



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“REDISEÑO DEL SECADOR POR ATOMIZACIÓN PARA LA
OBTENCIÓN DE COLORANTE NATURAL A PARTIR DE MORA
DE CASTILLA (*Rubus glaucus*)”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTO TECNICO

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: ERIKA TATIANA LLANGA URQUIZO

TUTOR: ING. HANNIBAL BRITO M. PhD.

Riobamba-Ecuador

2018

©2018, Erika Tatiana Llanga Urquiza

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

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

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que el Trabajo de investigación, Tipo: Proyecto técnico "**REDISEÑO DEL SECADOR POR ATOMIZACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE COLORANTE NATURAL A PARTIR DE MORA DE CASTILLA (*Rubus glaucus*)**" de responsabilidad de la señorita Erika Tatiana Llanga Urquiza, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FECHA	FIRMA
Ing. Hannibal Briro M. PhD. DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN
Ing. Mayra Zambrano MIEMBRO DEL TRIBUNAL

“Yo, Erika Tatiana Llanga Urquiza soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”.

Erika Tatiana Llanga Urquiza

AGRADECIMIENTO

A Dios por brindarme fortaleza necesaria.

A mis padres Antonio y Judith, quienes constituyen el centro de mi vida y motivación, por apoyarme siempre.

Al Ingeniero Hannibal Brito M. PhD., director de este proyecto por la confianza demostrada y la asesoría prestada en los momentos requeridos que han marcado la evolución de mi **tesis**.

.

Erika

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	xviii
SUMMARY	xviii

CAPITULO I

1.	DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PRPOBLEMA	1
1.1	Identificación del Problema	1
1.2	Justificación del Proyecto	2
1.3	Línea Base del Proyecto.....	2
1.3.1	<i>Reconocimiento del lugar de la investigación</i>	2
1.3.2	<i>Estado actual del secador por atomización</i>	3
1.3.3	<i>Método de recopilación de la información</i>	3
1.3.4	<i>Procedimientos para la recolección de información.....</i>	3
1.4	Beneficiarios Directos e Indirectos	3
1.4.1	<i>Beneficiarios Directos</i>	3
1.4.2	<i>Beneficiarios Indirectos</i>	4

CAPITULO II

2	OBJETIVOS DEL PROYECTO	5
2.1	Objetivo General	5
2.2	Objetivos Específicos	5

CAPITULO III

3	ESTUDIO TÉCNICO	6
3.1	Localización del Proyecto	6
3.2	Ingeniería del Proyecto	7
3.2.1	<i>Estado técnico del equipo</i>	7
3.2.2	<i>Métodos y técnicas</i>	10

3.2.2.1	<i>Métodos</i>	10
3.2.2.2	<i>Técnicas</i>	11
3.2.2.2.1	<i>Determinación del porcentaje de sólidos y humedad</i>	12
3.2.2.2.2	<i>Determinación de la densidad por el método del picnómetro.</i>	13
3.2.2.2.3	<i>Determinación de la densidad de sólidos</i>	14
3.2.2.2.4	<i>Determinación de la viscosidad dinámica mediante el viscosímetro rotatorio.</i> ..	15
3.2.2.2.5	<i>Determinación de grados brix (°bx) mediante el refractómetro.</i>	16
3.2.2.2.6	<i>Determinación de la tensión superficial mediante el método del capilar.</i>	17
3.2.2.2.7	<i>Determinación de la capacidad calorífica del extracto mediante calorímetro.</i>	18
3.2.2.2.8	<i>Determinación de higroscopia.</i>	19
3.2.2.2.9	<i>Determinación de características organolépticas.</i>	20
3.2.2.2.10	<i>Determinación de presencia de antocianinas mediante espectrofotometría uv-visible</i>	21
3.2.3	<i>Colorantes</i>	22
3.2.3.1	<i>Mora de Castilla</i>	23
3.2.3.2	<i>Antocianinas.</i>	24
3.2.3.3	<i>Estructura Antocianinas.</i>	25
3.2.3.4	<i>Sustituyentes de las antocianinas.</i>	25
3.2.3.5	<i>Identificación y control</i>	25
3.2.3.6	<i>Valoración.</i>	26
3.2.4	<i>Secado</i>	26
3.2.4.1	<i>Secado por Atomización.</i>	26
3.2.4.2	<i>Análisis del Proceso de Secado por Atomización</i>	27
3.2.4.3	<i>Determinación de las condiciones de entrada del producto.</i>	28
3.2.4.4	<i>Requerimiento del producto seco.</i>	28
3.2.4.5	<i>Propiedades del producto seco</i>	29
3.2.5	<i>Rediseño</i>	29
3.2.5.1	<i>Sensor de temperatura</i>	29
3.2.5.2	<i>Transmisor programable para Pt100</i>	30
3.2.5.2.1	<i>Características.</i>	30
3.2.5.2.2	<i>Especificaciones Técnicas.</i>	31
3.2.5.3	<i>Tanque de Almacenamiento</i>	32
3.2.5.4	<i>Balace de masa</i>	32
3.2.5.5	<i>Balace de energía.</i>	35
3.2.5.6	<i>Diámetro de la gota.</i>	37
3.2.5.7	<i>Diámetro, humedad y temperatura de la gota en el punto crítico.</i>	37
3.2.5.8	<i>Humedad y temperatura del aire en el punto crítico.</i>	40

3.2.5.9	<i>Tiempo de secado.....</i>	41
3.2.5.10	<i>Tiempo de viaje de la gota a la pared de la cámara de secado.....</i>	44
3.2.5.11	<i>Calor transferido a la gota durante el tiempo de viaje.....</i>	44
3.2.5.12	<i>Calor necesario para secar la alimentación.....</i>	45
3.2.5.13	<i>Eficiencias.....</i>	45
3.2.5.14	<i>Eficiencia térmica del secador por aspersión.....</i>	46
3.2.5.15	<i>Eficiencia de evaporación.....</i>	46
3.2.5.16	<i>Recuperación de sólidos</i>	46
3.2.5.17	<i>Rendimiento</i>	47
3.2.5.18	<i>Productividad.....</i>	47
3.2.6	<i>Datos Experimentales del Extracto de la Mora de Castilla</i>	47
3.2.7	<i>Datos experimentales del Secador por Atomización</i>	48
3.2.8	<i>Datos adicionales Generales</i>	49
3.2.8.1	<i>Datos Adicionales Generales</i>	49
3.2.8.2	<i>Datos adicionales del extracto de mora de castilla 20°C</i>	49
3.2.8.3	<i>Datos adicionales del aire</i>	49
3.2.8.4	<i>Datos adicionales del agua</i>	50
3.2.9	<i>Cálculos</i>	50
3.2.9.1	<i>Dimensionamiento del tanque de alimentación</i>	50
3.2.9.2	<i>Calculo del dimensionamiento del tanque</i>	51
3.2.9.3	<i>Balace de energía</i>	55
3.2.9.4	<i>Diámetro de la gota</i>	57
3.2.9.5	<i>Diámetro, humedad y temperatura de la gota en el punto crítico</i>	57
3.2.9.6	<i>Humedad y temperatura del aire en el punto crítico</i>	58
3.2.9.7	<i>Tiempo de secado</i>	59
3.2.9.8	<i>Tiempo de viaje de la gota a la pared de la cámara de secado</i>	60
3.2.9.9	<i>Calor transferido a la gota durante el tiempo de viaje</i>	60
3.2.9.10	<i>Eficiencias</i>	61
3.2.9.10.1	<i>Eficiencia térmica del secador por aspersión.</i>	61
3.2.9.11	<i>Recuperación de sólidos.</i>	61
3.2.9.12	<i>Rendimiento</i>	62
3.2.9.13	<i>Productividad</i>	62
3.2.10	<i>Proceso de Producción</i>	63
3.2.10.1	<i>Descripción del proceso</i>	63
3.2.10.2	<i>Resultados</i>	65
3.2.11	<i>Análisis y discusión de Resultados</i>	66
	CONCLUSIONES	67

