápsula enfriada y se determina la pérdida por desecación. Se recomienda hacer el análisis mínimo por triplicado.</p>	$\% H = \left( \frac{M_2 - M_1}{M_2} \right) * 100$ <p><b>Ec: 2.2.3.1-1</b> Donde: M<sub>2</sub> = Peso de muestra húmeda. M<sub>1</sub> = Peso muestra seca.</p>

### 2.2.3.2 DETERMINACIÓN DE CENIZAS

FUNDAMENTO	MATERIALES Y EQUIPOS	TECNICA	CALCULOS
La determinación de ceniza es de suma importancia ya que en ella se caracteriza la presencia de macro y micro elementos importantes en la alimentación.	Balanza analítica. Crisoles de porcelana con tapa Desecador. Pinzas. Espátula Mufla	Colocar el crisol en la mufla, durante 2 horas, enfriar y luego colocar en el desecador y pesar. Repetir esta operación hasta que el crisol tenga un peso constante Pesar dos gramos de muestra en los crisoles. Carbonizar la muestra en una plancha precalcinadora. Introducir los crisoles en una mufla a 550 °C, durante 4 horas. Retirar los crisoles de la mufla, colocar en un desecador hasta que alcance temperatura ambiente. Pesar Se recomienda hacer el análisis mínimo por triplicado.	Se expresan en porcentaje, y se deduce según la fórmula siguiente: $\% C = \left( \frac{P_3 - P_1}{P_2 - P_1} \right) * 100$ <b>Ec: 2.2.3.2-1</b> Donde: P <sub>3</sub> = Peso del crisol con la ceniza. P <sub>2</sub> = Peso del crisol con la muestra. P <sub>1</sub> = Peso del crisol solo.

### 2.2.3.3 DETERMINACIÓN DE GRASA

FUNDAMENTO	MATERIALES Y EQUIPOS	TECNICA	CALCULOS
Determinación gravimétrica de grasa bruta después de una extracción con éter en destilador Soxhlet	<p>Extractor Soxhlet Balón refrigerador mangueras; Trípode con pinzas; Mechero Bunsen o placa de calentamiento; Papel filtro; papel indicador para pH; Horno secador Balanza.</p>	<p>Preparación de muestras y filtros Muestras y filtros tienen que presecarse a 105°C durante 24 horas; guardar en el desecador después.</p> <p>Pesar 1-2 g de muestra seca y molida sobre papel de filtro seco, doblar el filtro y cerrar con una grapa.</p> <p>Extracción de grasa Colocar la muestra en el extractor; Colocar un balón con aprox. 150 ml de éter (<sup>2</sup>/<sub>3</sub> lleno), el refrigerador y la conexión de agua al extractor. Extraer por 4 horas Pasar la muestra a una cápsula de cerámica y dejar por 6 horas en la campana química; luego secar la muestra Determinación de grasa Pesar la muestra seca en la balanza y apuntar el peso exacto. Se recomienda hacer el análisis mínimo por triplicado.</p>	<p>Se expresan en porcentaje, y se deduce según la fórmula siguiente: Grasa bruta</p> $GB [\%] = \frac{P_{muestra@5C} - (P_{muestra\ desgrsda} + P_{filtro} + P_{grapas})}{P_{muestra@5C}} \times 100$ <p>Ec: 2.2.3.3 -1</p> <p>Donde: desgrsda...desengrasada grpas.....peso de dos grapas GB.....grasa bruta</p>

### 2.2.3.4 DETERMINACIÓN DE FIBRA

FUNDAMENTO	MATERIALES Y EQUIPOS	TECNICA	CALCULOS
Determinación gravimétrica de fibra bruta después de un lavado con ácido y base.	<p>Trípode con pinzas;</p> <p>Papel filtro; papel indicador para pH</p> <p>Varilla agitación</p> <p>Embudos de vidrio</p> <p>Vasos precipitación</p> <p>Horno secador</p> <p>Balanza.</p>	<p>Pasar la muestra desengrasada y seca a un vaso de precipitación de 600 ml.</p> <p>Agregar aprox. 200 ml de ácido sulfúrico (1,25%).</p> <p>Calentar y dejar hervir por 30 minutos.</p> <p>Dejar que se enfríe la muestra y filtrar.</p> <p>Lavar la muestra repetidamente con a.d. hasta que el pH del filtrado esté &gt;5.</p> <p>Pasar la muestra desde el filtro a otro vaso de precipitación.</p> <p>Agregar 200 ml de NaOH (1,25%).</p> <p>Calentar y dejar hervir por 30 minutos y enfrie</p> <p>Filtrar por papel filtro seco a 105°C y pesado.</p> <p>Lavar la muestra repetidamente con a.d. hasta que el pH del filtrado esté &lt;9.</p> <p>Secar la muestra con el filtro al aire, cerrar el filtro con dos grapas y secar a 105°C</p> <p>Después de enfriar, pesar la muestra con el filtro.</p>	<p>Se expresan en porcentaje, y se deduce según la fórmula siguiente:</p> <p>Fibra bruta</p> <p>FB [%] =</p> $\frac{P_{muestra\ desengrasada\ incl.\ filtro} - (P_{filtro} + P_{grapas})}{P_{muestra\ desgrda}} \times (100 - \%GB - \%Cen)$ <p><b>Ec: 2.2.3.4-1</b></p> <p>Donde:</p> <p>desgrda...desengrasada</p> <p>grpas.....peso de dos grapas</p> <p>GB.....grasa bruta</p> <p>FB.....fibra bruta</p> <p>Cen.....ceniza (en %)</p>

### 2.2.3.5 DETERMINACIÓN DE PROTEINA

FUNDAMENTO	MATERIALES Y EQUIPOS	Y	TECNICA	CALCULOS
<p>Digestión de la materia orgánica con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado en presencia de un catalizador, el nitrógeno contenido en la materia orgánica se transforma a amonio (NH<sub>4</sub>). Luego se destila el amonio, se recupera en ácido bórico y se determina mediante titulación con HCl en presencia de un indicador (punto final en el cambio de color):</p> <p>Destilación:  <math>NaOH + NH_4^+ \rightarrow NH_3 + Na^+ + H_2O</math></p> <p>Recuperación:  <math>NH_3 + H_3BO_3 \rightarrow NH_4^+ + H_2BO_3^-</math></p> <p>Titulación (HCl):  <math>H^+ + H_2BO_3^- \rightarrow H_3BO_3</math></p>	<p>Materiales y equipos  Destilador Kjeldahl  Digestor  Probeta  Pipeta volumétrica  Balanza analítica  Tubos de digestión y destilación</p> <p>Reactivos  Acido sulfúrico  Mezcla reactiva de selenio  NaOH (33%):  Acido bórico (2%):  10 ml de indicador mixto #5  HCl 0,1  Sodio lauril sulfato 10%</p>		<p>Pesar 1 g de muestra en los tubos de digestión. Incluir dos blancos.  Añadir a las muestras pesadas en los tubos: 10 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> conc. y una puntita de mezcla reactiva de selenio</p> <p>Colocar los tubos en el bloque de digestión, por 4 h, a 375 C  Destilación:  Traspasar el contenido del tubo de digestión a un tubo NaOH  Recoger el destilado en 10 ml de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> en un balón de titulación.</p> <p>Titulación:  Titular muestras y blanco con HCl hasta el cambio de color del indicador (verde → rosado):  Muestras de plantas y balanceados: HCl 0,1 N</p>	<p>Se expresan en porcentaje, y se deduce según la fórmula siguiente:</p> $\% \text{ proteína} = \frac{(ml \text{ HCl}_{\text{muestra}} - ml \text{ HCl}_{\text{blanco}}) \times 0,875}{g_{\text{muestra}}}$ <p><b>Ec: 2.2.3.5 -1</b></p>



### 2.2.3.6 DETERMINACIÓN DE pH

FUNDAMENTO	MATERIALES Y EQUIPOS	TECNICA	CALCULOS
<p>El pH describe la actividad de iones <math>H^+</math>. Es el logaritmo negativo de la cantidad de iones <math>H^+</math>:  <math>pH = -\log [H^+]</math></p> <p>La determinación del pH en el laboratorio se realiza a través de un método electroquímico, aplicando un pH-metro con electrodo combinado y compensación de temperatura</p>	<p><b>pH-metro</b> con electrodo de vidrio combinado</p> <p>Balanza, vasos, varitas de vidrio</p> <p>Tampones estándares de pH 4 y pH 7 para la calibración.</p> <p>Agua destilada</p> <p>Potasio cloruro 1N KCl</p>	<p>Adicionar 20 g de muestra a 50 ml de a./d. agitar</p> <p>Someter el electrodo a la muestra y esperar hasta que la lectura se estabilice.</p> <p>Entre las determinaciones de diferentes muestras hay que enjuagar el electrodo con a./d. y quitar la gota de agua en la punta del electrodo con papel absorbente.</p> <p>Se recomienda hacer el análisis mínimo por triplicado.</p>	<p>Se anotan las lecturas en el libro de trabajo.</p>

### 2.2.3.7 DETERMINACIÓN ACIDO ASCORBICO Vitamina C

FUNDAMENTO	MATERIALES Y EQUIPOS	TECNICA	CALCULOS
<p>La muestra se diluye con ácido metafosfórico para inactivar la oxidasa ascórbica y la vitamina C se determina por su acción reductora sobre el colorante 2,6-diclorofenolindofenol.</p> <p>La adición de acetona evita la interferencia del dióxido de azufre, debido a la formación del complejo acetona-bisulfito.</p>	<p>Pipeta</p> <p>Matraz aforado de 100ml.</p> <p>Probeta</p> <p>Matraz aforado de 250</p> <p>Matraz de erlenmeyer</p> <p>REACTIVOS</p> <p>Disolución de ácido metafosfórico al 20 %</p> <p>Disolución patrón de ácido ascórbico(0,0500g de ácido ascórbico puro en 60 ml de ácido metafosfórico al 20 % diluir con agua hasta 250 ml.)</p> <p>1ml. de disl. = 0,2 mg</p> <p>Disolución del colorante indofenol</p>	<p>Pipetear 50 ml de jugo de fruta (o 10 ml o 10 g de jugo concentrado) en un matraz aforado de 100 ml.</p> <p>Añadir 25 ml de ácido metafosfórico al 20 % y enrase con agua</p> <p>Se mezcla y se pipetea 10 ml de la disolución en un erlenmeyer y se añade 2,5 ml de acetona y se valora con la disolución de colorante de indofenol hasta un suave color rosa persistente durante 15 segundos.</p>	<p>Se calcula el contenido de vitamina C de la muestra como mg/g, indicando si es necesaria la densidad del material original.</p>

## **2.3 DATOS EXPERIMENTALES**

### **2.3.1 DIANOSTICO**

La producción de pulpa de cocona en la agroindustria la Gamboina corresponde a 10000 Kg /año siendo los meses (febrero-mayo y agosto-octubre) los de mayor producción; de la producción total el 20% es destinado para la elaboración de mermeladas, 15% a jugos, 50% como pulpa congelada y el 15% para pulpa deshidratada, correspondiendo este último a 6,50 Kg/día de producción de deshidratado de pulpa. El equipo diseñado deberá cubrir esta demanda.

#### **2.3.1.1 ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL EQUIPO**

Dentro de las especificaciones técnicas se tomo en cuenta ciertos parámetros que sirven como modelo para realizar el diseño del deshidratador:

- El deshidratador se debe trabajar de manera automática.
- Debe proporcionar un flujo adecuado de aire caliente para remover la mayor cantidad de humedad.
- Debe tener un sistema automático para el control de la temperatura
- La superficie interna debe ser lisa.
- El diseño debe ser versátil en cuanto al funcionamiento, limpieza y mantenimiento.
- Debe tener un sistema automático de encendido del quemador.

### **2.3.1.2 DISEÑO Y CONSTRUCCION**

El diseño y fabricación del deshidratador es una labor muy complicada ya que se debe conocer los diferentes códigos de los materiales y las propiedades de los mismos.

### **2.3.1.3 CONDICIONES GENERALES DEL EQUIPO.**

El proceso es tipo Bach.

La fuente de calor es por combustión de gas GLP.

Control automático de temperatura

Encendido y control automático de llama

La capacidad de deshidratación del equipo abarcara 6,5 kg/día de pulpa de cocona.

Tiempo de proceso será menor o igual a 8 horas.

Flujo de aire caliente continuo

Chimenea de desfogue de vapor y aire húmedo

### **2.3.2 DATOS**

Las pruebas de ensayo se realizaron en las instalaciones de la planta Agroindustrial GAMBOINA ubicada en la Provincia de Orellana; para la toma de datos se construyo un deshidratador casero que simulen las condiciones de un deshidratador, los datos tomados nos permitieron determinar las condiciones iniciales y las variables de proceso para poder establecer las condiciones de diseño del deshidratador de bandejas a gas.

Para construir las curvas de secado los datos tabulados tiempo y la masa del alimento húmedo obtenidos experimentalmente se transforman en datos de tiempo y humedad.

Para esto se utiliza la ecuación siguiente.

$$X_{bs} = \frac{M_t - M_{ss}}{M_{ss}}$$

**Ec: 1.3.2-1**

Donde:

$X_{bs}$  = Humedad base seca

$M_t$  = masa del alimento húmedo para cada tiempo

$M_{ss}$  = masa del sólido seco

Los resultados obtenidos se presentan detalladamente en la siguiente tabla.