RECOMENDACIONES	68
BIBLIOGRAFIA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-3:	Flujo de masa de agua contenida en la alimentación	32
Ecuación 2-3:	Flujo de masa de sólidos secos de la alimentación.	32
Ecuación 3-3:	Humedad en base seca de la alimentación.	33
Ecuación 4-3:	Flujo de masa de agua contenida en el aire.	33
Ecuación 5-3:	Humedad absoluta	33
Ecuación 6-3:	Presión parcial de vapor.	34
Ecuación 7-3:	Presión del vapor saturado.	34
Ecuación 8-3:	Presión de la localidad.	34
Ecuación 9-3:	Balance de agua en la cámara de secado y el balance de materia.	35
Ecuación 10-3:	Balance de energía sobre la cámara de secado.	35
Ecuación 11-3:	Entalpía de la alimentación.	35
Ecuación 12-3:	Entalpía del aire.	36
Ecuación 13-3:	Calor latente de vaporización.	36
Ecuación 14-3:	Flujo de aire.	36
Ecuación 15-3:	Diámetro de la gota.	37
Ecuación 16-3:	Masa de la gota.	38
Ecuación 17-3:	Masa.	39
Ecuación 18-3:	Humedad removida de la gota cuando alcanza el punto crítico.	39
Ecuación 19-3:	Humedad remanente de la gota.	39
Ecuación 20-3:	Humedad absoluta de la gota cuando se alcanza el punto crítico.	40
Ecuación 21-3:	En el punto crítico la temperatura de la gota.	40
Ecuación 22-3:	Humedad absoluta del aire cuando se alcanza el punto crítico.	40
Ecuación 23-3:	Temperatura del aire cuando alcanza el punto crítico.	40
Ecuación 24-3:	Entalpía del aire cuando se alcanza el punto crítico.	41
Ecuación 25-3:	Entalpía de los sólidos cuando se alcanza el punto crítico.	41
Ecuación 26-3:	Tiempo total de secado.	41
Ecuación 27-3:	Velocidad de transferencia de calor.	42
Ecuación 28-3:	Área de la gota.	42
Ecuación 29-3:	Masa de la gota.	42
Ecuación 30-3:	Media logarítmica de temperaturas en el período de velocidad constante. ...	43
Ecuación 31-3:	Calor latente de vaporización a la temperatura de bulbo húmedo.	43
Ecuación 32-3:	Tiempo de secado en el período de velocidad constante.	43
Ecuación 33-3:	Media logarítmica de temperaturas en el período de velocidad decreciente.	43
Ecuación 34-3:	Tiempo del periodo de velocidad decreciente.	44
Ecuación 35-3:	Tiempo de viaje de la gota a la pared de la cámara de secado.	44

Ecuación 36-3:	Transporte de calor.	44
Ecuación 37-3:	Media logarítmica de temperaturas durante el proceso de secado.	45
Ecuación 38-3:	Flujo de calor necesario.	45
Ecuación 39-3:	Eficiencia térmica de la operación de secado.	46
Ecuación 40-3:	Eficiencia de evaporación.	46
Ecuación 41-3:	Recuperación de sólidos.	47
Ecuación 42-3:	Rendimiento.	47
Ecuación 43-3:	Productividad.	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-3: Localización ESPOCH.....	6
Tabla 2-3: Evaluación de Aspectos.....	8
Tabla 3-3: Asignación de valores a calificar.....	9
Tabla 4-3: Aspectos calificados	9
Tabla 5-3: Selección del estado de Mantenimiento	9
Tabla 6-3: Determinación del porcentaje de sólidos del extracto de mora y humedad del colorante.....	12
Tabla 7-3: Determinación de la densidad del extracto de mora.....	13
Tabla 8-3: Determinación de la densidad del colorante de mora en polvo.....	14
Tabla 9-3: Determinación de la viscosidad dinámica del extracto de mora.....	15
Tabla 10-3: Determinación de los grados brix (°b _x) del extracto de mora.....	16
Tabla 11-3: Determinación de la tensión superficial del extracto de mora.....	17
Tabla 12-3: Determinación de la capacidad calorífica del extracto de mora	18
Tabla 13-3: Determinación de higroscopia del colorante de mora en polvo	19
Tabla 14-3: Determinación de características organolépticas del colorante de mora en polvo	20
Tabla 15-3: Espectrofotometría de absorción uv – visible.....	21
Tabla 16-3: Composición de la mora de castilla por cada 100g de pulpa sin semilla.....	24
Tabla 17-3: Sustituyentes Antocianinas.....	25
Tabla 18-3: Especificaciones técnicas	31
Tabla 20-3: Datos Experimentales del Secador por Atomización	48
Tabla 19-3: Datos Experimentales del extracto de mora de castilla pura 20 °C.....	48
Tabla 21-3: Datos adicionales generales.....	49
Tabla 22-3: Datos adicionales del extracto de mora de castilla 20°C.....	49
Tabla 23-3: Datos adicionales del aire	49
Tabla 24-3: Datos adicionales del agua.	50
Tabla 25-3: Kilo de mora (10% de maltodextrina) antes del rediseño.....	64
Tabla 26-3: Kilo de mora (10% de maltodextrina) después del rediseño	64
Tabla 27-3: Recuperación de sólidos, rendimiento y productividad del colorante de mora. ...	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-3:	Localización ESPOCH	6
Figura 2-3:	Colorantes	22
Figura 3-3:	Mora de Castilla.....	23
Figura 4-3:	Molécula antocianinas.	25
Figura 5-3:	Etapas del secado por aspersión.....	28
Figura 6-3:	Sensor de temperatura Pt100.....	29
Figura 7-3:	Transmisor programable para Pt100	30
Figura 8-3:	Formación de gránulos.....	38
Figura 9-3:	Dimensionamiento del tanque.....	50

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3: Diagrama de flujo del proceso de producción.....	63
--	----

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A:** Mora de castilla
- Anexo B:** Grados brix, densidad y viscosidad del extracto puro de Mora
- Anexo C:** Tensión Superficial y Solidos totales del extracto de Mora
- Anexo D:** Humedad y Higroscopia del producto
- Anexo E:** Espectrofotometría uv visible
- Anexo F:** Equipo antes
- Anexo G:** Tanque de alimentación antes
- Anexo H:** Panel de Control antes
- Anexo I:** Equipo rediseñado
- Anexo J:** Tanque de alimentación rediseñado
- Anexo K:** Panel de control rediseñado
- Anexo L:** Sistema de vibración rediseñado
- Anexo M:** Planos equipo rediseñado vista sólida
- Anexo N:** Planos equipo rediseñado vista lineal
- Anexo O:** Espectrofotómetro UV visible está en un rango de 500 a 550
- Anexo P:** Espectrofotómetro UV visible está en un rango de 500 a 550
- Anexo Q:** Análisis del colorante natural de mora

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

V₁	Volumen (m ³)
H	Altura (m)
R	Radio (m)
ϕ	Diámetro (m)
X	Volumen adicional (m ³)
X_R	Humedad de la alimentación en base seca
ṁ_{RH₂O}	Flujo de masa de agua contenida en la alimentación
ṁ_{RS}	Flujo de masa de sólidos secos de la alimentación
SA	Porcentaje de sólidos (%)
P_v	Presión parcial de vapor (Pa)
P	Presión atmosférica del lugar (Pa)
Pa	Pascal
Φ	Humedad relativa del aire (Kg H ₂ O/Kg as)
Kg	Kilogramo
P_{vs}	Presión de saturación de vapor (Pa)
T_{Ae}	Temperatura del aire en el exterior (°C)
P_o	Presión a nivel del mar (Pa)
C_{pR}	Calor específico del solido (KJ/Kg.°C) (KJ/Kg.°K)
C_{pH₂O}	Calor específico del agua (KJ/Kg.°C) (KJ/Kg.°K)
T_o	Temperatura de referencia (°C)
T_R	Temperatura del aire (°C)
λ_o	Calor latente de vaporización (J/Kg)
D_g	Grosor medio de las gotas (<i>m</i>)
γ	Tensión superficial (dyn/cn)
u	Velocidad relativa del gas con respecto al líquido
ρ_l	Densidad del líquido (Kg/m ³)
μ	Viscosidad dinámica del líquido (cP)
Ṃ₁	Volumen del líquido /unidad de tiempo (L/h)

\dot{V}_g	Volumen del gas/unidad de tiempo (L/h)
ρ_R	Densidad de la alimentación (Kg/m^3)
ρ_{RS}	Densidad de los sólidos secos (Kg/m^3)
α_T	Humedad removida hasta el punto crítico (Kg)
ρ_{H_2O}	Densidad del agua (Kg/m^3)
t_T	Tiempo total de secado (s)
t_c	Tiempo de secado en el período de velocidad constante (s)
t_d	Tiempo de secado en el período de velocidad decreciente (s)
h_c	Coefficiente de transferencia de calor (W/m^2K)
A	Área de la gota (m^2)
λ_{bh}	Calor latente de vaporización a la temperatura de bulbo húmedo (J/Kg)
D_g	diámetro de la gota (m)
$^{\circ}C$	Grados centígrados
m_g	masa de la gota (g)
t_v	Tiempo de viaje de la gota a la pared de la cámara de secado (s)
R_{cs}	Radio de la cámara de secado (m)
D_r	Diámetro del atomizador (m)
v_{res}	Velocidad de la gota que sale del atomizador (m/s)
b	ancho de un chorro de aire que sale del atomizador (m)
Q_{tf}	Transporte de calor (J/s)
Q_{nec}	Flujo de calor (J/s)
n_t	Eficiencia térmica (%)
n_{ev}	Eficiencia de evaporación(%)
Ma	Miliamperio
V	Voltio
MI	Mililitro
G	Gramo

RESUMEN

Se desarrolló el rediseño de un secador por atomización para la obtención de colorante natural a partir de mora de castilla (*Rubus glaucus*). Se realizó el diagnóstico del equipo, el cual determinó una reparación media en el mismo, a causa de que el tanque de alimentación no fue el adecuado para almacenar alimentos, además la acumulación del producto en las paredes de la cámara de secado y del ciclón. Por otra parte el transmisor de temperatura de operación del equipo, evidenció variación descontrolada de la misma y el compresor se encontró aislado de la automatización del equipo, operando de forma manual. Se determinó el problema de mal funcionamiento del sistema de temperatura y se dio solución al mismo mediante la instalación de un sistema de temperatura compuesto por un sensor PT100 y un transmisor de temperatura los mismos que fueron adecuados y calibrados para su adaptabilidad con el Programador Lógico Controlado (PLC) ya instalado. El rediseño del secador por atomización se lo realizó con la implementación de un moto-vibrador, para dar solución a la acumulación de producto en las paredes tanto del secador como del ciclón; y el diseño e implementación de un tanque de alimentación en acero inoxidable ideal para el uso con alimentos. Al finalizar este proyecto se evidenció un incremento en la recuperación de sólidos de 21,5 %, el rendimiento en un 43,5% y la productividad en 42,1%; debido al correcto funcionamiento del control de temperatura siendo este el más importante en el proceso, y a la implementación del moto-vibrador con una notable reducción en la pérdida de producto. Se recomienda el uso adecuado del secador tomando en cuenta el manual de usuario del equipo, junto con los parámetros necesarios según el producto que se desee obtener.

PALABRAS CLAVE: <INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA QUÍMICA>, <ATOMIZACIÓN>, <SISTEMA DE SECADO>, <SENSOR DE TEMPERATURA>, <TANQUE DE ALIMENTACIÓN>, <MORA DE CASTILLA (*Rubus glaucus*)>, <COLORANTE>.

SUMMARY

The redesign of an automation drier to obtain blackberry (*Rubus glaucus*) natural colorant was carried out. For this, it was necessary to diagnose the equipment that determined a partial reparation of it, since the feeding tank was not appropriate to store the food and there was accumulation of the product in the drying walls and the cyclone. On the other hand, the operation temperature transmitter of the equipment evidenced an uncontrolled variation, the compressor was isolated from the automation of the equipment and it was operated in a manual way. The malfunction of the temperature system was determined and the corresponding solution was also given through the installation of a temperature system containing a PT 100 sensor and a temperature transmitter which were adapted and calibrated with the installed Programmable Logic Controller (PLC). The redesign of the automation drier was carried out with the implementation of a moto-vibrator to give a solution for the accumulation of the product in the walls of both, drier and cyclone, while the design and implementation of iron feeding tank for food use. At the end of the project, it was possible to evidence an increase in solids recovery of 21,5 %, the performance in a 43,5 % and the productivity in 42,1 %; due to the right performance of the temperature control which is the most important during the process and the implementation of the moto-vibrator that clearly reflected a reduction in the product loss. It is recommended to have an adequate use of the drier, checking the user's manual together with the necessary parameters for the product to be obtained.

KEY WORDS: <ENGINEERING AND CHEMICAL TECHNOLOGY>, <AUTOMATION>, <DRYING SYSTEM>, <TEMPERATURE SENSOR>, <FEEDING TANK>, <CASTILLA BLACKBERRY (*Rubus glaucus*)> <COLORANT>.

CAPITULO I

1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Identificación del Problema

“El Ingeniero Químico comprometido con el impulso de nuevas alternativas, partiendo de una constante actualización de conocimientos, se ve en la capacidad de diseñar, optimizar o mejorar diferentes equipos que tengan rentabilidad y aplicación a nivel industrial.” (Cruz L, Hinojosa K, 2015)

Este proyecto consiste en incorporar al equipo de secado por atomización del laboratorio de procesos industriales perteneciente a la Facultad de Ciencias de la ESPOCH las mejoras identificadas, con el fin de optimizar el rendimiento para la obtención de colorante de mora.

Es así que se evidencia la necesidad de realizar un diseño para el tanque de alimentación, el mismo que cubre los requerimientos para el manejo adecuado de alimentos y a la vez sea adaptable a los elementos que en el residen tal como el sensor de nivel y la bomba.

Se logra identificar a la vez acumulación del producto obtenido en las paredes de la cámara de secado y del ciclón, por lo que se requiere de un revestimiento interno, de manera que el producto deslice y se desplace evitando perdidas por acumulación interna.

Además surge el problema que genera el transmisor de temperatura de operación del equipo, al no evidenciar y variar de forma descontrolada la misma, para lo cual se investigara el tipo de transmisor ideal a emplearse.

“Actualmente el desarrollo industrial y la búsqueda de una mejor calidad de vida, obliga a que constantemente se realicen nuevas investigaciones e innoven métodos y técnicas con los cuales se reduzca el tiempo y costo de producción, manteniendo o incrementando los atributos del producto y beneficios que produce el mismo” (Cruz L, Hinojosa K, 2015), además de activar la producción de mora de castilla (*Rubus glaucus*) en procesos fuera de lo tradicional, como es el caso de los colorantes, evitando así la importación de los mismos.

1.2 Justificación del Proyecto

“En Ecuador la industria de los colorantes naturales representa una oportunidad para el mercado, es por eso que la importancia del colorante natural en polvo obtenido en un tratamiento de secado por atomización bajo condiciones que no afecten al producto, se ve reflejado en la sustitución de colorantes sintéticos perjudiciales para la salud humana, su costo en el mercado mundial y sus aplicaciones que cubren desde la industria textil, a la biomédica, pasando por los cosméticos, la alimentaria y cualquier otro tipo de producción coloreada.” (Cruz L, Hinojosa K, 2015)

“En la actualidad existe una demanda considerable de colorantes naturales alternativos a los colorantes sintéticos, como el rojo No. 40, debido a su toxicidad (Garzón A, 2008). Por tanto las antocianinas como principal pigmento natural presentes en la mora de castilla, representan un factor importante en la industria alimenticia. Adicionalmente estas sustancias poseen un valor agregado y capacidad antioxidante.

El rediseño del equipo de secado por atomización permitió optimizar el proceso para la obtención de un producto en polvo (partiendo de un estado líquido y puro) con alto rendimiento, facilitando la cuantificación del colorante que posee, además de su conservación, es así que se contribuye a la búsqueda de nuevas fuentes que permiten el empleo como colorantes naturales, sustituyendo de esta manera a los sintéticos; empleando como materia prima la mora de castilla (*Rubus glaucus*) fruta que no es ampliamente aprovechada a nivel industrial, además de ofrecer una alternativa de aplicación para procesar derivados de la fruta, impulsando directamente a potenciar su producción en la provincia de Chimborazo.