**Tabla. 2.3.2-1.**

Resultados de Pruebas de secado de pulpa de Cocona a 70 C

<b>Nº Pesaje</b>	<b>Tiempo de secado <math>\theta</math>(horas)</b>	<b>Peso de la pulpa cocona (Kg)</b>
1	0,00	0,1000
2	0,17	0,0954
3	0,33	0,0900
4	0,50	0,0852
5	0,67	0,0803
6	0,83	0,0757
7	1,00	0,0712
8	1,17	0,0669
9	1,33	0,0626
10	1,50	0,0585
11	1,67	0,0539
12	1,83	0,0495
13	2,00	0,0453
14	2,17	0,0413
15	2,33	0,0378
16	2,50	0,0345
17	2,67	0,0314
18	2,83	0,0286
19	3,00	0,0261
20	3,17	0,0238
21	3,33	0,0218
22	3,50	0,0200
23	3,67	0,0183
24	3,83	0,0170
25	4,00	0,0157

Elaborado Por: Meléndez y Heredia 2008

## 2.4 DATOS ADICIONALES

**Tabla. 2.4-1.**

Datos de pulpa de Cocona

Densidad pulpa	1,0280	Kg/l
peso constante 105 C	0,0100	Kg
Humedad pulpa	90,0000	%
Agua en la pulpa	0,0900	Kg
Densidad aire 28 C	1,1724	Kg/m <sup>3</sup>

### **3. LINEA DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 CALCULOS**

##### **3.1.1 CALCULO DE HUMEDAD X**

Para el cálculo de la Humedad X se utilizó la ecuación 1.3.2-1, de la página 12

$$X_{bs} = \frac{0,1000 - 0,0100}{0,0100}$$

$$X_{bs} = 9,000 \text{Kg} / \text{Kg}$$

##### **3.1.2 CALCULO DE HUEMEDAD MEDIA**

El cálculo de la Humedad X se realizo con la ecuación

$$\bar{X} = \frac{X + X_2}{2}$$

$$\bar{X} = \frac{9,000 + 8,538}{2}$$

$$\bar{X} = 8,769$$

##### **3.1.3 CALCULO DE VELOCIDAD DE SECADO**

El cálculo de la velocidad de secado se realizo según la ecuación 1.3.4-1 de la pagina 22.

$$W = \frac{S}{A} \left( \frac{\Delta X}{\Delta \theta} \right)$$



$$W = \frac{0,010}{0,0241} \left( \frac{9,000 - 8,538}{0,17} \right)$$

$$W = 1,1525 \frac{Kg}{m^2 h}$$

### 3.1.4 CALCULO DE 1/W

$$\frac{1}{W} = \frac{1}{1,1525}$$

$$\frac{1}{W} = 0,8677 \frac{m^2 h}{Kg}$$

### 3.1.5 CALCULO DEL ESPESOR DE PULPA

Partimos de cálculo del volumen de un cilindro

$$V = \frac{m}{\rho}$$

**Ec: 3.1.5-1**

$$V = \frac{0,100 Kg}{1028 \frac{Kg}{m^3}}$$

$$V = 0,000097 m^3$$

$$V = \pi(r)^2 Z$$

### ALTURA DE LA PULPA

$$Z = \frac{V}{\pi(r)^2}$$

**Ec: 3.1.5-2**

$$Z = \frac{0,000097m^3}{\pi(0,0875)^2}$$

$$Z = \frac{0,000097m^3}{\pi(0,0875)^2}$$

$$Z = 0,004m$$

## 3.2 RESULTADOS

**Tabla. 3.1-1**

Resultados de Pruebas de secado de pulpa de Cocona a 70 C

<b>Humedad (X)</b>
9,000
8,538
8,002
7,522
7,032
6,572
6,122
5,690
5,264
4,850
4,388
3,946
3,528
3,134
2,778
2,452
2,144
1,864
1,606
1,378
1,182
1,002
0,832
0,698
0,572

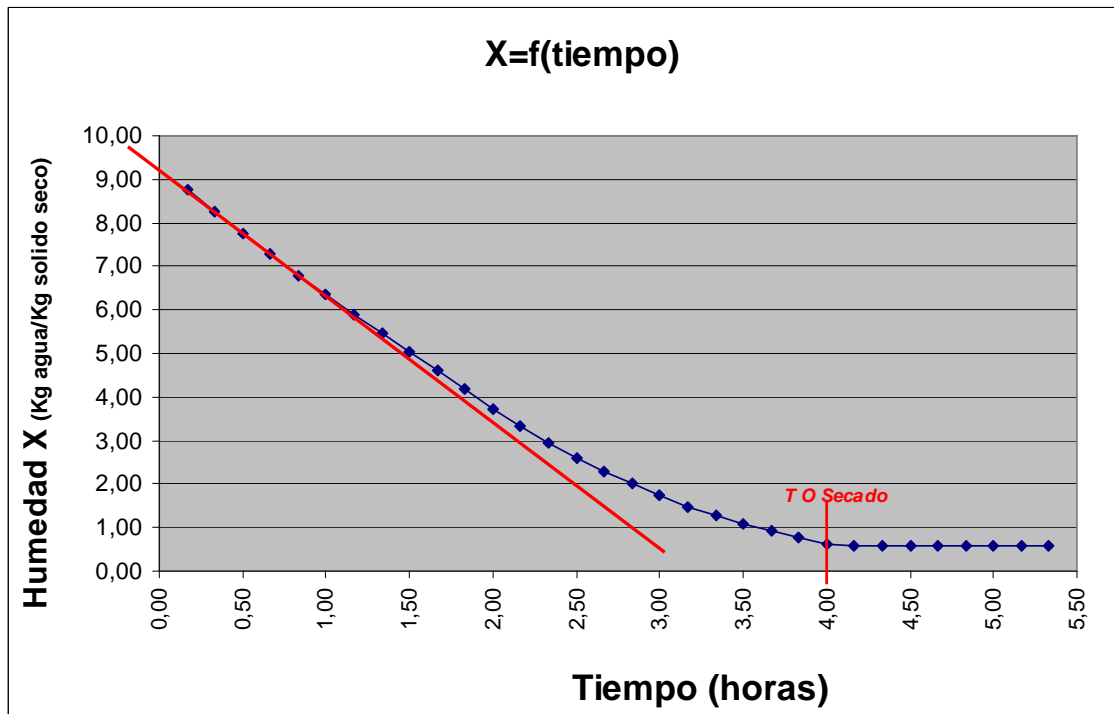
Elaborado Por: Meléndez y Heredia 2008

**Tabla. 3.1-2.**

**Datos para graficar la humedad en función del tiempo a 70 C**

<b>Tiempo de secado <math>\theta</math> (h)</b>	<b>Humedad (X)</b>
0,00	9,000
0,17	8,538
0,33	8,002
0,50	7,522
0,67	7,032
0,83	6,572
1,00	6,122
1,17	5,690
1,33	5,264
1,50	4,850
1,67	4,388
1,83	3,946
2,00	3,528
2,17	3,134
2,33	2,778
2,50	2,452
2,67	2,144
2,83	1,864
3,00	1,606
3,17	1,378
3,33	1,182
3,50	1,002
3,67	0,832
3,83	0,698
4,00	0,572
4,17	0,570
4,33	0,570
4,50	0,570
4,67	0,570
4,83	0,570
5,00	0,570
5,17	0,570
5,33	0,570

Elaborado Por: Meléndez y Heredia 2008



Elaborado Por: Meléndez y Heredia 2008

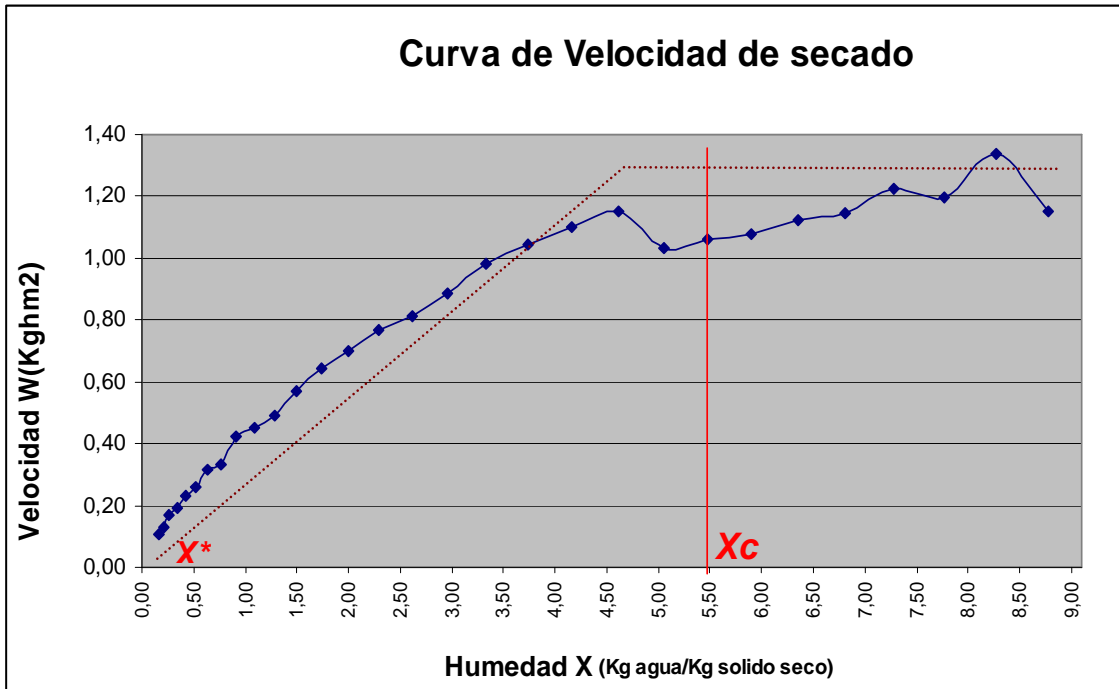
Gráfico. 3.1-1. Curva de la Humedad libre de la cocona en función del tiempo.

**Tabla. 3.1-3.**

**Datos para graficar la Curva de la Velocidad de secado**

<b>Humedad (X media)</b>	<b>Velocidad de secado W (Kg/hm<sup>2</sup>)</b>
8,769	1,1525
8,270	1,3371
7,762	1,1974
7,277	1,2223
6,802	1,1475
6,347	1,1225
5,906	1,0776
5,477	1,0627
5,057	1,0327
4,619	1,1525
4,167	1,1026
3,737	1,0427
3,331	0,9828
2,956	0,8880
2,615	0,8132
2,298	0,7683
2,004	0,6985
1,735	0,6436
1,492	0,5687
1,280	0,4889
1,092	0,4490
0,917	0,4241
0,765	0,3343
0,635	0,3143

**Elaborado Por: Meléndez y Heredia 2008**



Elaborado Por: Meléndez y Heredia 2008

Gráfico 2.3.2-2 Curva de Velocidad de Secado en función del contenido de humedad libre

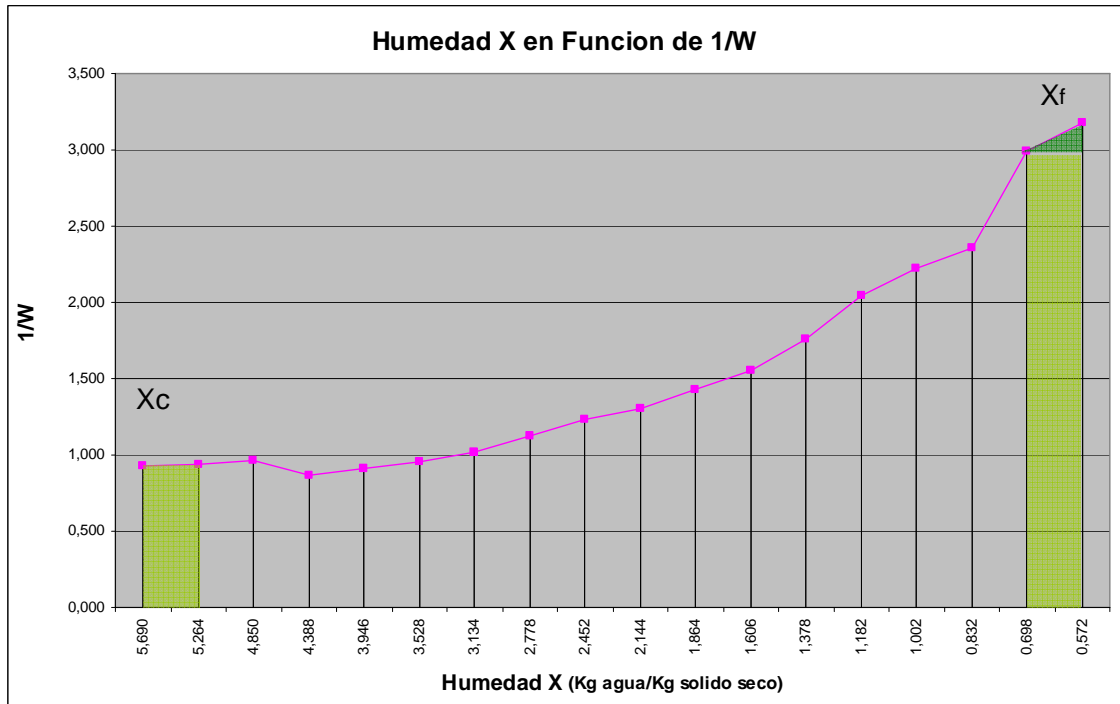
**TABLA 2.3.2-4**

**Datos para graficar la Humedad (X) en función de 1/W**

<b>Humedad (X)</b>	<b>1/w</b>
5,690	0,928
5,264	0,941
4,850	0,968
4,388	0,868
3,946	0,907
3,528	0,959
3,134	1,017
2,778	1,126
2,452	1,230
2,144	1,302
1,864	1,432
1,606	1,554
1,378	1,758
1,182	2,045
1,002	2,227
0,832	2,358
0,698	2,992
0,572	3,182

**Elaborado Por: Meléndez y Heredia 2008**





Elaborado Por: Meléndez y Heredia 2008

Gráfico2.3.2-3 Curva de Humedad (X) en función de 1/W

### 3.2.1 VARIABLES DE PROCESO

Una vez determinadas las curvas de velocidad de Secado, se podrá determinar el periodo de velocidad de secado constante y otro de velocidad de secado decreciente.

#### 3.2.1.1 VELOCIDAD ANTICRITICO O CONSTANTE

$$W_c = \frac{S}{A} \left( - \frac{\Delta X}{\Delta \theta} \right) \quad \text{Ec: 1.3.4-1}$$

$$W_c = \frac{S}{A} \left( - \frac{X_i - X_c}{\Delta \theta} \right) \quad \text{Ec: 1.3.6-2}$$

Donde:

$W_c$  = Velocidad de secado constante.