Además, el rediseño del secador por atomización permitirá a los estudiantes y practicantes realizar sus trabajos de laboratorio e investigación obteniendo mejores resultados sin percances.

1.3 Línea Base del Proyecto

1.3.1 Reconocimiento del lugar de la investigación

En el trabajo de investigación se visitó el laboratorio de procesos industriales en donde se encuentra el equipo a rediseñar, para ejecutar las pruebas iniciales, con el fin de evaluar el estado actual del equipo e identificar las necesidades que presenta.

1.3.2 Estado actual del secador por atomización

Se conoce que el equipo fue construido y puesto en marcha con una operación manual desde el año 2015 , posteriormente se implemento un sistema de control automatico.

Mediante las pruebas iniciales realizadas se pudo identificar falencias de tipo operacional y de estructura.

- El tanque de alimentación no es el adecuado para almacenar alimentos además de no estar adaptado a otros elementos que en el residen.
- La acumulación del producto obtenido en las paredes de la cámara de secado y del ciclón, por lo que se requiere de un revestimiento interno, de manera que el producto deslice y se desplace evitando perdidas por acumulación interna.
- El transmisor de temperatura de operación del equipo, al no evidenciar y variar de forma descontrolada la misma, para lo cual se investigara el tipo de transmisor ideal a emplearse.
- El compresor se encuentra aislado de la automatización del equipo, operando de forma manual.
- La temperatura de operación deberá ser empleada en función del alimento a procesarse, así también la concentración del encapsulante.

1.3.3 Método de recopilación de la información

Las pruebas iniciales en el secador por atomización evidencian la eficiencia del equipo y rendimiento del producto.

1.3.4 Procedimientos para la recolección de información

Este proyecto cuenta con estudio descriptivo del proceso tomando muestras del colorante de fruta al término del proceso para realizar análisis.

1.4 Beneficiarios Directos e Indirectos

1.4.1 Beneficiarios Directos

Con el presente proyecto de rediseño del secador por atomización para la obtención de colorante natural a partir de la mora de castilla (*Rubus glaucus*) se va a beneficiar al desarrollo de prácticas de los estudiantes de Ingeniería Química, grupos de investigación y la empresa privada.

1.4.2 Beneficiarios Indirectos

Los beneficiarios indirectos de este proyecto serán los visitantes que acudan al laboratorio en el que se encuentra el equipo y usuarios interesados.

CAPITULO II

2 OBJETIVOS

2.1 GENERAL

Realizar el rediseño del secador por atomización para la obtención de colorante natural a partir de mora de castilla (*Rubus glaucus*).

2.2 ESPECÍFICOS

- Efectuar el diagnóstico actual del equipo de secado por atomización instalado en el laboratorio de procesos industriales.
- Identificar las variables para el rediseño del equipo de secado por atomización.
- Aplicar cálculos de ingeniería para el rediseño del equipo de secado por atomización.
- Validar el rediseño del equipo.

CAPITULO III

3 ESTUDIO TÉCNICO

3.1 Localización del Proyecto

El proyecto será implementado en el laboratorio de procesos industriales de la facultad de ciencias de la ESPOCH, el cual está ubicado en la Provincia de Chimborazo, específicamente en la Panamericana Sur km 1 1/2, en la ciudad de Riobamba – Ecuador.

Tabla 1-3: Localización ESPOCH

LÍMITES ESPOCH	<ul style="list-style-type: none">➤ Al Norte, limita con el barrio 24 de mayo y la Av Canonigo Ramos.➤ Al sur, limita con la Av. Pedro Vicente Maldonado y el Barrio de los Maestros.➤ Al este, limita con la Av. 11 de Noviembre,➤ Al Oeste limita con la Av By Pass
ALTITUD	2.754 (m.s.n.m)
TEMPERATURA PROMEDIO	14° C.

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos

Realizado por: LLANGA, Erika, 2018

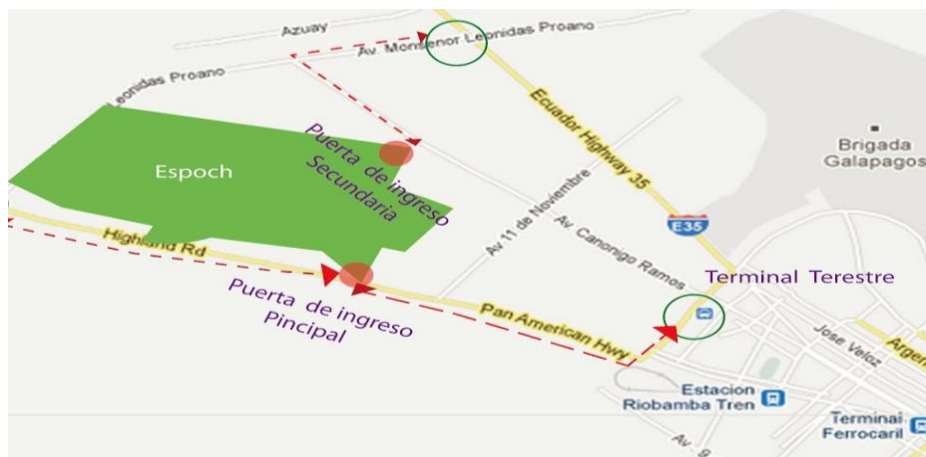


Figura 1-3: Localización ESPOCH

Realizado por: LLANGA, Erika, 2018

3.2 Ingeniería del Proyecto

3.2.1 Estado técnico del equipo

Determinar el estado inicial del equipo y sus componentes a ser evaluado.

a) Lista de aspectos a ser evaluados

- Tablero de control
- Ventilador
- Compresor
- Bomba de diafragma
- Atomizador neumático
- Tanque de alimentación
- Tuberías de acero inoxidable
- Cámara de secado
- Ciclón

b) Técnicas

- **Evaluación de funcionalidad y control:** Se determinó las fallas y necesidades que presenta el equipo para una mejor funcionalidad.

Tabla 2-3: Evaluación de Aspectos

ASPECTOS		BUENO	REGULAR	MALO	MUY MALO
Tablero de control	PLC beckhoff		x		
	Contactador / bomba	x			
	Contactador/ resistencia	x			
	Contactador / compresor		x		
	Contactador / ventilador	x			
	Interruptor magnetotérmico		x		
	Transmisor de temperatura				x
	Sensor de temperatura		x		
	HMI advantech	x			
	Cableado			x	
	Borneras				x
Ventilador	x				
Compresor		x			
Bomba de diafragma		x			
Atomizador neumático	x				
Tanque de alimentación				x	
Tuberías de acero inoxidable		x			
Cámara de secado			x		
Ciclón			x		

Fuente: LLANGA, Erika, 2018

Realizado por: LLANGA, Erika, 2018

a) Valores a calificar

Asignación de valores a calificar para desarrollar el proyecto:

Tabla 3-3: Asignación de valores a calificar

Bueno	1,00
Regular	0,80
Malo	0,60
Muy Malo	0,40

Fuente: VITERY, Marco, 2003

Realizado por: LLANGA, Erika, 2018

b) Aspectos calificados

En la tabla 4-3 se suma de valoraciones según la calificación.

Tabla 4-3: Aspectos calificados

Aspecto	Cantidad	Valoración unitaria	Total
Bueno	6	1,00	6
Regular	7	0,80	5.6
Malo	3	0,60	1.8
Muy malo	3	0,40	1.2
Suma total			14.6

Fuente: VITERY, Marco, 2003

Realizado por: LLANGA, Erika, 2018

Obtención del porcentaje de reparación

$$\frac{14,6}{19} = 0,768$$

$$0,768 * 100 = 76,8 \%$$

c) Estado de mantenimiento

Tabla 5-3: Selección del estado de Mantenimiento

ESTADO TÉCNICO	ESTADO	SERVICIO DE MANTENIMIENTO
90 – 100	Bueno	revisión
80 – 89	Regular	reparación pequeña
70 – 79	Malo	reparación media
< 69	muy malo	reparación general

Fuente: VITERY, Marco, 2003

Realizado por: LLANGA, Erika, 2018

Según la tabla anterior se requiere una reparación media en el equipo.