$A$  = Superficie expuesta al secado

$S$  = Sólido Seco

$\Delta X$  = Variación de la humedad en base seca.

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

Datos:

$$S = 0,100 \text{ Kg}$$

$$A = 0,0241 \text{ m}^2$$

$$X_i = 8,538 \text{ Kg/Kg}$$

$$X_c = 6,122 \text{ Kg/Kg}$$

$$t_1 = 0,17 \text{ h}$$

$$t_2 = 1 \text{ h}$$

$$W_c = \frac{0,010}{0,0241} \left( - \frac{8,538 - 6,122}{1 - 0,17} \right)$$

$$W_c = 0,04149(2,9108)$$

$$W_c = 1,208 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2 \text{ h}}$$

### 3.2.1.1.2 TIEMPO ANTICRITICO.

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

Ec: 1.3.5.3.1-1

Donde:

$\theta_a$  = Tiempo Anticrítico

$W_c$  = Velocidad de secado Constante

S = Sólido Seco

A = Superficie expuesta al secado

$X_i$  = Humedad inicial

$X_c$  = Humedad Crítica

Datos:

$$S = 0,0100 \text{ Kg}$$

$$A = 0,0241 \text{ m}^2$$

$$X_i = 8,538 \text{ Kg/Kg}$$

$$X_c = 6,122 \text{ Kg/Kg}$$

$$W_c = 1,208 \frac{Kg}{m^2 h}$$

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

$$\theta_a = \frac{0,0100}{0,0241} \left( \frac{8,38 - 6,122}{1,208} \right)$$

$$\theta_a = 0,4149(2,000)$$

$$\theta_a = 0,83 h$$

### 3.2.1.1.3 VELOCIDAD POSCRITICO O DECRECIENTE

$$W_D = \frac{S}{A} \left( \frac{\Delta X}{\Delta \theta} \right)$$

Ec: 1.3.4-1

$$W_D = \frac{S}{A} \left( \frac{X_i - X_d}{\Delta \theta} \right)$$

Ec: 1.3.6-1

$$W_D = \frac{S}{A} \left( \frac{X_i - X_c}{\Delta \theta} \right)$$

Donde:

$W_D$  = Velocidad de secado decreciente

A = Superficie expuesta al secado

S = Sólido Seco

$\Delta X$  = Variación de la humedad en base seca.

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

Datos:

$$S = 0,010 Kg$$

$$A = 0,0241 \text{ m}^2$$

$$X_i = 5,90 \text{ Kg}$$

$$X_d = 0,572 \text{ Kg/Kg}$$

$$t_1 = 4 \text{ h}$$

$$t_2 = 1 \text{ h}$$

$$W_D = \frac{0,010}{0,0241} \left( \frac{5,690 - 0,572}{4 - 1} \right)$$

$$W_D = 0,4149(1,706)$$

$$W_D = 0,708 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2 \text{ h}}$$

#### 3.2.1.1.4 VELOCIDAD PROMEDIO

$$\bar{W} = \frac{W_c + W_D}{2}$$

Ec: 2.3.1.4-1

Donde:

$\bar{W}$  = Velocidad promedio

$W_c$  = Velocidad de secado Constante

$W_D$  = Velocidad de secado decreciente

$$\bar{W} = \frac{1,208 + 0,708}{2}$$

$$\bar{W} = 0,958 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2 \text{ h}}$$

#### 3.2.1.1.5 TIEMPO DE SECADO POSCRÍTICO (MÉTODO GRÁFICO)

$$\theta = \frac{S}{A} \int_{X_2}^{X_1} \frac{dX}{W}$$

Ec: 1.3.5-1

Determinación de áreas para encontrar el área bajo la curva, en base al gráfico 2.2-3 Curva de Humedad (X) en función de 1/W

Área del triángulo

$$A = \frac{b \times h}{2}$$

$$A_{T1} = \frac{0,426 \times 0,01}{2}$$

$$A_{T1} = 0,003$$

Área del rectángulo

$$A = b \times h$$

$$A_{R1} = 0,426 \times 0,928$$

$$A_{R1} = 0,395$$

**Área Total**

$$A_T = \sum nA$$

$$A_T = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + \dots + A_{16}$$

$$A_T = (0,003 + 0,006 + 0,023 + 0,009 + 0,011 + 0,0120 + 0,019 + 0,017 + 0,011 + 0,18 + 0,016 + 0,023 + 0,028 + 0,016 + 0,011 + 0,042 + 0,012) + (0,395 + 0,390 + 0,447 + 0,0384 + 0,379 + 0,378 + 0,362 + 0,367 + 0,379 + 0,364 + 0,369 + 0,354 + 0,345 + 0,368 + 0,379 + 0,316 + 0,377)$$

$$A_T = 6,631 \frac{m^2 h}{Kg}$$

$$\theta_p = \frac{S}{A} \int_{x_f}^{x_c} \frac{dX}{W}$$

$$\theta_p = \frac{S}{A} (A_T)$$

$$\theta_p = \frac{0,010}{0,0241} (6,631)$$

$$\theta_p = 0,4149 \times (6,631)$$

$$\theta_p = 2,75 \text{ horas}$$

### 3.2.1.1.6 TIEMPO TOTAL

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

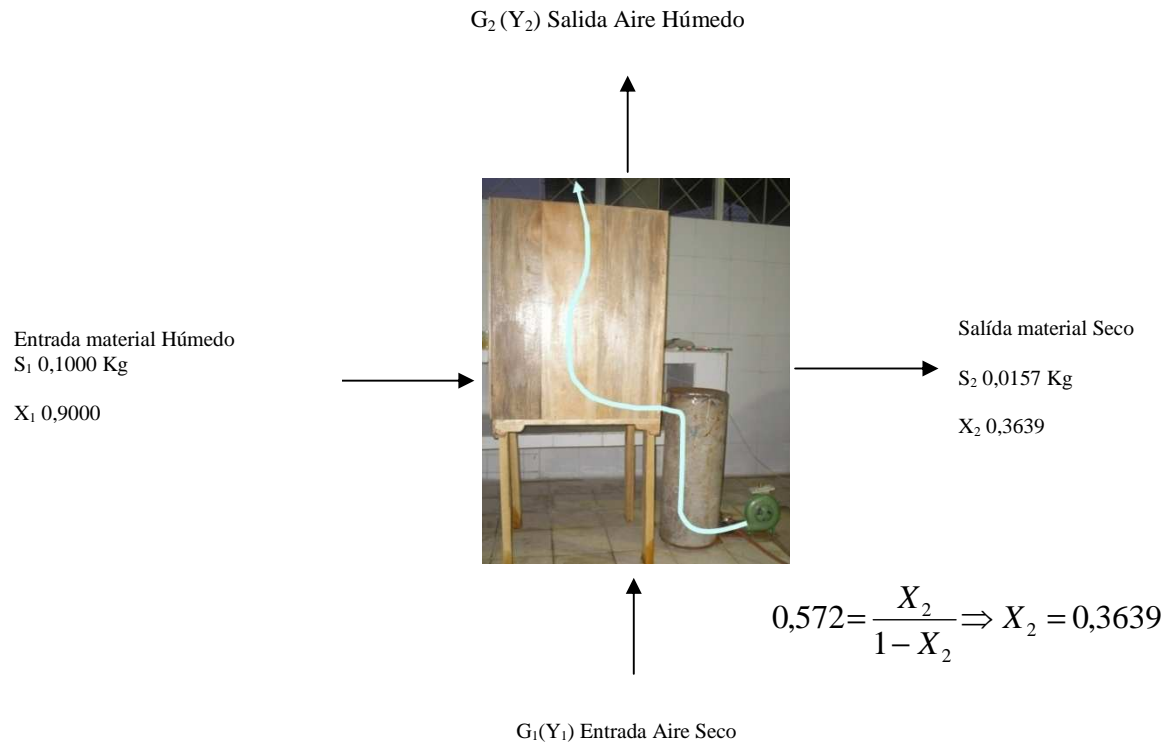
**Ec: 3.2.1.1.6-1**

$$\theta_T = 0,83 + 2,75$$

$$\theta_T = 3,58 \text{ h}$$

## 3.2.2 BALANCE DE MASA Y ENERGIA

### 3.2.2.1 BALANCE DE MASA



#### 3.2.2.1.1 ECUACIÓN GENERAL

$$S_1 + G_1 = S_2 + G_2$$

**Ec: 3.2.2.1.1-1**

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

**Ec: 3.2.2.1.1-2**

$$0,1000 + G_1 = 0,0157 + G_2$$

$$(0,1000 - 0,0157) \text{Kg} + G_1 = G_2$$

$$0,0843 \text{Kg} + G_1 = G_2$$

**Ec: 3.2.2.1.1-3**

$$\text{Agua evaporada} = S_1 - S_2$$



$$\text{Agua evaporada} = 0,1000\text{Kg.} - 0,0157\text{Kg.}$$

$$\text{Agua evaporada} = 0,0843\text{ Kg.}$$

### 3.2.2.1.2 A PARTIR DE LAS FRACCIONES DE HUMEDAD

$$(0,1000 \times 0,9000) + (G_1 Y_1) = (0,0157 \times 0,3639) + (G_2 Y_2)$$

Los cálculos de  $Y_1$  y  $Y_2$ , se realizaron con las formulas.

$$pv = (0,5(tbs - tbs)) + Pw \quad \text{Ec: 3.2.2.1.2 -1}$$

$$Y = 0,62 \frac{pv}{P - pv} \quad \text{Ec: 3.2.2.1.2-2}$$

Donde:

tbs = Temperatura bulbo seco

tbh= Temperatura bulbo Húmedo

pv= Presión de vapor

Pw= Presión de vapor de agua

P= Presión atmosférica

Todas las presiones se trabajan en unidades de mm Hg, y al tratarse de ecuaciones con restricción, los resultados se expresan en Kg/Kg.

Las presiones de vapor de agua para las temperaturas de bulbo Húmedo son tomadas de tablas (Vea ANEXO IX)

$T_{BS}$  28 C

$T_{BH}$  26 C

$P_{(Orellana)} = 729,20 \text{ mmHg}$

$$Pw (T_{26C}) = 25,209$$

$$pv = (0,5(28,0 - 26,0)) + 25,209$$

$$pv = 26,209$$

$$Y_1 = 0,62 \frac{26,209}{729,20 - 26,209}$$

$$Y_1 = 0,0231$$

$$T_{BS} \quad 70,0 \text{ C}$$

$$T_{BH} \quad 45,5 \text{ C}$$

$$Pw (T_{45,4C}) = 73,74$$

$$pv = (0,5(70,0 - 45,5)) + 73,74$$

$$pv = 85,99$$

$$Y_2 = 0,62 \frac{85,99}{729,20 - 85,99}$$

$$Y_2 = 0,0829$$

$$0,0900 + (G_1 \times 0,0231) = 0,0057 + (G_2 \times 0,0829)$$

**Ec: 3.2.2.1.2-3**

$$0,0843Kg + G_1 = G_2$$

**Ec: 3.2.2.1.2-4**

Remplazamos la Ec: **3.2.2.1.2-3**, en la Ecuación Ec.: **3.2.2.1.1-3**

$$0,0900 + (G_1 \times 0,0231) = 0,0057 + (0,0843 + G_1)(0,0829)$$

$$0,0843 + (G_1 \times 0,0231) = 0,0070 + (G_1 \times 0,0829)$$

$$0,0843 - 0,0070 = (G_1 \times 0,0321) + (G_1 \times 0,0829)$$

$$0,0773 = G_1 (0,0598)$$

$$G_1 = 1,2926 \text{ Kg}$$

Remplazamos en la Ec: **3.2.2.1.2-4**

$$G_2 = G_1 + 0,0843 \text{ Kg}$$

$$G_2 = (0,0843 + 1,2926) \text{ Kg}$$

$$G_2 = 1,3769 \text{ Kg}$$

Del balance se obtiene que **1,2926 Kg** de aire es necesario para evaporar **0,0843 Kg** de agua.

### **3.2.2.2 BALANCE DE ENERGIA**

#### **3.2.2.2.1 CÁLCULO DEL CALOR SENSIBLE**

$$H_{\text{agua}} (28 \text{ C}) = 28,00 \text{ Kcal/Kg}$$

$$H_{\text{agua humeda}} (98,98 \text{ C}) = 99,01 \text{ Kcal/Kg ver (ANEXO V)}$$

$$C_S = H_{\text{ag.sat}} (98,98\text{C}) - H_{\text{agua}} (28\text{C})$$

**Ec: 3.2.2.2.1-1**

$$C_S = (99,01 - 28,00) \text{ Kcal / Kg}$$

$$C_S = 71,08 \text{ Kcal / Kg}$$

#### **3.2.2.2.2 CÁLCULO DEL CALOR LATENTE**

$$H_{\text{vapor saturado}} (98,98 \text{ C}) = 638,5 \text{ Kcal/Kg}$$

$$C_L = H_{\text{vap.sat}} (98,98\text{C}) - H_{\text{ag.sat}} (98,98\text{C})$$

**Ec: 3.2.2.2.2-1**

$$C_L = (638,50 - 99,01)$$

$$C_L = 539,49 \text{ Kcal / Kg}$$

### 3.2.2.2.3 CÁLCULO DEL CALOR SUMINISTRADO PARA LLEVAR DE 28 -70 C.

$$q = C_s + C_L$$

**Ec: 3.2.2.2.3-1**

$$q = (71,08 + 539,49) \text{ Kcal/Kg}$$

$$q = 610,57 \text{ Kcal/Kg}$$

Transformando a Kcal tenemos

$$610,57 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}} \times 0,1000 \text{ Kg} = 61,06 \text{ Kcal}$$

### 3.2.2.2.4 CÁLCULO CANTIDAD DE CALOR NECESARIO PARA LLEVAR DESDE 28 - 70 C.

$$Q = mC_p \Delta T$$

Ec: 3.2.2.2.4-1

Calor específico del sólido  $C_{ps} = 0,88 \text{ Kcal} / \text{Kg C}$

Masa de agua eliminada  $m_{H_2O} = 0,0843 \text{ Kg}$

Variación de temperatura  $\Delta T = (70 - 28)C = 42C$

$$Q = mC_p \Delta T$$

$$Q = 0,0843 \text{ Kg} \times 0,88 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg C}} \times 42C$$

$$Q = 3,12 \text{ Kcal}$$

#### 3.2.2.2.4.1 CÁLCULO TOTAL PARA CALENTAR EL SISTEMA.

$$Q_T = q_{\text{vapor su min istrado}} + Q_{\text{sistema}}$$

Ec: 3.2.2.2.4.1-1

$$Q_T = (61,06 + 3,12) \text{ Kcal.}$$

$$Q_T = 64,18 \text{ Kcal.}$$

### 3.2.3 CANTIDAD DE AIRE QUE DEBE PROPORCIONAR EL VENTILADOR

$$\delta_{a.s} (28 C) = 1,1724 \text{ Kg/m}^3$$

$$\delta_{a.s} = \frac{m_{aireseco}}{V_{aire}} \quad \text{Ec:3.2.3-1}$$

$$V_{aire} = \frac{m_{aireseco}}{\delta_{a.s}} \quad \text{Ec: 3.2.3-2}$$

$$V_{aire} = \frac{1,2926 \text{ Kg } m^3}{1,1724 \text{ Kg}}$$

$$V_{aire} = 1,1025 m^3$$

### 3.2.3.1 CAUDAL DE AIRE

$$Q_{aire} = \frac{V_{aire}}{t} \quad \text{Ec: 3.2.3.1-1}$$

$$Q_{aire} = \frac{1,1025 m^3}{4 h}$$

$$Q_{aire} = 0,2756 m^3/h$$

### 3.2.4 CALCULO DEL TAMAÑO Y NÚMERO DE BANDEJAS

Para este cálculo partimos de la capacidad del equipo 4 Kg de pulpa por Bach.