3.2.2 Métodos y técnicas

3.2.2.1 Métodos

Este proyecto busca evidenciar una investigación de carácter descriptivo y experimental, es así que los métodos empleados en el presente, están fundamentados en la base bibliográfica consultada (Tesis, trabajos publicados), de la cual derivan los conceptos, definiciones, técnicas, y demás principios científicos necesarios para llevar a cabo los objetivos planteados. Además de la información aportada por la toma de datos experimentales, con el fin de responder las posibles interrogantes que se puedan presentar en el desarrollo del secado por atomización y evaluar el producto obtenido.

a) Método Descriptivo

El rediseño del secador por atomización para la obtención de colorante natural a partir de mora de castilla (*rubus glaucus*), requiere un conocimiento de todas las características de manera general del proceso, equipo, materia prima e insumos para de manera progresiva entender cada una de ellas, y realizar los respectivos cálculos de ingeniería cuya aplicación admita la amplia variación de los parámetros operacionales, haciéndolo así a este equipo, no limitante, a las condiciones requeridas para la obtención de este colorante.

Para llevar a cabo la Operación Unitaria de Secado por Atomización y la obtención de colorante natural en polvo a partir de la mora, se realizó una selección previa de la materia prima basándose en la frescura y tamaño indicado en la norma INEN 2427 “Frutas Frescas Mora”. Con la mora seleccionada se prosiguió a realizar la extracción del zumo. El zumo de mora fue filtrado para eliminar partículas pequeñas de bagazo que no hayan sido retenidas en el extractor, luego se preparó la formulación con el encapsulante; maltodextrina, a estas se determinaron algunas propiedades fisicoquímicas como densidad, viscosidad, pH y grados Brix; luego se vertió el zumo concentrado en el recipiente de alimentación para iniciar el proceso de secado, variando los parámetros de operación en cada ensayo, para la posterior selección del colorante en polvo de mora.

Esto se realizó mediante el análisis del producto obtenido en características como color, textura e higroscopia, pero además este colorante natural debe cumplir con los requisitos establecidos en una norma, tomando como base la Norma NMX-F-263-1975 para Colorante Orgánico – Sintético Rojo que garantiza su uso o consumo, sin dejar de considerar importante el rendimiento de producción y eficiencia del equipo.

3.2.2.2 Técnicas

Para la obtención de colorante natural en polvo a partir de la mora, se realizó una selección previa de la materia prima basándose en la frescura y tamaño indicado en la norma INEN 2427 “Frutas Frescas Mora”, pero además este colorante natural debe cumplir con los requisitos establecidos en una norma, tomando como base la Norma NMX-F-263-1975 para Colorante Orgánico – Sintético Rojo que garantiza su uso o consumo.

Organolépticas: Las mismas que se llevaron a cabo en los laboratorios de Procesos Industriales, Análisis Instrumental y Bioquímica de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.

3.2.2.2.1 Determinación del porcentaje de sólidos y humedad

Tabla 6-3: Determinación del porcentaje de sólidos del extracto de mora y humedad del colorante.

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA	CÁLCULO
<p>La humedad nos indica la cantidad de agua que contiene un cuerpo, se expresa por lo general para los sólidos.</p> <p>El porcentaje de sólidos totales es la materia seca que permanece constante luego de la remoción del agua.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Estufa • Balanza analítica • Desecador • Capsulas de porcelana • Pinza de capsula 	<ul style="list-style-type: none"> • Tarar la capsula • Pesar la capsula tarada vacía • Pesar 5 g de muestra en la capsula • Ingresar a la estufa la capsula con la muestra a 110°C por un lapso de 8-12 h • Enfriar la capsula con la muestra en el desecador hasta temperatura ambiente. • Pesar la capsula fría hasta alcanzar un peso constante 	$\%SA = \frac{P_1 - P_2}{P_1}$ $\%H = \frac{M_1 - M_2}{M_1}$ <p>Donde:</p> <p>$\%SA$ = Porcentaje de sólidos totales</p> <p>P_1 =Peso de la cápsula más muestra líquida (g)</p> <p>P_2 =Peso de la cápsula más muestra seca (g)</p> <p>$\%H$ =Humedad</p> <p>M_1 =Peso de la cápsula más sólido húmedo (g)</p> <p>M_2 =Peso de la cápsula más sólido seco (g)</p>

Fuente: CRUZ L. /HINOJOSA K. / ESPOCH2015

Realizado por: LLANGA, Erika, 2018

3.2.2.2.2 Determinación de la densidad por el método del picnómetro.

Tabla 7-3: Determinación de la densidad del extracto de mora.

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA	CÁLCULO
<p>La densidad hace referencia a la cantidad de masa en un determinado volumen de sustancia.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza Analítica • Picnómetro 10 mL 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesar el picnómetro de 10 ml vacío • Llenar el picnómetro hasta el borde con la muestra de extracto de mora • Colocar el capilar del picnómetro • Pesar el picnómetro lleno con la muestra de extracto de mora 	$m = pm - pv$ <p>Donde:</p> <p>m = Peso del extracto de mora (g)</p> <p>pm = Peso picnómetro con muestra de extracto (g)</p> <p>pv = Peso picnómetro vacío(g)</p> $\rho = \frac{m}{v}$ <p>Donde:</p> <p>ρ: densidad del extracto de mora (g/mL)</p> <p>v = Volumen muestra (10mL)</p> <p>m = Peso del extracto de mora (g)</p>

Fuente: CRUZ L./HINOJOSA K../ ESPOCH2015

Realizado por: LLANGA, Erika, 2018

3.2.2.2.3 Determinación de la densidad de sólidos

Tabla 8-3: Determinación de la densidad del colorante de mora en polvo.

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA	CÁLCULO
<p>La densidad de sólidos hace referencia a la cantidad de masa de una sustancia que ocupa un determinado volumen.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza Analítica • Vaso precipitación 50 mL 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesarse el vaso de precipitación vacío • Colocar el polvo de mora en el vaso de precipitación. • Verificar el volumen ocupado por el polvo • Pesarse el vaso de precipitación con el polvo 	<p>$m = p_r - p_v$</p> <p>Donde:</p> <p>m = Peso del polvo de mora (g) p_r = Peso del vaso de precipitación con el polvo(g) p_v = Peso del vaso de precipitación vacío (g)</p> $\rho = \frac{m}{v}$ <p>Donde:</p> <p>ρ: densidad del polvo de mora (g/mL) v = Volumen ocupado por el polvo en el vaso de precipitación (g) m = Peso del polvo de mora (g)</p>

Fuente: BRITO, H. Técnica Guía Laboratorio Operaciones Unitarias, ESPOCH.2014

Realizado por: LLANGA, Erika, 2018

3.2.2.2.4 *Determinación de la viscosidad dinámica mediante el viscosímetro rotatorio.*

Tabla 9-3: Determinación de la viscosidad dinámica del extracto de mora

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA
<p>La viscosidad es una propiedad de los fluidos que hace referencia a la resistencia que presenta un fluido a su movimiento por la aplicación de una fuerza; en el caso de la viscosidad dinámica esta fuerza es mecánica.</p> <p>Mediante el viscosímetro rotatorio se mide la resistencia mecánica que opone el líquido al avance del movimiento del husillo, y la misma crece proporcionalmente a la velocidad de rotación del husillo y al tamaño del mismo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Viscosímetro digital de rotación • Termómetro • Vaso precipitación 250 mL 	<ul style="list-style-type: none"> • Tomar una muestra del extracto en el vaso de precipitación de 250 mL • Medir la temperatura de la muestra • Instale el husillo seleccionado en el tornillo de unión. • Encienda el equipo • Seleccione el número de husillo L1 • Seleccione la velocidad de rotación a 60 rpm. • Girar el mando del soporte para que descienda el viscosímetro y que el husillo se introduzca suavemente en el líquido a medir; la superficie del líquido deberá coincidir con la marca del nivel del husillo. • Compruebe que el equipo este bien nivelado • Pulse el botón de inicio de la medida; el husillo comenzará a girar. • Registrar el valor • Presione el botón de parada; el motor se apagará y se puede retirar el husillo para su limpieza. • Apagar el equipo

Fuente: LLANGA, Erika, 2018

Realizado por: LLANGA, Erika, 2018

3.2.2.2.5 *Determinación de grados brix (°bx) mediante el refractómetro*

Tabla 10-3: Determinación de los grados brix (°bx) del extracto de mora.

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA
<p>Los grados Brix (°Bx) nos permite conocer la concentración de sólidos solubles presentes en un jugo o disolución expresados en porcentaje de sacarosa.</p> <p>El refractómetro es un instrumento óptico que mide los grados Brix basado en la refracción de la luz.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Refractómetro • Pipeta Pasteur • Pizeta • Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> • Agregar al prisma del refractómetro una gota de muestra del extracto de mora utilizando la pipeta Pasteur. • Apuntar el refractómetro a un fuerte foco de luz. • Ajustar el ocular enfocable hasta que sea visible la escala del refractómetro, en grados °Brix. • Lavar el prisma con el agua destilada mediante la ayuda de la Pizeta y secar.

Fuente: CRUZ L./HINOJOSA K./ ESPOCH2015

Realizado por: LLANGA, Erika, 2018

3.2.2.2.6 Determinación de la tensión superficial mediante el método del capilar.

Tabla 11-3: Determinación de la tensión superficial del extracto de mora

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA	CÁLCULO
<p>La tensión superficial se refiere a las fuerzas ejercidas sobre la superficie de las moléculas del fluido, estas fuerzas cohesivas mantienen unidas las moléculas. Existen diferentes métodos para determinar esta magnitud, pero el método de ascenso del capilar es el método que presenta mayor precisión. Este método se basa en la medición de la altura de líquido que se eleva dentro de un tubo capilar.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Vaso de precipitación 250 mL • Tubo capilar • Termómetro • Regla 	<ul style="list-style-type: none"> • Tomar una muestra del extracto de mora en el vaso de precipitación. • Medir la temperatura • Fijar el capilar a la regla e introducirlos en el vaso. • Esperar hasta que el fluido ascienda por el capilar y se mantenga constante. • Tomar la medida de la altura de ascenso del fluido por el capilar 	$\gamma = \frac{1}{2} g \cdot h \cdot r \cdot \rho$ <p>Donde:</p> <p>γ = Tensión superficial del extracto de mora <i>dina/cm</i></p> <p>g = Gravedad 980 <i>cm/s²</i></p> <p>h = Altura de ascenso del líquido por el capilar <i>cm</i></p> <p>r = Radio del tubo capilar <i>cm</i></p> <p>ρ = Densidad del extracto de mora <i>g/cm³</i></p>

Fuente: CRUZ L./HINOJOSA K./ ESPOCH2015

Realizado por: LLANGA, Erika, 2018

3.2.2.2.7 Determinación de la capacidad calorífica del extracto mediante calorímetro.

Tabla 12-3: Determinación de la capacidad calorífica del extracto de mora

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA	CÁLCULO
<p>La capacidad calorífica o capacidad térmica de un cuerpo es el cociente entre la cantidad de energía calorífica transferida a un cuerpo o sistema en un proceso cualquiera y el cambio de temperatura que experimenta.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Calorímetro • Vaso de precipitación 100 mL • Balanza • Termómetro • Reverbero • Regla 	<ul style="list-style-type: none"> • Tomar una masa de agua a temperatura ambiente • Colocar en el calorímetro • Tomar una masa del extracto de mora en el vaso de precipitación. • Calentar entre 60 – 70 °C • Registrar la temperatura y colocar en el calorímetro • Esperar de 3 a 5 minutos. • Tomar la medida de la temperatura 	$C_p = \frac{(m_1 + k)(T_3 - T_1)}{m_2(T_2 - T_3)}$ <p>Donde:</p> <p>C_p = capacidad calorífica del extracto de mora J/g°C <i>m</i>₁ = masa del agua g <i>m</i>₂ = masa del extracto g <i>T</i>₁ = temperatura del agua °C <i>T</i>₂ = temperatura del extracto de mora °C <i>T</i>₃ = temperatura de equilibrio °C <i>k</i> = constante del calorímetro</p>

Fuente: ANDRADE M, 2017

Realizado por: LLANGA, Erika, 2018

3.2.2.2.8 Determinación de higroscopia

Tabla 13-3: Determinación de higroscopia del colorante de mora en polvo

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA	CÁLCULO
<p>La higroscopia es la capacidad de algunas sustancias de absorber la humedad del ambiente, en el caso de los colorantes es una propiedad importante a evaluar porque está relacionado con la calidad y estabilidad del polvo.</p> <p>Analizando el incremento del peso, será un indicativo de que el material está absorbiendo humedad y por lo tanto es higroscópico.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Cajas Petri • Espátula 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesar 5 g de muestra de polvo de mora en la caja Petri. • Tapar las caja Petri • Tomar el peso cada 2 h 	$m = p_2 - p_1$ <p>Donde:</p> <p>m = Masa de agua que ha aumentado en el polvo de mora (g)</p> <p>p₁ = Peso inicial de la caja Petri con el polvo de mora (g)</p> <p>p₂ = Peso de la caja Petri con el polvo de mora después del periodo de tiempo establecido. (g)</p>

Fuente: CRUZ L./HINOJOSA K./ ESPOCH2015

Realizado por: LLANGA, Erika, 2018

3.2.2.2.9 *Determinación de características organolépticas.*

Tabla 14-3: Determinación de características organolépticas del colorante de mora en polvo

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA
<p>Los análisis organolépticos son pruebas subjetivas que se hacen sobre un alimento mediante la valoración cualitativa de los sentidos (gusto, vista, olfato, etc.). Estos análisis nos permiten conocer la calidad de un producto.</p> <p>En el caso de colorantes se hizo referencia a su color y textura.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cajas Petri • Espátula 	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar una muestra representativa del colorante en polvo de mora en la caja Petri • Clasificar las cajas Petri con las diferentes muestras en función de su intensidad de color. • Observar en el transcurso de los días si existe algún cambio en su color y textura. • Saborear cada una de las muestras • Percibir cada una de las muestras

Fuente: CRUZ L. /HINOJOSA K. / ESPOCH2015

Realizado por: LLANGA, Erika, 2018

3.2.2.2.10 *Determinación de presencia de antocianinas mediante espectrofotometría uv-visible.*

Tabla 15-3: Espectrofotometría de absorción uv – visible

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA
<p>La radiación ultravioleta o visible puede ser absorbida por las sustancias, lo que causa que sus átomos pasen de estado basal a estado excitado. Esa energía (luz) que necesita absorber a diferentes longitudes de ondas para alcanzar ese estado de excitación es propia de cada molécula por lo que permite identificar un compuesto o grupos funcional. El Espectrofotómetro UV-Vis es el instrumento utilizado para medir la intensidad de luz que pasa a través de una muestra y la compara con la intensidad de la misma antes de pasar por la muestra, esta relación se llama transmitancia y es esta se basa la absorbancia.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Espectrofotómetro UV-Vis • Celda de cuarzo de 1cm • Matraz aforado de 25ml • Pipeta 10 mL • Piceta • Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> • Preparar las disoluciones del extracto y colorante en polvo de mora en una relación 1:25 en agua destilada. • Encender el Espectrofotómetro • Realizar un blanco con agua destilada y encerrar. • Elegir la longitud de onda a la cual se realizará posteriormente la medida de la absorbancia, para las antocianinas 500 nm y 550 nm. • Lavar muy bien la celda con la muestra que se va a realizar la medida • Medir la absorbancia de cada una de las disoluciones.

Fuente: CRUZ L./HINOJOSA K./ ESPOCH2015

Realizado por: LLANGA, Erika, 2018

3.2.3 Colorantes



Figura 2-3: Colorantes

Realizado por: LLANGA, Erika, 2018

Para identificar la calidad del producto el color es una característica sensorial muy importante y uno de los atributos esenciales.

El alimento a la vista se hace más atractivo por la coloración que poseen los alimentos esto se debe a la presencia natural de pigmentos y a sustancias intencionalmente añadidas como los aditivos.