Datos:

Diámetro del plato (D) = 0,175m

Densidad de la cocona ( $\rho$ ) = 1,028 Kg/m<sup>3</sup>

Capacidad del secador de bandejas (L) = 4 kg

### 3.2.4.1 AREA DEL PLATO

$$A = \pi \left( \frac{D}{2} \right)^2$$

Ec: 3.2.4.1-1

$$A = \pi \left( \frac{0,175m}{2} \right)^2$$

$$A = 0,0241m^2$$

### 3.2.4.2 PLATOS POR BANDEJA

$$\text{Numeroplatos} = \left( \frac{\text{Largobandeja} \times \text{Anchobandeja}}{\text{Aplato}} \right)$$

Ec: 3.2.4.2-1

$$\text{Numeroplatos} = \frac{0,60m \times 0,46m}{0,0241m}$$

$$\text{Numeroplatos} = 11,45 \text{ platos / bandeja}$$

De esto restamos el 30% que corresponde a los espacios entre platos quedando 8,0 platos por bandeja. Cada plato tiene la capacidad de 0,1000kg de pulpa por lo que cada bandeja tiene la capacidad de 0,800 Kg.

### 3.2.4.3 CALCULO NÚMERO DE BANDEJAS

$$NB = \frac{L(\text{capacidad sec ador})}{\text{Capacidadbandeja}}$$

Ec: 3.2.4.3-1

$$NB = \frac{4kg}{0,8Kg}$$

$$NB = 5 \text{ BANDEJAS}$$

Se necesita cinco bandejas para deshidratar 4 kg de pulpa de cocona



### 3.2 RESULTADOS

De los datos experimentales obtenidos para la construcción de las curvas de secado se obtiene que:

El periodo de secado para obtener pulpa deshidratada con un 35% de humedad (que favorece de rehidratación) es de 4 horas.

Las velocidades de secado para los tiempos constante y decreciente son: 1,208 y 0,708 Kg/m<sup>2</sup>h respectivamente, dando una velocidad promedio de 0,958 Kg/m<sup>2</sup>h.

Del balance de masa se obtuvo que es necesario **1,2926 Kg** de aire seco para evaporar **0,0843 Kg** de agua, al deshidratar 0,1 Kg de pulpa de cocona de 90 % de humedad para llevarla a 35 %.

Del balance de energía se obtuvo que es necesario 64,18 Kcal para calentar el sistema, para la deshidratación de 0,1 Kg de pulpa de cocona

El caudal de aire que requiere el sistema para deshidratar 0,1 Kg 0,2756 m<sup>3</sup>/h.

La pulpa de cocona debe ser depositada en platos de espumaflo, con el objetivo de evitar que el producto se adhiera a las bandejas, el espesor óptimo de pulpa en los platos, es de 0,004 m, para que favorezca el proceso de deshidratación.

### **3.3 PROPUESTA**

El equipo deshidratador tendrá dispositivos de control automático de temperatura para optimizar el proceso, para lo cual estará provisto de una termocupla y Pirómetro KX-4 para el control automático de temperatura, este ultimo calibrado en +/-2 grados centígrados.

Para calentar el aire el equipo estará provisto de cinco quemadores. Para el encendido y control de llama, se instala una electro válvula, una bobina de encendido eléctrico, cinco chisperos y cinco llamas piloto.

Con los resultados obtenidos, se construye un deshidratador con capacidad para 4 Kg por Bach, mismo que constan de cinco bandejas, cada bandeja mide 0,60 x 0,45 m, de largo por ancho, dando un área total de 1,35 m<sup>2</sup>

El periodo de trabajo para cada Bach es de 4 horas para deshidratar 4 Kg. Para eliminar agua de la pulpa de cocona des 90 al 35%

Del nuevo balance de masa con 4 kg de pulpa se obtiene que se requiere 52 kg de aire, dando un caudal de 10 m<sup>3</sup>/hora, para lo cual se requiere un ventilador (Blower) de 3 pulgadas de salida que cumple este requisito.

### 3.4 ANALISIS DE DISCUSIÓN

#### 3.4.1 RESULTADOS DEL EQUIPO

Los resultados de la construcción del equipo se detallan a continuación.

**TABLA. 3.4.1-1**

#### **Resultados construcción del equipo**

Humedad inicial	90%
Humedad critica	86%
Humedad final	36%
Humedad Equilibrio	2%
Temperatura de deshidratación	70 C
Tiempo de arranque (T amb. a 70 C)	5 min
Flujo aire caliente	10 m <sup>3</sup> /h
Flujo del gas GLP	0,45Kg/h
Presión de Gas GLP	5 psi
Espesor pulpa	4 mm
Peso bruto del equipo	260 Kg
Volumen del Equipo	0,48 m <sup>3</sup>
Volumen de la cámara	0,161 m <sup>3</sup>
Área de bandeja	0,27 m <sup>2</sup>
<b>PERIODO CONSTANTE</b> Velocidad de secado	1,208 kg/m <sup>2</sup> h
Periodo de secado	0,83 h
<b>PERIODO POSCRITICO</b>	0,708 kg/m <sup>2</sup> h
Velocidad de secado Periodo de secado	2,58 h

**Elaborado Por: Meléndez y Heredia 2008**

### 3.4.2 RESULTADOS DEL ANALISIS DE LABORATORIO

Los resultados obtenidos de los análisis bromatológico, microbiológico y potencial hidrogeno, previo y después del diseño se expresan en tres tablas comparativas que describen el diagnóstico actual del proceso de deshidratación, y los cambios que sufre la pulpa de cocona en el proceso enunciado.

#### 3.4.2.1. RESULTADOS DE LOS ANALISIS MICROBIOLÓGICO DE LA PULPA DE COCONA Y SU DESHIDRATADO

TABLA. 3.4.2.1-1

Resultados del análisis microbiológico de la cocona y la pulpa de cocona deshidratada

Parámetro	Unidad	Cocona	Deshidratado de Cocona
Aerobios Totales	Col/g	2,18x10 <sup>8</sup>	7,40x10 <sup>3</sup>
Coliformes totales	Col/g	0	0
Coliformes fecales	Col/g	0	0
Escherichia coli	Col/g	0	0
Hongos	Col/g	1,10x10 <sup>4</sup>	1200
Levaduras	Col/g	100	100

Elaborado Por: Meléndez y Heredia 2008

Los análisis fueron realizados en el Laboratorio LABSU, en la ciudad de Fco. de Orellana. Del análisis de los resultados obtenidos vemos que existe una disminución del 99% de los Aerobios totales en el producto deshidratado, así como los hongos disminuyen un 89%, mientras que las levaduras, coliformes y escherichia coli no varían los resultados.

**Tabla. 3.4.2.1-2**

**Resultados del análisis bromatológico de la cocona y la pulpa de cocona deshidratada**

<b>PARAMETRO</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cocona</b>	<b>Deshidratado de Cocona</b>
Proteína	%	1,08	5,95
Grasa (extracto etéreo)	%	0,23	9,97
Fibra Cruda	%	3,97	9,47
Humedad	%	87,94	16,2
Ceniza	%	0,69	5,20
Vitamina C	mg/100g	50,21	63,0
Potencia hidrogeno	unid	3,95	3,94

**Elaborado Por: Meléndez y Heredia 2008**

Los resultados de la tabla 3.4.2.1-2 están expresados en base húmeda por lo que debemos expresarlas en base seca, para así verificar la influencia del proceso de deshidratado.

Tabla. 3.4.2.1-3

Resultados del análisis bromatológico de la cocona y la pulpa de cocona deshidratada expresada en base seca

**Tabla. 3.4.2.1-3**

**Resultados del análisis bromatológico de la cocona y la pulpa de cocona deshidratada expresados en base seca**

<b>PARAMETRO</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cocona</b>	<b>Deshidratado de Cocona</b>	<b>Diferencia %</b>
Proteína	%	1,08	5,9	81,69
Grasa (extracto etéreo)	%	0,23	9,4	97,55
Fibra Cruda	%	3,97	9,5	58,21
Ceniza	%	0,69	5,2	86,73
Vitamina C	mg	50,21	48,9	-2,68
Potencia hidrogeno	unid	3,95	3,94	-0,25

**Elaborado Por: Meléndez y Heredia 2008**

Se evidencia en el producto deshidratado en cuanto al contenido de Vitamina C y potencial Hidrogeno, disminuye su valor en un -2,8 y -0,25% respectivamente, mientras que en el resto de parámetros, se evidencia un incremento significativo.

Es importante recalcar que no se disponen de las incertidumbres asociados a los resultados para una mayor interpretación de los mismos.

### **3.5 DIMENSIONAMIENTO DEL EQUIPO DE DESHIDRATACIÓN**

Una vez realizado el análisis de las propiedades físico - químicas de la pulpa de cocona húmeda como deshidratada y, efectuando las pruebas de secado correspondiente que ayudan a determinar las variables de proceso con las que se realizara la operación de deshidratación se llega a elegir un deshidratador que se adapte a dichas especificaciones, siendo el deshidratador de bandejas a base de GLP, el más adecuado. Los componentes principales del deshidratador son:

Cámara de secado.

Fuente de calor a base de gas licuado de petróleo (GLP),

Ventilador.

Control de temperatura automático.

La cámara de secado tiene un volumen de  $0.161 \text{ m}^3$  y dispone de 5 bandejas rectangulares con un área de  $0,27 \text{ m}^2$  cada una, en donde se va disponer en platos de espumaflon el material a secar.

La pulpa de cocona en pruebas piloto tiene un tiempo de secado de 4 horas.

Las bandejas son construidas de acero inoxidable con perforaciones o agujeros de 1 cm de diámetro, por donde circula y fluye el aire caliente.

En el secador la temperatura y el flujo de aire deben ser uniformes para garantizar que el secado del material sea homogéneo en todo el sistema.

En la parte inferior de la cámara se colocara un rompe llamas es decir una plancha de acero negro, cuya función será lograr distribuir en forma uniforme el calor hacia toda la cámara de secado y de esta manera evitar la incineración o secado brusco del material a secar por efecto de altas temperaturas.

Una puerta provista de vidrio templado en la parte frontal del equipo permitirá visualizar el proceso de secado que se va produciendo en su interior.



**TABLA. 3.5-1****Resumen dimensionamiento del equipo**

<b>EQUIPO/MATERIAL</b>	<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
PARTE EXTERIOR	Estructura de acero inoxidable altura 1,11 m Ancho 0,73 m Profundidad 0,59 m	Acero inoxidable AISI 430	Este provisto de una chimenea en la parte superior posterior del equipo. Un soporte con ruedas(Garruchas) y freno
CAMARA DE SECADO	Volumen total 0.161 m <sup>3</sup> Altura 0,52 m Ancho 0,62 m Profundidad 0,49 m	Paredes internas con acero inoxidable AISI 304	Ingreso de aire caliente por paredes laterales al nivel de cada bandeja
BANDEJAS	Área 0,27 m <sup>2</sup> Altura 0.035 m Ancho 0,60 m Profundidad 0,45 m	Acero inoxidable AISI 304	Área total de las cinco bandejas Bandeja 1,35 m <sup>2</sup> Bandeja perforada con orificio de 0,002 m
VENTILADOR	Blower 3 pulgadas de salida	Aluminio	3600 RPM
FUENTE DE CALOR Y CONTROL DE ENCENDIDO	Cinco quemadores Cinco chisperos Cinco llamas piloto Válvula de presión	Hierro	Con bobina
CONTROL AUTOMATICO DE TEMPERATURA	Pirómetro KX4 Termocupla Tipo J Electrovalvula Temporizador eléctrico LF4 con buzzer		Calibrado en +/- 2 C Media pulgada

Elaborado Por: Meléndez y Heredia 2008

### 3.6.1.2 CONTRUCCION DEL SECADOR DE BANDEJAS A GAS

Una vez determinadas las condiciones de operación de secado a las cuales va trabajar el equipo, se debe establecer las características del equipo que se detallan en las tablas a continuación descritas:

**Tabla: 3.6.1.2-1**

#### **Materiales primarios utilizados en la construcción del deshidratador**

<b>MATERIAL</b>	<b>TIPO</b>	<b>USO</b>	<b>CARACTERISTICAS</b>
ACERO INOXIDABLE	AISI 304	Paredes exteriores del deshidratador y compuerta. Fabricación de bandejas	Material optimo para el procesamiento de alimentos. Resistente a la corrosión.
ACERO INOXIDABLE	AISI 430	Paredes interiores	
AISLANTE TERMICO	LANA DE VIDRIO	Intermedio entre pared exterior e interior	Incombustible, estabilidad física y química
Blower	3600 rpm.	Parte posterior del equipo	Generar flujo de aire

Elaborado Por: Meléndez y Heredia 2008

**Tabla: 3.6.1.2-2**

**Dimensiones de la cámara de secado**

<b>EQUIPO</b>	<b>DIMENCIONES</b>	<b>MEDIDA</b>
PARTE EXTERIOR	Altura ( m )	1,11
	Ancho ( m )	0,73
	Profundidad ( m )	0,59
CAMARA DE SECADO	Altura ( m )	0,52
	Ancho ( m )	0,62
	Profundidad ( m )	0,49
BANDEJAS	Altura ( m )	0,035
	Ancho ( m )	0,60
	Profundidad ( m )	0,45
VOLUMEN DEL EQUIPO	AlxAnxPro	0,439 m <sup>3</sup>
VOLUMEN CAMARA DE SECADO	AlxAnxPro	0,161 m <sup>3</sup>

Elaborado Por: Meléndez y Heredia 2008

### **3.7 ANALISIS DE COSTOS.**

Aquí se detalla el costo total del diseño y construcción del deshidratador de pulpa de cocona, se realizó gastos de materiales, utilización de equipos y herramientas, mano de obra, imprevistos, así como gastos de operación.