“Un aditivo colorido de acuerdo con la FDA: Es cualquier colorante, pigmento u otras sustancia obtenida por síntesis o arteificio similar o extraída, aislada o derivada, con o sin intermediarios del cambio final de identidad a partir de un vegetal, animal o mineral u otra fuente y que cuando es añadida o aplicada a los alimentos, medicamentos o cosméticos, al cuerpo humano o a cualquier parte, por sí misma es capaz (sola o a través de una reacción con otra sustancia) de impartir color”.
(Cruz L, Hinojosa K, 2015)

3.2.3.1 *Mora de Castilla*



Figura 3-3: Mora de Castilla

Realizado por: LLANGA, Erika, 2018

La especie conocida como mora de castilla *rubus glaucus*, es la que mas se cultiva en el país y la que mayor consumo interno y externo.

Las moras son frutas con bajo valor calorico por su escaso aporte de carbohidratos. Sin embargo son muy ricas en vitamina C, aportan fibra, potasio, hierro y calcio(estos dos ultimos de menor calidad que los de origen animal), taninos(sustancias con accion astringente) y deversos acidos organicos.

Se caracterizan por su contenido de pigmentos naturales, tales como las antocianinas que son sustancias con accion antioxidante. Los antocianos son los responsables del color en la mora y junto con el acido oxalico y el acido malico se encargan de otorgar su sabor.

Adicionalmente contienen fibra, incluyendo el tipo conocido por el nombre de pectina.

Tabla 16-3: Composición de la mora de castilla por cada 100g de pulpa sin semilla.

Factor nutricional	Mora de castilla	Mora	Unidades
Ácido ascórbico	8	15	mg
Agua	92,8	93,3	g
Calcio	42	18	mg
Calorías	23	23	cal
Carbohidratos	5,6	5,6	g
Cenizas	0,4	0,4	g
Fibra	0,5	0,5	g
Fósforo	10	14	mg
Grasa	0,1	0,1	g
Hierro	1,7	1,2	mg
Niacina	0,3	0,4	mg
Proteínas	0,6	0,6	g
Riboflavinas	0,05	0,04	mg
Tiamina	0,02	0,02	mg

Fuente: Farinango, 2010.

Realizado por: LLANGA, Erika, 2018

Frutas con colores fuertes, como son las moras, contienen abundantes antocianinas: pigmentos naturales aceptados como colorante alimentario. (Marcano, D, Hasegawa, M, 2002).

3.2.3.2 Antocianinas

La antocianina se destaca en frutas y hortalizas de color roja ya que contienen una gran variedad de pigmentos por lo que es posible obtener un amplio espectro de colores que va desde naranja a violeta.

Las antocianinas corresponden al grupo de los flavonoides y son glucósidos de las antocianidinas con variedad estructural. También presentan actividad antioxidante, reducen el daño oxidativo causado por radicales libres y se relacionan con la actividad anticancerígena, antiinflamatoria y antitumoral.

Las antocianinas son compuestos muy sensibles a la temperatura, la luz y el PH. (Catañeda, A, Guerrero, J, 2015)

3.2.3.3 Estructura Antocianinas

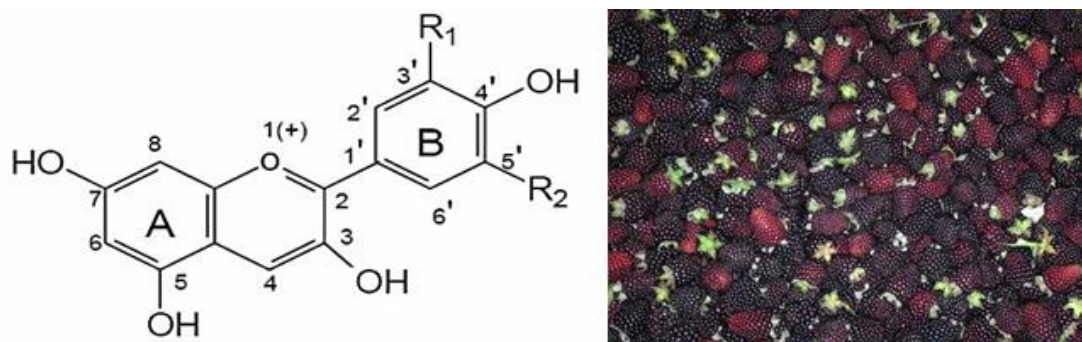


Figura 4-3: Molécula antocianinas.

Realizado por: LLANGA, Erika, 2018

Las antocianinas son glucósidos de antocianidinas conformadas por dos anillos aromáticos, A y B, unidos por una cadena de tres átomos de carbono. Variaciones estructurales del anillo B producen las seis antocianidinas conocidas:

3.2.3.4 Sustituyentes de las antocianinas

Tabla 17-3: Sustituyentes Antocianinas

Aglicona	Sustitución		λ max(nm)
	R1	R2	
	R1	R2	Espectro visible
Pelargonidina	H	H	494 (naranja)
Cianidina	OH	H	506(naranja-rojo)
Delfinidina	OH	OH	508(azul-rojo)
Peonidina	OCH3	H	506(naranja-rojo)
Petunidina	OCH3	OH	508(azul-rojo)
Malvinidina	OCH3	OCH3	510(azul-rojo)

Fuente: Durst, R, Wrolstad, 2001

Realizado por: LLANGA, Erika, 2018

3.2.3.5 Identificación y control

Se reconocen por el color, pueden identificarse por cromatografía. Tienen espectros de absorción característicos, con UV visible con máximo de 270 nm y en UV invisible 520-550 nm.

3.2.3.6 *Valoración*

Por espectrofotometría en 520-550 nm.

3.2.4 *Secado*

El secado es un proceso usado ampliamente en la industria química, comprende la remoción de un solvente (en la mayoría de los casos agua), para obtener un sólido con determinada cantidad de líquido. El sólido final puede llegar a tener forma de polvo, cristales o escamas.

Cabe recalcar que es primordial que el estudiante-ingeniero debe conocer los secadores, los equipos que se encuentran antes y después de los secadores, características finales del producto cuando se trata de mejorar la eficiencia, las normas ambientales o cumplir con determinada especificación deseada para un proceso posterior. (Yanza, 2003)

3.2.4.1 *Secado por Atomización*

La atomización es un proceso de secado por arrastre y hay que reconocer que es difícil la profundización teórica. En efecto, los mecanismos implicados son muy complejos: el secado es rápido, el producto está en contacto con un aire caliente cuya temperatura y humedad cambia durante su trayectoria en la cámara de secado, el régimen de circulación del aire que transporta las partículas es muy complejo y, por si todo ello no fuera suficiente, la talla de las partículas es muy heterogénea, así como su tiempo de permanencia en el equipo. A pesar de estas dificultades, existen importantes tentativas de modelización del proceso de atomización. (Multon, 1999, p.359).

a) *Ventajas*

Este método tiene una serie de ventajas sobre los otros conocidos:

- Se produce un secado prácticamente instantáneo, pues al atomizarse el producto presenta una gran superficie expuesta al fluido secador
- Aunque se emplea aire a elevadas temperaturas, el secado de las partículas se produce a temperaturas relativamente bajas. Puede decirse que la temperatura de cada partícula se aproxima a la del bulbo húmedo del aire que lo rodea, mientras dura el secado y hasta que la humedad es completamente eliminada

- Durante el secado, las partículas flotan o se mueven en el seno de la corriente gaseosa, evitándose el contacto con la superficie metálica caliente de las paredes de la cámara, con su consiguiente peligro de recalentamiento.
- El producto final se obtiene en forma de polvo que fluye con facilidad
- Los productos sensibles al calor se pueden secar con éxito
- Se puede alcanzar grandes velocidades de producción.

b) Desventajas

A continuación describimos algunas desventajas:

- Necesidad de grandes inversiones debido al tamaño y complejidad de los equipos requeridos
- Necesidades de tener un líquido de alimentación en condiciones tales que pueda ser bombeado sin dificultades
- Necesidad de tener que incorporar algún sistema adicional para recuperación de polvos finos que pueden ser arrastrados por el aire de calefacción para evitar pérdida del producto o su contaminación
- Requerimientos de energía elevados.

Sin embargo todas estas dificultades son ampliamente balanceadas por la posibilidad de obtener un producto de alta calidad en forma continua.