**Tabla: 3.7-1****Costos de materiales utilizados en la construcción del deshidratador.**

<b>MATERIALES</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNI.</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
Plancha de acero inoxidable mate AISI 304 x 2mm (240x120) cm.	2 <sup>1/2</sup>	369,60	924,00
Plancha de acero inoxidable brillante AISI 430 x 0,70 mm (240x120) cm.	3	67,20	201,60
Plancha de acero inoxidable mate AISI 304 x 1,50 mm (240x120) cm.	1	246,40	246,40
Tubo HG circular 40 x 2 mm	1	22,40	22,40
Tubo HG circular 25 x 2 mm	2	7,84	15,68
Angulo de 40 x 3 mm	1	16,80	16,80
Electrodos E 308 L – 16 (Kg)	4	20,16	80,64
Electrodos de carbón (Kg)	1	11,20	11,20
Fibra de vidrio fina (Kg)	20	4,48	89,60
Garruchas de 3' de fibra con frenos (Juego 4 unidades.)	1	22,40	22,40
Silicón anti hongos de temperatura (tubos)	3	6,72	20,16
<b>SUB TOTAL 1</b>			<b>1650,88</b>

**Elaborado Por: Meléndrez y Heredia**

**Tabla: 3.7-2**

**Costos de equipos utilizados en la construcción del deshidratador.**

Blower de 3"	1	95,20	95,20
Pirómetro KX-4 Serie ASI73100469	1	168,00	168,00
Termocupla tipo "J"	1	28,00	28,00
Buzzer NY-256-MA	1	33,60	33,60
Temporizador electrónico LF4	1	106,40	106,40
Electro válvula 120V de ¼" a gas	1	134,40	134,40
Bobina de encendedores	1	13,44	13,44
Chisperos	5	0,56	1,68
Marcos para temporizador, pirómetro, etc.	3	13,44	40,32
Disyuntor IP 6 amp.	1	6,72	6,72
<b>SUBTOTAL 2</b>			<b>627,7</b>
<b>TOTAL</b>			<b>2278,64</b>

**Elaborado Por: Meléndrez y Heredia**

### 3.7.1 COSTOS DE CONSTRUCCIÓN Y MANO DE OBRA.

El costo de mano de obra de empleados, mecánicos y electricistas, está incluido en la tabla.

**Tabla: 3.7.1-1**

#### Costos de construcción del deshidratador

OPERACION	COSTO
Construcción del deshidratador de cocona (Técnico Mecánico)	671,16
Electrónica y electricidad (Técnico eléctrico)	350,20
<b>TOTAL</b>	<b>1021,36</b>

Elaborado Por: Meléndrez y Heredia 2008

**Tabla: 3.7.1-2**

#### Costo de transporte

DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL
Transporte	100	100

Elaborado Por: Meléndrez y Heredia 2008

### 3.7.2 COSTO FIJO.

El costo del diseño y construcción del deshidratador al mes de junio del 2008 es de:

$$C_f = C_m + C_c + C_T$$

Donde:

**C<sub>f</sub>** = Costo Fijo.

**C<sub>m</sub>** = Costo de materiales

**C<sub>c</sub>** = Costo de construcción, herramientas y mano de obra.

**C<sub>T</sub>** = Costo de Transporte.

Reemplazando tenemos:

$$C_f = 3400,00$$

Al costo fijo se le debe sumar el 10% en caso de imprevistos.

$$C_f + 10 \% = 3400,00 + 340$$

$$C_f = 3740$$

### 3.7.3 COSTOS DE OPERACIÓN.

Hay que tomar en cuenta, para que el equipo funcione adecuadamente se necesitan de ciertos gastos como son: arranque del equipo, funcionamiento y mantenimiento.

$$C_o = C_A + C_F + C_M$$

Donde:

**C<sub>o</sub>** = Costo de operación.

**C<sub>A</sub>** = Costo de arranque.

**C<sub>F</sub>** = Costo de funcionamiento.

**C<sub>M</sub>** = Costo de mantenimiento.

$$C_o = 20$$



Al costo de operación se le debe sumar el 10% en caso de imprevistos.

$$Co + 10\% = 20 + 2$$

$$Co = \$ 22$$

### **3.7.4 COSTO TOTAL.**

Es la suma la suma de los costos fijos más los costos de operación.

$$CT = C_f + Co$$

$$CT = 3740 + 22$$

$$CT = \$ 3762$$

## CAPITULO IV

### 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 CONCLUSIONES.

- Las pruebas de laboratorio realizadas, permitieron establecer que las condiciones optimas de procesamiento de la cocona son: temperatura de deshidratación 70 C, tiempo de deshidratación 4 Horas; para obtener un producto deshidratado de buena calidad.
- El dimensionamiento del equipo fue posible con los datos experimentales obtenidos con la construcción de un equipo piloto que simulo las condiciones de flujo de aire caliente y temperatura.
- El costo total para la construcción y puesta en punto del equipo fue de 3762 dólares americanos.
- La evaluación bromatológica del producto deshidratado determina que, tanto la proteína, la ceniza, grasa y la fibra bruta, sufren un incremento.
- El análisis de Vitamina C en la pulpa de cocona deshidratada, una vez expresados los valores en base seca se concluye que la vitamina C, sufre una disminución del 2,61%, lo que confirma la hipótesis “ El proceso de deshidratación en la cocona no disminuye más del 10% de su valor nutricional”.
-

- A temperaturas de 55 a 65 C se observó la presencia de hongos además el periodo de secado superó las 6 horas; mientras que a temperatura de 80 C, el periodo de secado es igual a 3,5 horas, pero debido a la alta temperatura el producto sufre un cambio en su apariencia cambiando de color amarillo típico a pardo oscuro.
- La velocidad de secado en los periodos Constante y Poscrítica son; de 1,128 Kg/m<sup>2</sup>h y 0,948 Kg/m<sup>2</sup>h respectivamente, lo que permite reducir la humedad del 90% al 36%.
- El deshidratador diseñado y construido cumple satisfactoriamente con las pruebas de funcionalidad en lo referente a temperatura de la cámara de deshidratación, encendido automático del quemador, flujo de aire caliente; previo la obtención de la cocona deshidratada.
- Del balance de masa se obtuvo que es necesario 1,2926 Kg de aire seco para evaporar 0,0843 Kg de agua, al deshidratar 0,1 Kg de pulpa de cocona, de un nuevo balance de masa se determina el caudal de aire para deshidratar 4 Kg de pulpa de cocona, siendo igual a 10 m<sup>3</sup>/h.
- Del balance de energía se obtuvo que es necesario 64,18 Kcal que corresponde a 0,05 Kg de gas GLP, para calentar el sistema y deshidratar de 0,1 Kg de pulpa de cocona.

## 4.2 RECOMENDACIONES.

- Antes de utilizar el deshidratador se debe leer la guía de operación y seguir los pasos
- Incorporar después del lavado de la cocona, la desinfección con una solución de hipoclorito de sodio al 5% para prevenir la presencia de microorganismos como hongos y aerobios mesofilos, el la pulpa y su producto deshidratado,
- Para estudios posteriores del análisis nutricional, se recomienda realizarlos en laboratorios acreditados para así, disponer de las incertidumbres asociadas a los valores para una mejor interpretación de los resultados.
- La pulpa de cocona debe ser depositada en platos de espumaflon, con el objetivo de evitar que el producto se adhiera a las bandejas, el espesor óptimo de pulpa en los platos, es de 0,004 m, para que favorezca el proceso de deshidratación.
- Incluir el equipo en el plan anual de verificación y mantenimiento d equipos de la Agroindustria La GAMBOINA

## **BIBLIOGRAFÍA:**

1. BRITO, H. Texto Básico de Operaciones Unitarias I. Riobamba: Documento, 2008. pp. 5-6
2. DA SILVA FILHO, D. Cocona: cultivo y utilización. Caracas: Documento, 1998. pp. 9, 10-13, 17-19, 63-65, 70
3. FELLOWS, P. Tecnología del Procesado de los Alimentos. Zaragoza: Acribia, 1993. pp. 316, 319-320
4. FOUST, A. S. Principios de Operaciones Unitarias. México: McGraw Hill, 1998.
5. GEANKOPOLIS, C. J. Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias. Mexico: Continental, 1998.
6. HIMMELBLAU, D. Balance de Materia y Energía. México: Prentice-Hall Hispanoamericana, 1997.
7. KARLEKAR, B.V. Transferencia de Calor. Mexico: McGraw Hill, 1995.
8. McCABE, W. y SMITH, J. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química. Mexico: McGraw Hill, 2002.
9. OCON, J. y TOJO, G. Problemas de Ingeniería Química. Madrid: Aguilar, 1980. pp. 241
10. PERRY, R. Manual del Ingeniero Químico. 7ma ed. Madrid: McGraw Hill, 2001 pp. 12-40
11. SHARMA, S. y MULVANEY, S. Ingeniería de Alimentos. Operaciones unitarias: Prácticas de laboratorio. México: Limusa, 2003
12. VIAN y OCON. Elementos de Ingeniería Química. Madrid: Aguilar, 1952. pp. 481

**13. WELTY, J. Fundamentos de Transferencia de Momento, Calor y masa. México:**

Limusa, 1994

## CITAS

1. DA SILVA FILHO, D. Cocona: cultivo y utilización. Caracas: Documento, 1998. pp: 9.
2. IBIDEM, Pp: 10-13
3. IBIDEM, Pp: 17-18
4. IBIDEM, Pp: 19
5. IBIDEM, Pp: 63
6. IBIDEM, Pp: 64
7. IBIDEM, Pp: 65
8. IBIDEM, Pp: 70
9. VIAN y OCON. Elementos de Ingeniería Química. Madrid: Aguilar, 1952.  
pp. 479
10. IBIDEM, Pp: 480
11. OCON,J. y TOJO,G. Problemas de Ingeniería Química. Madrid: Aguilar 1980,  
Pp: 241
12. VIAN/OCON. Elementos de Ingeniería Química. Madrid: Aguilar 1952, Pp: 481
13. FELLOWS, PETER. Tecnología del procesado de los alimentos. Zaragoza:  
Acribia, 1993, Pp. 287-288.
14. IBIDEM, Pp: 290, 291
15. IBIDEM, Pp: 291-293
16. OCON,J. y TOJO,G. Problemas de Ingeniería Química. , Madrid: Aguilar, 1980,  
Pp: 243
17. PERRY, R Manual del Ingeniero Químico: 7ma ed. Madrid: McGraw Hill, 2001  
Pp: 12-38

18. IBIDEM, Pp: 12-39
19. IBIDEM, Pp: 12-40
20. OCON,J. y TOJO, G. Problemas de Ingeniería Química. Madrid: Aguilar, 1980  
Pp: 251
21. IBIDEM, Pp: 251, 252
22. FELLOWS, PETER. Tecnología del procesado de los alimentos: Acribia,  
Zaragoza, España, 1993, Pp: 316
23. IBIDEM, Pp: 316
24. IBIDEM, Pp: 319
25. IBIDEM, Pp: 320
26. BRITO, H. Texto Básico de Operaciones Unitarias I. Riobamba Ecuador.2008, Pp:  
5,6



## BIBLIOGRAFÍA EN INTERNET

ALIMENTOS: Composición Química

[http://www.utadeo.edu.co/dependencias/publicaciones/alimentica1/metodos\\_combinados.pdf](http://www.utadeo.edu.co/dependencias/publicaciones/alimentica1/metodos_combinados.pdf)

20080502

<http://www.fao.org/docrep/X5028S/X5028S00.htm>

<http://www.fao.org/docrep/X5028S/X5028S03.htm#2.%20Consumo%20específico%20de%20energía>

20080502

[http://www.utadeo.edu.co/dependencias/publicaciones/alimentica1/metodos\\_combinados.pdf](http://www.utadeo.edu.co/dependencias/publicaciones/alimentica1/metodos_combinados.pdf)

20080502

<http://www.fao.org/docrep/X5028S/X5028S00.htm>

<http://www.fao.org/docrep/X5028S/X5028S03.htm#2.%20Consumo%20específico%20de%20energía>

20080502

CALOR ESPECÍFICO DE LA NARANJILLA.

<http://mail.iniap-ecuador.gov.ec/>

20080425

COCONA CULTIVO Y UTILIZACIÓN.

<http://www.otca.org.br/publicacao/SPT-TCA-VEN-SN%20cocona.pdf>

20071117

FUNDAMENTOS DE SECADO.

<http://onsager.unex.es/Apuntes/Termo/Tema6.pdf>

20071129

MODELO CINÉTICO DEL SECADO.

<http://revista.eia.edu.co/articulos5/art105.pdf>

20071228

NUMERO DE BANDEJAS.

<http://www.monografias.com/trabajos15/operacion-secado/operacion-secado.shtml>

20071210

SECADO

<http://www.fao.org/docrep/X5028S/X5028S00.htm>

20080215

TRANSFERENCIA DE CALOR

[http://www.telecable.es/personales/albatros1/calor/transferencia\\_de\\_calor\\_05\\_conveccion.htm](http://www.telecable.es/personales/albatros1/calor/transferencia_de_calor_05_conveccion.htm)

20080917

[http://mx.answers.yahoo.com/question/index;\\_ylt=AmrPmpfZQMVxyfy7zr02.qPB8gt.;\\_ylv=3?qid=20070306192632AAbaokX](http://mx.answers.yahoo.com/question/index;_ylt=AmrPmpfZQMVxyfy7zr02.qPB8gt.;_ylv=3?qid=20070306192632AAbaokX)

20080519

## ANEXO I.

### RESULTADO DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA COCONA



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CUENCA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS PecuARIAS**  
**LABORATORIO DE NUTRICION ANIMAL**  
Dirección : Km. 1 Panamericana Sur Telefax: (03) 2947548 Email: [patricioguevara@andinanet.net](mailto:patricioguevara@andinanet.net)

#### REPORTE DE ANALISIS

RESPONSABLE: Sr. Marcelo Heredia  
FECHA DE LLEGADA; 16//11/07  
FECHA DE ENTREGA: 21/11/07  
CLASE DE MUESTRA: Fruta silvestre  
ORIGEN DE LA MUESTRA: Coca  
EMPRESA:  
VARIEDAD: CODIGO:  
Cocona Rch- 5550



COMPONENTE	Rch- 5550
	PS
HUMEDAD	87,94%
MATERIA SECA	12,06%
PROTEINA CRUDA	1,08%
EXTRACTO ETereo	0,23%
FIBRA CRUDA	3,97%
CENIZAS	0,69%
MATERIA ORGANICA	99,31%
Vitamina C (mg)	50,21

Ing. Patricio Guevara  
**JEFE LABORATORIO DE NUTRICION ANIMAL  
Y BROMATOLOGÍA - FCP - ESPOCH**



## ANEXO II.

### RESULTADO DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA PULPA DE COCONA

 <p><b>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN LAB-CESTTA</b></p>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b></p> <p><b>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</b></p> <p><b>FACULTAD DE CIENCIAS Panamericana Sur Km. 1 1/2 Telefax: (03) 2605-920 • Ext. 169 RIOBAMBA - ECUADOR</b></p>	 <p><b>ENSAYOS N° OAE LE 2C 06-008</b></p>
---	--	---

**INFORME DE ENSAYO No:** 0093  
**ST:** 09 – 0007 ANÁLISIS DE ALIMENTOS

**Nombre Peticionario:** Ing. Marcelo Heredia  
**Atn.:** -  
**Dirección:** Calle Venezuela 101 y Colombia Alausí

**FECHA:** 03 de Febrero de 2009  
**NUMERO DE MUESTRAS:** 1  
**FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:** 2009 / 01 / 28 – 09:15  
**FECHA DE MUESTREO:** 2009 / 01 / 09  
**FECHA DE ANÁLISIS:** 2009 / 01 / 28 - 2009 / 02 / 03  
**TIPO DE MUESTRA:** Cocona  
**CÓDIGO LAB-CESTTA:** LAB-Alm 20-09  
**CÓDIGO DE LA EMPRESA:** NA  
**PUNTO DE MUESTREO:** Coca la Gabaina  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** Análisis Proximal  
**PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:** Ing. Armando Meléndrez  
**CONDICIONES AMBIENTALES:** T máx.:25.0 °C. T mín.: 21.0°C

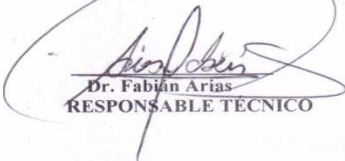
**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETRO	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
*Proteína	PEE /LAB-CESTTA/104 AOAC/ Volumétrico	%	7,1	--	--
*Grasa	PEE /LAB-CESTTA/102 AOAC/ Gravimétrico	%	11,9	--	--
*Humedad	PEE/LAB-CESTTA/80 AOAC/ Gravimétrico	%	16,2	--	--
*Cenizas	PEE /LAB-CESTTA/101 AOAC/ Gravimétrico	%	6,2	--	--
*Fibra	PEE /LAB-CESTTA/103 AOAC/ Gravimétrico	%	11,3	-	-
*Extracto Libre no Nitrogenado	PEE /LAB-CESTTA/141	%	47,2	--	--

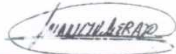
**OBSERVACIONES:**

- Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE
- Parámetros expresados en base fresca
- Muestra receptada en laboratorio

**RESPONSABLES DEL INFORME:**

  
**Dr. Fabián Arias**  
**RESPONSABLE TÉCNICO**

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL  
 E INSPECCIÓN  
 LAB - CESTTA  
 ESPOCH

  
**Dra. Nancy Veloz M.**  
**JEFE DE LABORATORIO**

## ANEXO II A

### RESULTADO DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE PULPA DE COCONA

#### DESHIDRATADA



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

LABORATORIO DE NUTRICION ANIMAL

Dirección : Km. 1 Panamericana Sur Telefax: (03) 2947548 Email: [patricioguevara@andinanet.net](mailto:patricioguevara@andinanet.net)

#### REPORTE DE ANALISIS

PROPIETARIO:	Ing. Marcelo Heredia
FECHA DE LLEGADA:	14/04/09
FECHA DE ENTREGA:	15/04/09
CLASE DE MUESTRA:	Fruta
ORIGEN DE LA MUESTRA:	El Coca
EMPRESA:	Gamboina
VARIEDAD:	CODIGO:

COMPONENTE	Rch - 06668
	PS
HUMEDAD	22,38%
MATERIA SECA	
PROTEINA CRUDA	
EXTRACTO ETereo	
FIBRA CRUDA	
CENIZAS	
MATERIA ORGANICA	
Vitamina C (mg.)	63

Ing. Patricio Guevara

JEFE LABORATORIO DE NUTRICION ANIMAL  
Y BROMATOLOGÍA – FCP – ESPOCH



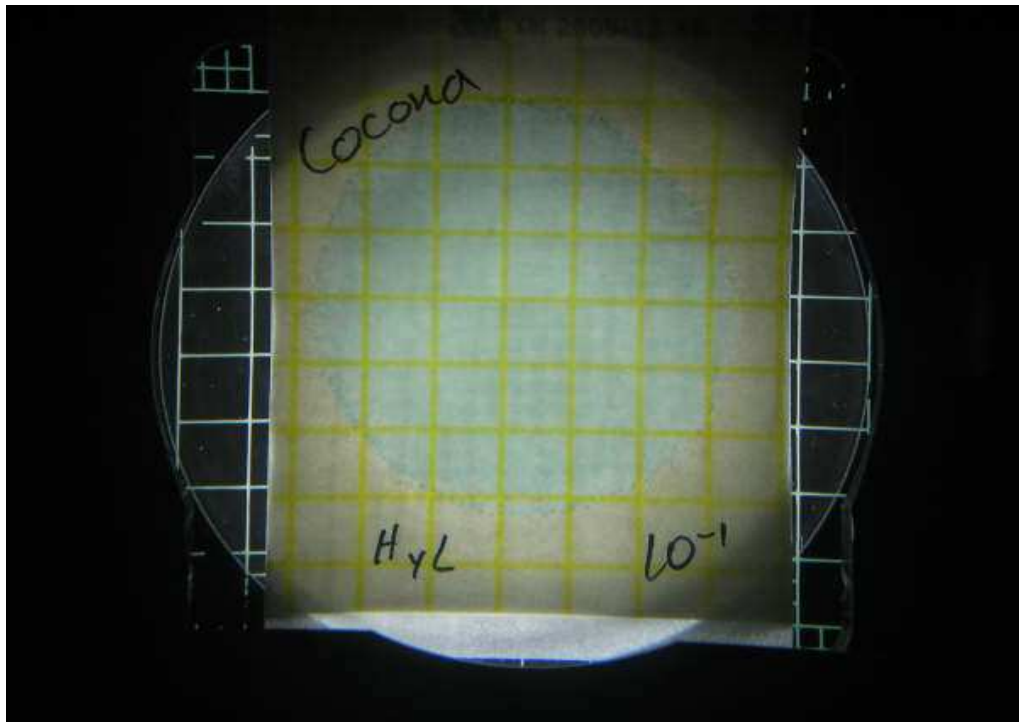
### ANEXO III.

## FOTOS DE LA DETERMINACIÓN DEL PH DE LA COCONA Y LA PULPA DE COCONA



#### ANEXO IV.

#### FOTOS DEL ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DE LA PULPA DE COCONA



## ANEXO V

### CONSTANTES TERMODINÁMICAS DEL VAPOR DE AGUA HÚMEDO

#### 12.- CONSTANTES TERMODINAMICAS DEL VAPOR DE AGUA HUMEDO

Presión sat	Temp. sat.	Volumen	Volumen	Entalpia	Entalpia	Entalpia	Entropia	Entropia	Entropia
bars	°C	v' (dm <sup>3</sup> /Kg)	v'' (dm <sup>3</sup> /Kg)	i' (kJ/Kg)	i'' (kJ/Kg)	r <sub>(i-v)</sub> (kJ/Kg)	s' (kJ/Kg °K)	s'' (kJ/Kg °K)	Δs (kJ/Kg °K)
0.0061	0.00	1.0002	206288.00	0.0	2500.8	2500.8	0.000	9.155	9.155
0.0061	1.00	1.0002	206146.00	0.0	2500.8	2500.8	0.000	9.155	9.155
0.0070	2.00	1.0001	179907.00	8.4	2496.0	2487.6	0.031	9.102	9.071
0.0081	4.00	1.0001	157258.00	16.8	2508.1	2491.3	0.061	9.050	8.989
0.0094	6.00	1.0001	137768.00	25.2	2511.8	2486.6	0.091	8.999	8.908
0.0100	7.00	1.0001	129205.00	29.3	2513.6	2484.3	0.106	8.974	8.868
0.0107	8.00	1.0002	120956.00	33.6	2515.5	2481.9	0.121	8.949	8.828
0.0123	10.00	1.0003	106422.00	42.0	2519.2	2477.2	0.151	8.900	8.749
0.0140	12.00	1.0006	93829.00	50.4	2522.9	2472.5	0.180	8.851	8.671
0.0160	14.00	1.0008	82894.00	58.8	2526.5	2467.8	0.210	8.804	8.594
0.0182	16.00	1.0011	73380.00	67.1	2530.3	2463.1	0.239	8.757	8.518
0.0206	18.00	1.0014	65084.00	75.5	2533.9	2458.4	0.268	8.711	8.444
0.0234	20.00	1.0018	57836.00	83.8	2537.6	2453.7	0.296	8.666	8.370
0.0250	21.00	1.0021	54260.00	88.4	2539.5	2451.1	0.312	8.642	8.330
0.0264	22.00	1.0023	51491.00	92.2	2541.2	2449.0	0.325	8.622	8.297
0.0298	24.00	1.0028	45925.00	100.6	2544.8	2444.2	0.353	8.579	8.226
0.0336	26.00	1.0033	41034.00	109.0	2548.5	2439.5	0.381	8.536	8.155
0.0378	28.00	1.0038	36727.00	117.3	2552.1	2434.8	0.409	8.494	8.085
0.0424	30.00	1.0044	32929.00	125.7	2555.7	2430.0	0.436	8.452	8.016
0.0475	32.00	1.0050	29573.00	134.0	2559.3	2425.3	0.464	8.412	7.948
0.0500	33.00	1.0053	28196.00	137.8	2560.9	2423.1	0.476	8.394	7.918
0.0532	34.00	1.0057	26601.00	142.4	2562.9	2420.5	0.491	8.372	7.881
0.0594	36.00	1.0064	23967.00	150.7	2566.5	2415.8	0.518	8.333	7.814
0.0662	38.00	1.0071	21628.00	159.1	2570.1	2411.0	0.545	8.294	7.749
0.0737	40.00	1.0079	19546.00	167.4	2573.7	2406.2	0.572	8.256	7.684
0.0750	40.32	1.0080	19239.00	168.8	2574.2	2405.5	0.576	8.250	7.674
0.0819	42.00	1.0087	17691.00	175.8	2577.2	2401.4	0.599	8.219	7.620
0.0910	44.00	1.0095	16035.00	184.2	2580.8	2396.6	0.625	8.182	7.557
0.1000	45.83	1.0103	14673.00	191.8	2584.1	2392.2	0.649	8.149	7.499
0.1008	46.00	1.0103	14556.00	192.5	2584.3	2391.8	0.651	8.146	7.494
0.1116	48.00	1.0112	13232.00	200.9	2587.9	2387.0	0.678	8.110	7.433
0.1233	50.00	1.0121	12045.00	209.3	2591.4	2382.2	0.704	8.075	7.372
0.1361	52.00	1.0130	10979.00	217.6	2595.0	2377.3	0.729	8.041	7.312
0.1500	54.00	1.0140	10021.00	226.0	2598.5	2372.5	0.755	8.007	7.252
0.1651	56.00	1.0150	9157.80	234.3	2602.0	2367.7	0.780	7.974	7.193
0.1815	58.00	1.0160	8379.90	242.7	2605.5	2362.8	0.806	7.941	7.135
0.1992	60.00	1.0170	7677.60	251.1	2609.0	2357.9	0.831	7.909	7.078
0.2000	60.09	1.0171	7648.40	251.5	2609.1	2357.7	0.832	7.907	7.075
0.2184	62.00	1.0182	7042.80	259.5	2612.5	2353.0	0.856	7.877	7.021
0.2391	64.00	1.0193	6468.20	267.8	2615.9	2348.1	0.881	7.845	6.965
0.2500	65.00	1.0199	6203.20	272.0	2617.6	2345.7	0.893	7.830	6.937
0.2615	66.00	1.0205	5947.30	276.2	2619.4	2343.2	0.906	7.815	6.909
0.2856	68.00	1.0216	5474.70	284.6	2622.8	2338.2	0.930	7.784	6.854
0.3000	69.13	1.0223	5228.10	289.3	2624.8	2335.4	0.944	7.767	6.823
0.3116	70.00	1.0228	5045.30	293.0	2626.3	2333.3	0.955	7.754	6.800
0.3396	72.00	1.0240	4654.70	301.4	2629.7	2328.3	0.979	7.725	6.746
0.3500	72.71	1.0244	4524.60	304.3	2630.9	2326.5	0.988	7.715	6.727
0.3696	74.00	1.0252	4299.10	309.7	2633.1	2323.3	1.003	7.696	6.693
0.4000	75.89	1.0264	3992.40	317.6	2636.3	2318.6	1.026	7.669	6.643
0.4019	76.00	1.0264	3974.80	318.1	2636.5	2318.3	1.027	7.667	6.640
0.4365	78.00	1.0277	3678.80	326.5	2639.8	2313.3	1.051	7.639	6.588
0.4736	80.00	1.0290	3408.30	334.9	2643.2	2308.3	1.075	7.611	6.536
0.5000	81.35	1.0299	3239.40	340.6	2645.4	2304.9	1.091	7.593	6.502
0.5133	82.00	1.0303	3160.90	343.3	2646.5	2303.2	1.099	7.584	6.485
0.5573	84.00	1.0317	2934.30	351.7	2649.9	2298.1	1.123	7.557	6.435
0.6000	85.95	1.0331	2731.20	359.9	2653.1	2293.2	1.145	7.531	6.386



## ANEXO VI.

### CONSTANTES TERMODINÁMICAS DEL VAPOR DE AGUA HÚMEDO

(CONTINUACION).

#### *CONSTANTES TERMODINAMICAS DEL VAPOR DE AGUA HUMEDO (Continuación)*

Presión sat. bars	Temp. sat. °C	Volumen $v'$ (dm <sup>3</sup> /Kg)	Volumen $v''$ (dm <sup>3</sup> /Kg)	Entalpia $i'$ (kJ/Kg)	Entalpia $i''$ (kJ/Kg)	Entalpia $i'_{(l-v)}$ (kJ/Kg)	Entropia $s'$ (kJ/Kg.°K)	Entropia $s''$ (kJ/Kg.°K)	Entropia $\Delta s$ (kJ/Kg.°K)
0.6011	86.00	1.0331	2726.60	360.1	2653.2	2293.0	1.146	7.531	6.385
0.6495	88.00	1.0345	2536.00	368.5	2656.5	2287.9	1.169	7.504	6.335
0.7000	89.96	1.0359	2364.30	376.8	2659.7	2282.9	1.192	7.478	6.287
0.7011	90.00	1.0359	2360.90	376.9	2659.7	2282.8	1.192	7.478	6.286
0.7561	92.00	1.0374	2199.90	385.4	2663.0	2277.6	1.216	7.453	6.237
0.8000	93.51	1.0385	2086.80	391.7	2665.4	2273.7	1.233	7.434	6.201
0.8146	94.00	1.0388	2051.80	393.8	2666.2	2272.4	1.239	7.428	6.189
0.8769	96.00	1.0404	1915.20	402.2	2669.4	2267.2	1.262	7.403	6.142
0.9000	96.71	1.0409	1869.10	405.2	2670.6	2265.4	1.270	7.394	6.125
0.9430	98.00	1.0419	1789.30	410.6	2672.6	2262.0	1.284	7.379	6.095
1.0000	99.63	1.0432	1693.70	417.5	2675.2	2257.7	1.303	7.359	6.056
1.0132	100.00	1.0435	1673.00	419.1	2675.8	2256.7	1.308	7.355	6.048
1.2000	104.81	1.0472	1428.20	439.4	2683.3	2244.0	1.361	7.298	5.937
1.2080	105.00	1.0474	1419.40	440.2	2683.6	2243.5	1.363	7.296	5.933
1.4000	109.32	1.0509	1236.50	458.4	2690.3	2231.9	1.411	7.246	5.835
1.4326	110.00	1.0515	1210.10	461.3	2691.3	2230.0	1.419	7.239	5.820
1.6000	113.32	1.0543	1091.30	475.4	2696.4	2221.0	1.455	7.202	5.747
1.6905	115.00	1.0558	1036.50	482.5	2698.9	2216.4	1.473	7.183	5.710
1.8000	116.93	1.0575	977.39	490.7	2701.8	2211.1	1.494	7.163	5.668
1.9853	120.00	1.0603	891.71	503.7	2706.3	2202.5	1.528	7.130	5.602
2.0000	120.23	1.0605	885.59	504.7	2706.6	2201.9	1.530	7.127	5.597
2.2000	123.27	1.0633	809.99	517.6	2711.0	2193.4	1.563	7.096	5.533
2.3209	125.00	1.0649	770.43	525.0	2713.5	2188.5	1.581	7.078	5.497
2.4000	126.09	1.0659	746.60	529.6	2715.0	2185.4	1.593	7.067	5.474
2.6000	128.73	1.0685	692.66	540.9	2718.7	2177.8	1.621	7.040	5.419
2.7012	130.00	1.0697	668.32	546.3	2720.5	2174.2	1.634	7.027	5.393
2.8000	131.21	1.0709	646.19	551.5	2722.2	2170.7	1.647	7.015	5.368
3.0000	133.54	1.0732	605.72	561.4	2725.4	2163.9	1.672	6.992	5.321
3.1305	135.00	1.0747	582.00	567.7	2727.3	2159.7	1.687	6.978	5.291
3.5000	138.88	1.0786	524.14	584.3	2732.5	2148.2	1.727	6.941	5.214
3.6136	140.00	1.0798	508.66	589.1	2733.9	2144.8	1.739	6.930	5.191
4.0000	143.63	1.0836	462.35	604.7	2738.6	2133.9	1.776	6.897	5.120
4.1549	145.00	1.0851	446.12	610.6	2740.4	2129.8	1.791	6.884	5.093
4.5000	147.92	1.0883	413.86	623.2	2744.0	2120.8	1.820	6.857	5.037
4.7597	150.00	1.0906	392.57	632.2	2746.5	2114.4	1.842	6.838	4.997
5.0000	151.85	1.0926	374.77	640.1	2748.7	2108.6	1.860	6.822	4.962
5.4331	155.00	1.0962	346.65	653.8	2752.5	2098.7	1.892	6.794	4.902
5.5000	155.47	1.0967	342.57	655.8	2735.0	2097.2	1.897	6.790	4.893
6.0000	158.84	1.1007	315.56	670.4	2756.8	2086.4	1.931	6.761	4.830
6.1805	160.00	1.1021	306.85	675.5	2758.1	2082.7	1.942	6.751	4.808
6.5000	161.99	1.1045	292.57	684.1	2760.3	2076.2	1.962	6.734	4.772
7.0000	164.96	1.1080	272.76	697.1	2763.5	2066.4	1.992	6.709	4.717
7.0076	165.00	1.1081	272.48	697.3	2763.5	2066.3	1.992	6.708	4.716
7.5000	167.76	1.1115	255.50	709.3	2766.4	2057.1	2.020	6.685	4.665
7.9203	170.00	1.1144	242.62	719.1	2768.7	2049.6	2.042	6.667	4.625
8.0000	170.41	1.1149	240.32	720.9	2769.1	2048.2	2.046	6.663	4.617
8.5000	172.94	1.1181	226.88	732.0	2771.5	2039.5	2.070	6.643	4.573
8.9247	175.00	1.1208	216.60	741.1	2773.5	2032.4	2.091	6.626	4.535
9.0000	175.36	1.1213	214.87	742.6	2773.8	2031.2	2.094	6.623	4.529
9.5000	177.67	1.1243	204.09	752.8	2776.0	2023.2	2.117	6.604	4.487
10.0271	180.00	1.1275	193.85	763.1	2778.0	2014.9	2.139	6.586	4.446
10.5000	182.01	1.1302	185.51	772.0	2779.8	2007.8	2.159	6.570	4.411

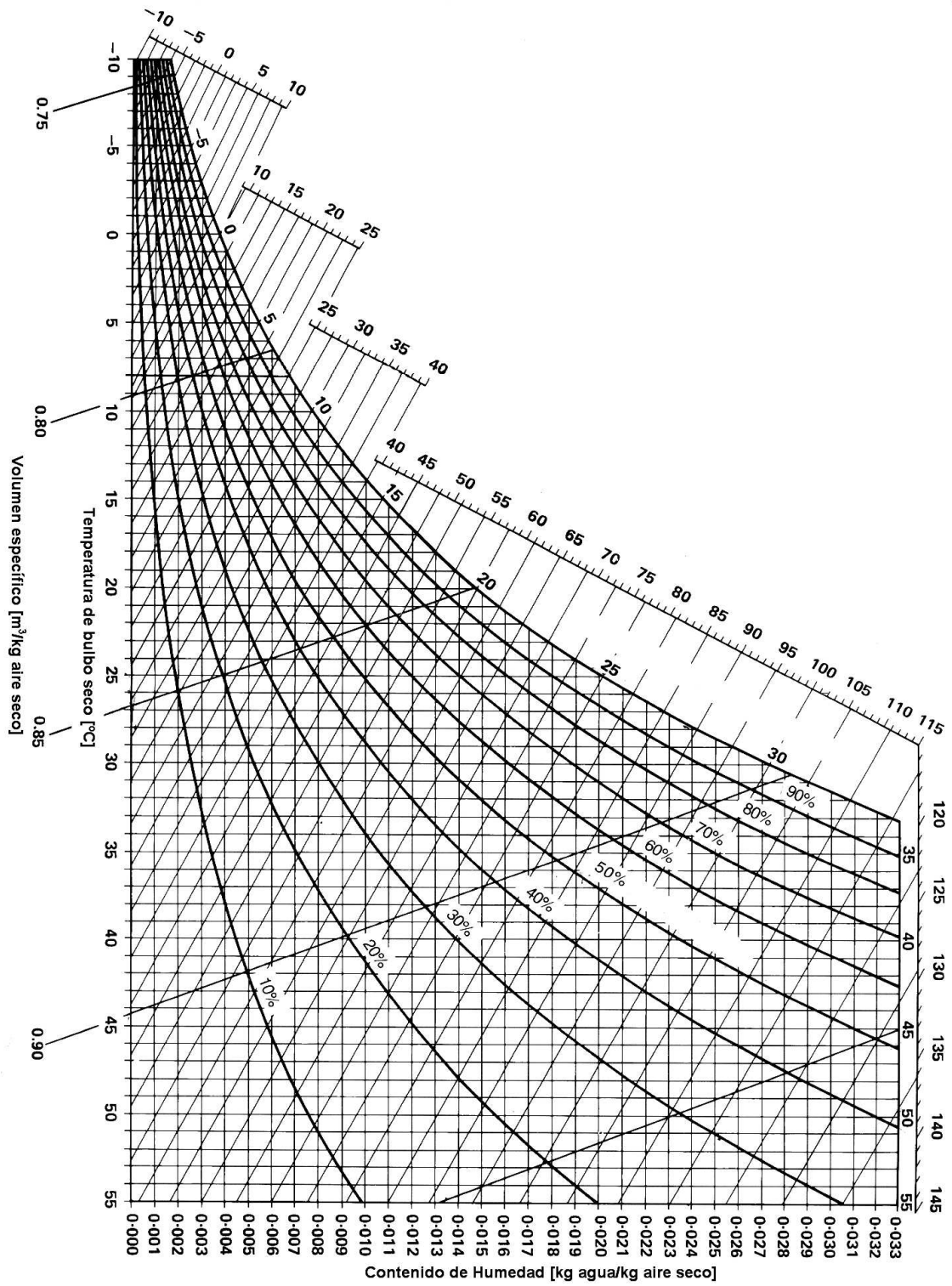
## ANEXO VII.

### FOTOS DE LA CONSTRUCCIÓN DEL DESHIDRATADOR



# ANEXO VIII.

## CARTA PSICROMÉTRICA O DE HUMEDAD



## ANEXO IX.

### TABLA DE PRESIÓN DE VAPOR DE AGUA EN MILÍMETROS DE MERCURIO

#### PRESIÓN DE VAPOR DE AGUA EN MILÍMETROS DE MERCURIO (T<sub>a</sub>) Para temperaturas de -10 a 120°C

Los valores en la tabla son para agua en contacto con su propio vapor. Cuando el agua se encuentra en contacto con aire a una temperatura t°C, se debe añadir la siguiente corrección: Corrección (para temperaturas hasta de 40°C) =  $p(0.775 - 0.000313 t)/100$ ; corrección (para temperaturas arriba de 50°C) =  $p(0.652 - 0.0009875 t)/100$ .

t. °C	p. mm Hg	t. °C	p. mm Hg	t. °C	p. mm Hg	t. °C	p. mm Hg
-10.0	2.149	14.5	12.352	24.6	23.198	34.4	40.796
-9.5	2.236	15.0	12.768	24.8	23.475	34.6	41.251
-9.0	2.326	15.2	12.953	25.0	23.755	34.8	41.710
-8.5	2.418	15.4	13.121	25.2	24.039	35.0	42.175
-8.0	2.514	15.5	13.290	25.4	24.326	35.2	42.644
-7.5	2.613	15.8	13.461	25.6	24.617	35.4	43.117
-7.0	2.715	16.0	13.634	25.8	24.912	35.6	43.595
-6.5	2.822	16.2	13.809	26.0	25.209	35.8	44.078
-6.0	2.931	16.4	13.987	26.2	25.509	36.0	44.563
-5.5	3.046	16.6	14.166	26.4	25.812	36.2	45.054
-5.0	3.163	16.8	14.347	26.6	26.117	36.4	45.549
-4.5	3.284	17.0	14.530	26.8	26.426	36.6	46.050
-4.0	3.410	17.2	14.715	27.0	26.739	36.8	46.556
-3.5	3.540	17.4	14.903	27.2	27.055	37.0	47.067
-3.0	3.673	17.6	15.092	27.4	27.374	37.2	47.582
-2.5	3.813	17.8	15.284	27.6	27.695	37.4	48.102
-2.0	3.956	18.0	15.477	27.8	28.021	37.6	48.627
-1.5	4.105	18.2	15.673	28.0	28.349	37.8	49.157
-1.0	4.258	18.4	15.871	28.2	28.680	38.0	49.692
-0.5	4.416	18.5	16.071	28.4	29.015	38.2	50.231
0.0	4.579	18.8	16.272	28.6	29.354	38.4	50.774
0.5	4.750	19.0	16.477	28.8	29.697	38.6	51.323
1.0	4.926	19.2	16.685	29.0	30.043	38.8	51.879
1.5	5.107	19.4	16.894	29.2	30.392	39.0	52.442
2.0	5.294	19.6	17.105	29.4	30.745	39.2	53.009
2.5	5.486	19.8	17.319	29.6	31.102	39.4	53.580
3.0	5.685	20.0	17.535	29.8	31.461	39.6	54.156
3.5	5.889	20.2	17.753	30.0	31.824	39.8	54.737
4.0	6.101	20.4	17.974	30.2	32.191	40.0	55.324
4.5	6.318	20.6	18.197	30.4	32.561	40.5	56.81
5.0	6.543	20.8	18.422	30.6	32.934	41.0	58.34
5.5	6.775	21.0	18.650	30.8	33.312	41.5	59.90
6.0	7.013	21.2	18.880	31.0	33.695	42.0	61.50
6.5	7.259	21.4	19.113	31.2	34.082	42.5	63.13
7.0	7.513	21.6	19.349	31.4	34.471	43.0	64.80
7.5	7.775	21.8	19.587	31.6	34.864	43.5	66.51
8.0	8.045	22.0	19.827	31.8	35.261	44.0	68.26
8.5	8.323	22.2	20.070	32.0	35.663	44.5	70.05
9.0	8.609	22.4	20.316	32.2	36.068	45.0	71.88
9.5	8.905	22.6	20.565	32.4	36.477	45.5	73.74
10.0	9.209	22.8	20.815	32.6	36.891	46.0	75.65
10.5	9.521	23.0	21.068	32.8	37.308	46.5	77.61
11.0	9.844	23.2	21.324	33.0	37.729	47.0	79.60
11.5	10.175	23.4	21.583	33.2	38.155	47.5	81.64
12.0	10.516	23.6	21.845	33.4	38.584	48.0	83.71

## ANEXO X.

### FUENTE DE CALOR

El gas licuado del petróleo (**GLP**) es la mezcla de gases condensables presentes en el gas natural o disuelto en el petróleo. Los componentes del GLP, aunque a temperatura y presión ambientales son gases, son fáciles de condensar, de ahí su nombre. En la práctica, se puede decir que los GLP son una mezcla de propano y butano.

El propano y butano están presentes en el petróleo crudo y el gas natural, aunque una parte se obtiene durante el refino de petróleo, sobre todo como subproducto de la destilación fraccionada catalítica

### FICHA TÉCNICA DEL GLP

<b>GAS</b>	<b>BUTANO</b>	<b>PROPANO</b>
<b>Formula Química</b>	C4H10	C3H8
<b>N° C.A.S.</b>	106-97-8	74-98-6
<b>N° O.N.U.</b>	1011	1978
<b>Olor</b>	N/A	N/A
<b>Odorizante</b>	Etil Mercaptano	Etil Mercaptano
<b>Densidad relativa de vapor</b>	2.1	1.6
<b>Densidad relativa de liquido</b>	0.6	0.5
<b>Temperatura de ebullición</b>	- 0.5° C	-42° C
<b>Presión de vapor (a 21° C)</b>	213.7 kPa	840 kPa
<b>Limite superior inflamabilidad U.E.L.</b>	8.4%	9.5
<b>Limite inferior inflamabilidad L.E.L.</b>	1.8%	2.1
<b>Temperatura de auto ignición</b>	287° C	450° C

Fuente: <http://rivavann.googlepages.com/>

### CONSIDERACIONES CON EL GLP Y SUS CARACTERISTICAS.

El GLP no tiene olor, por lo que se le adiciona un sensibilizante que es el Etil Mercaptano (parecido a ajo con cebolla).

Por su densidad relativa de vapor se desprende que cuando se libera de su recipiente este se desplaza a nivel del suelo y se puede acumular en áreas bajas, por lo tanto la prioridad en la ventilación estará en sótanos, 1er piso, recipientes abiertos a nivel del piso (tina, ollas, etc.)

La temperatura ( $T^{\circ}$ ) de ebullición nos indica que el Propano se vaporizara mas rápido que el Butano. En general las empresas llenan con mas propano los recipientes iguales o mayores de 45 Kg.

Su  $T^{\circ}$  de auto ignición es relativamente baja, por lo que cualquier fuentes de ignición (radio, linterna, vehículo, celular, electricidad estática, etc) puede encenderlo si se encuentra dentro de los rangos de inflamabilidad. Si es absolutamente indispensable ingresar a un área con gas, esto debe hacerse con equipo completo de protección.

Una nube de GLP solo arderá si se encuentra dentro de los Rangos de Inflamabilidad. Un cálculo teórico para considerar: 1 kilo de GLP tiene un volumen aproximado de 0.5 m<sup>3</sup>, si consideramos que esto corresponde solo al 5% de la mezcla ideal de "AIRE GLP", entonces la nube explosiva puede llegar a tener un volumen de 10 m<sup>3</sup>, sin embargo como sabemos que el GLP es más pesado que el aire la superficie que puede llegar a cubrir esta mezcla explosiva es muy grande, y sólo calculamos esto para un kilo.

## ANEXO XI

### VENTILADOR O VENTEROL

Un ventilador es un dispositivo para agitar o mover aire o gas. Básicamente crea una corriente de aire moviendo unas paletas o álabes.



Fuente:<http://www.starfac.cl/old/productos/extraccion/Images/ventilador-centrifugo-cbm>.

Se utiliza para desplazar aire o gas de un lugar a otro, en el interior o entre espacios, para motivos industriales o uso residencial, para ventilación o para aumentar la circulación de aire en un espacio habitado, básicamente para refrescar.

En energía, los ventiladores se usan principalmente para producir flujo de gases de un punto a otro; es posible que la conducción del propio gas sea lo esencial, pero también en muchos casos, el gas actúa sólo como medio de transporte de calor, humedad, etc; o de material sólido, como cenizas, polvos, etc.

De forma secundaria, se utiliza el ventilador junto con un dispensador o un radiador para aumentar la transferencia de calor entre un sólido y el aire, bien para refrigerar, bien para calentar cualquiera de los dos elementos en contacto.

Entre las alternativas de ventiladores que existen en el mercado se escoge uno de tipo centrifugo, el mismo que está compuesto de un rodete que posee paletas radiales denominada turbina que gira en el interior de un envolvente con figura espiral llamada

roleta y esta tiene dos bocas, una de aspiración situada en el eje de la turbina y otra de impulsión abierta tangencialmente en colocación al rodete.



## ANEXO XII

### CONTROL DE TEMPERATURA AUTOMÁTICO

La Temperatura es difícil de definir, ya que no es una variable tan tangible como lo es la presión, dado que en su caso, no podemos referirla a otras variables.

La temperatura es un estado relativo del ambiente, de un fluido o de un material referido a un valor patrón definido por el hombre, un valor comparativo de uno de los estados de la materia. Por otra parte, si, positivamente, podremos definir los efectos que los cambios de temperatura producen sobre la materia, tales como los aumentos o disminución de la velocidad de las moléculas de ella, con consecuencia palpable, tales como el aumento o disminución del volumen de esa porción de materia o posibles cambios de estado.



Fuente: [http://novoimages.quebarato.com.br/photos/big/2/7/E9B27\\_2.jpg](http://novoimages.quebarato.com.br/photos/big/2/7/E9B27_2.jpg)

## ANEXO XIII

### TERMOCUPLA TIPO K (Ni Cr Ni)

Una termocupla básicamente es un transductor de temperaturas, es decir un dispositivo que convierte una magnitud física en una señal eléctrica. Está constituida por dos alambres metálicos diferentes que unidos, desarrollan una diferencia de potencial eléctrica entre sus extremos libres que es aproximadamente proporcional a la diferencia de temperaturas entre estas puntas y la unión. Se suelen fabricar con metales puros o aleaciones (caso más común) y la característica más notable es que son empleadas para medir temperaturas en un rango notablemente grande comparadas con otros termómetros. Valores típicos del rango están entre 70 K y 1700 K, pudiéndose llegar en algunas circunstancias con aleaciones especiales hasta los 2000 K.

Una termocupla, en rigor, mide diferencias de temperaturas y no temperaturas absolutas. Esto hace necesario el uso de una temperatura de referencia, por lo que suele emplearse un baño de agua con hielo (0° C). El empleo de termocuplas para medir temperaturas está fundamentado en el efecto seebeck que a su vez es una combinación de dos efectos: el Thompson y el Peltier.



Fuente:[http://www.promelsa.com.pe/fotos/Fotos\\_Catalogo/14110004.jpg](http://www.promelsa.com.pe/fotos/Fotos_Catalogo/14110004.jpg)

La termocupla Tipo K se la conoce también como la termocupla Chromel-Alumel (marcas registradas de Hoskins Manufacturing Co., EE.UU.). El Chromel es una aleación de aproximadamente 90% de níquel y 10% de cromo, el Alumel es una aleación de 95% de níquel, más aluminio, silicio y manganeso , razón por la que la norma IEC la especifica NiCr - Ni. La Tipo K es la termocupla que más se utiliza en la industria, debido a su capacidad de resistir mayores temperaturas que la termocupla Tipo J.

Las termocuplas Tipo K pueden utilizarse en forma continua en atmósferas oxidantes e inertes hasta 1.260° C y constituyen el tipo más satisfactorio de termocupla para uso en atmósferas reductoras o sulfurosas o en vacío.

## **ANEXO XIV**

### **ELECTROVÁLVULA**

Una **electroválvula** es un dispositivo diseñado para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto como puede ser una tubería.

No se debe confundir la electroválvula con válvulas motorizadas, que son aquellas en las que un motor acciona el cuerpo de la válvula.

#### **CLASES Y FUNCIONAMIENTO**

Una electroválvula tiene dos partes fundamentales: el solenoide y la válvula. El solenoide convierte energía eléctrica en energía mecánica para actuar la válvula.

Existen varios tipos de electroválvulas. En algunas electroválvulas el solenoide actúa directamente sobre la válvula proporcionando toda la energía necesaria para su movimiento. Es corriente que la válvula se mantenga cerrada por la acción de un muelle y que el solenoide la abra venciendo la fuerza del muelle. Esto quiere decir que el solenoide debe estar activado y consumiendo potencia mientras la válvula deba estar abierta.

También es posible construir electroválvulas biestables que usan un solenoide para abrir la válvula y otro para cerrar o bien un solo solenoide que abre con un impulso y cierra con el siguiente.

Las electroválvulas pueden ser cerradas en reposo o normalmente cerradas lo cual quiere decir que cuando falla la alimentación eléctrica quedan cerradas o bien pueden ser del tipo abiertas en reposo o normalmente abiertas que quedan abiertas cuando no hay alimentación.

Hay electroválvulas que en lugar de abrir y cerrar lo que hacen es conmutar la entrada entre dos salidas. Este tipo de electroválvulas a menudo se usan en los sistemas de calefacción por zonas lo que permite calentar varias zonas de forma independiente utilizando una sola bomba de circulación.



Fuente:[http://www.hogartintorero.com/Recambios/Paginas\\_generales/Electrovalvulas/8300125\\_Electrovalvula\\_G.jpg](http://www.hogartintorero.com/Recambios/Paginas_generales/Electrovalvulas/8300125_Electrovalvula_G.jpg)

## **ANEXO XV**

### **ACERO INOXIDABLE.**

Se define como una aleación de acero con un mínimo de 10% de cromo contenido en masa. El acero inoxidable es resistente a la corrosión, dado que el cromo, u otros metales que contiene, posee gran afinidad por el oxígeno y reacciona con él formando una capa pasivadora, evitando así la corrosión del hierro. Sin embargo, esta capa puede ser afectada por algunos ácidos, dando lugar a que el hierro sea atacado y oxidado por mecanismos intergranulares o picaduras generalizadas. Contiene, por definición, un mínimo de 10,5% de cromo. Algunos tipos de acero inoxidable contienen además otros elementos aleantes; los principales son el níquel y el molibdeno.

Su resistencia a la corrosión es lo que da al acero inoxidable su nombre. Sin embargo, justo después de su descubrimiento se apreció que el material tenía otras muchas valiosas propiedades que lo hacen idóneo para una amplia gama de usos diversos.

#### Tipos de aceros inoxidables

Los aceros inoxidables que contienen solamente cromo se llaman férricos, ya que tienen una estructura metalográfica formada básicamente por ferrita. Son magnéticos y se distinguen porque son atraídos por un imán. Con porcentajes de carbono inferiores al 0,1%C, estos aceros no son endurecibles por tratamiento térmico. En cambio, aceros entre 0,1% y 1% en C sí son templables y se llaman aceros inoxidables "martensíticos", por tener martensita en su estructura metalográfica. Éstos también son magnéticos.

Los aceros inoxidable que contienen más de un 7% de níquel se llaman austeníticos, ya que tienen una estructura formada básicamente por austenita a temperatura ambiente (el níquel es un elemento "gammágeno" que estabiliza el campo de la austenita). No son magnéticos.

Los aceros inoxidable austeníticos se pueden endurecer por deformación, pasando su estructura metalográfica a contener martensita. Se convierten en parcialmente magnéticos, lo que en algunos casos dificulta el trabajo en los artefactos eléctricos.

También existen los aceros dúplex ( $20\% < Cr < 30\%$ ), ( $5\% < Ni < 8\%$ ), ( $C < 0.03\%$ ), no endurecibles por TT, muy resistentes a la corrosión por picaduras y buen comportamiento bajo tensión. Estructura de ferrita y austenita.

A todos los aceros inoxidable se les puede añadir un pequeño porcentaje de molibdeno, para mejorar su resistencia a la corrosión por cloruros.

**MARCO TEORICO**



# **PARTE EXPERIMENTAL**

# **LINEA DE INVESTIGACION**

# **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

# **BIBLIOGRAFIA Y ANEXOS**