3.2.4.2 *Análisis del Proceso de Secado por Atomización*

El secado por aspersión consiste en cuatro etapas:

- A. Atomización
- B. Contacto aire-gota
- C. Evaporación
- D. Recuperación del producto seco

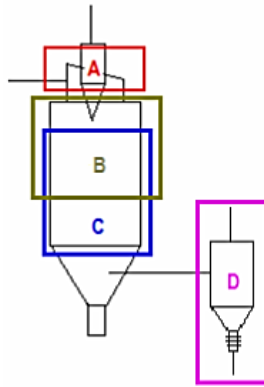


Figura 5-3: Etapas del secado por aspersión

Fuente:<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1886/1/15T00498.pdf>

3.2.4.3 *Determinación de las condiciones de entrada del producto.*

Para realizar el diseño y dimensionamiento del secadero por aspersión es necesario determinar algunas propiedades del fluido que va a ingresar al atomizador, a continuación se muestran las propiedades requeridas para el diseño de la cámara de secado:

- Flujo de la alimentación
- Concentración de la alimentación
- Temperatura a la entrada de la cámara de secado
- Capacidad calorífica del sólido seco
- Conductividad térmica de la alimentación
- Viscosidad de la alimentación
- Densidad de la alimentación
- Densidad de los sólidos secos

3.2.4.4 *Requerimiento del producto seco.*

Los requerimientos dependen del proceso posterior al secado, los mismos que varían en función del tipo de sustancia secada.

Las variables a considerar a la salida del producto se mencionan a continuación:

- ✓ Temperatura del sólido a la salida del secadero.
- ✓ Humedad del producto a la salida del secadero.

Estos dos parámetros deben ser proporcionados según el requerimiento del sólido seco.

3.2.4.5 *Propiedades del producto seco*

Realizado el secado por aspersión las propiedades del producto secado son:

- ✚ Posibilidad de densificación del producto.
- ✚ Posibilidad de aglomeración de partículas.
- ✚ Posibilidad de producto encapsulado.
- ✚ Rango del producto desde polvo impalpable hasta granulado pasando por polvos finos.
- ✚ Fácil de manejar
- ✚ Larga duración sin contaminación y sin descomposición.
- ✚ Conservación de características organolépticas.
- ✚ Disminución de procesos y mano de obra en su elaboración.
- ✚ Concentración homogénea del producto.
- ✚ Disminuye los costos y área de almacenamiento debido a la alta reducción de agua. (humedad final aprox. 4%).
- ✚ Disminución de costos energéticos, ya que los productos no requieren estar refrigerados.
- ✚ Abastecimiento de producto en tiempos de escasez.

3.2.5 *Rediseño*

3.2.5.1 *Sensor de temperatura*

Los sensores de temperatura son aquellos que transforman los cambios de temperatura en cambios en señales eléctricas que son transformados por dispositivos electrónicos y eléctricos.

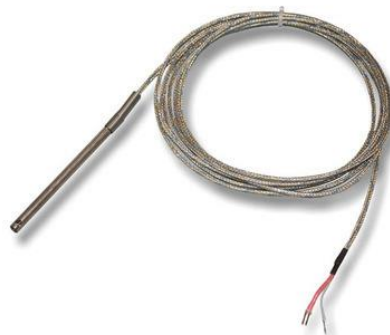


Figura 6-3: Sensor de temperatura Pt100
Realizado por: LLANGA, Erika, 2018

Existen tres tipos de sensores de temperatura, los termistores, los RTD y los termopares, para nuestro proyecto utilizaremos un sensor RTD, emplean platino como sensor cuya resistencia cambia con la temperatura su principal ventaja destaca por tener mejor linealidad, más rapidez y mayor margen de temperatura [-200°C, 800°C]. (Medidor temperatura.com, s.f.)

3.2.5.2 Transmisor programable para Pt100

El transmisor DAT 2065 está diseñado para proporcionar en su salida una señal lineal de corriente de 4 ÷ 20 mA proporcional a la característica de temperatura del Sensor Pt100 conectado en su entrada.



Figura 7-3: Transmisor programable para Pt100

Realizado por: LLANGA, Erika, 2018

3.2.5.2.1 Características

El transmisor reprogramable para Pt100, posee las siguientes características: (Datexel, 2009)

- Entrada para RTD tipo Pt100
- Unidad de medida configurable en ° C o ° F
- Valores cero y span configurables mediante interruptores DIP
- Salida linearizada de 4 a 20 mA en el lazo de corriente
- Buena precisión y estabilidad de rendimiento
- Cumple con EMC - Marca CE
- Montaje en carril DIN conforme a EN-50022 y EN-50035

3.2.5.2.2 Especificaciones Técnicas

Tabla 18-3: Especificaciones técnicas

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS (Típica 25 ° C y en condiciones nominales)	
Entrada	
Tipo de sensor	2 o 3 hilos Pt100 según el estándar IEC60751
Tiempo mínimo de entrada	50 ° C (122 ° F)
Programabilidad cero	Desde -50 ° C (-58 ° F) hasta + 50 ° C (122 ° F)
Programabilidad de span	Desde 50 ° C (122 ° F) hasta 650 ° C (1202 ° F)
Corriente de excitación del sensor	0,6 mA típ.
Influencia de resistencia de línea	0.05% de f.s./ohm (100 ohmios máximo equilibrado por cable)
Salida	
Tipo de señal	4 ÷ 20 mA en el circuito de corriente
Condición de Burnout	Positivo fuera de escala (> 20 mA)
Señal de salida máxima	32 Ma
Resistencia de carga (Rload)	ver "Cargar característica"
Tiempo de respuesta (del 10 al 90% de f.s.)	300 ms
Tiempo de calentamiento	3 minutos
Actuaciones	
Error de calibración	± 0.1% de f.s.
Error de linealidad (*)	± 0.15% de f.s.
Deriva térmica	0.020% de f.s./ ° C
Voltaje de la fuente de alimentación (**)	10 ÷ 30 Vcc
Compatibilidad Electromagnética (EMC) (para entornos industriales)	Inmunidad: EN 61000-6-2; Emisión: EN 61000-6-4.
Temperatura de funcionamiento	-20 a 70 ° C
Temperatura de almacenamiento	-40 a 85 ° C
Humedad relativa (sin cond.)	0 a 90%
Peso	aprox. 80 g.

Fuente: https://www.smartfactoriesac.com.pe/documentacion/datexel/DAT2065_ENG.pdf

Realizado por: LLANGA, Erika, 2018

3.2.5.3 *Tanque de Almacenamiento*

El tanque de almacenamiento se usa durante el arranque y parada de la planta, o si durante la operación hay una súbita falta de concentrado. Alternativamente se pueden instalar controladores del nivel en los tanques de alimentación y un tubo de suministro de agua conectado al tanque, en cuyo caso se evita el tanque de agua.

3.2.5.4 *Balance de masa*

El balance de masa se basa en la ley de conservación de la materia (la materia no se crea ni se destruye, solo se transforma), este es un procedimiento de cálculo que permite cuantificar la masa que entra y sale de un proceso. Se debe realizar el balance con respecto al agua contenida en los distintos flujos tanto de entrada como de salida, así pues se determina:

Ecuación 1-3: Flujo de masa de agua contenida en la alimentación.

$$\dot{m}_{\text{RH}_2\text{O}} = \dot{m}_{\text{RS}} \cdot X_{\text{R}}$$

Donde:

$\dot{m}_{\text{RH}_2\text{O}}$ = Flujo de masa de agua contenida en la alimentación (Kg/s)

\dot{m}_{RS} = Flujo de masa de sólidos secos de la alimentación (Kg/s)

X_{R} = Humedad de la alimentación en base seca (Kg agua/Kgss)

El flujo de masa de sólidos secos de la alimentación, podemos calcular con la siguiente expresión:

Ecuación 2-3: Flujo de masa de sólidos secos de la alimentación.

$$\dot{m}_{\text{RS}} = \dot{m}_{\text{R}} \frac{\%SA}{100}$$

Donde:

\dot{m}_{R} = Flujo de masa de la alimentación (Kg/s)

%SA = Porcentaje de sólidos (%)

La humedad en base seca de la alimentación se puede calcular así:

Ecuación 3-3: Humedad en base seca de la alimentación.

$$X_R = \frac{100 - \%SA}{\%SA}$$

Flujo de masa de agua contenida en el aire es:

Ecuación 4-3: Flujo de masa de agua contenida en el aire.

$$\dot{m}_{AH_2O} = \dot{m}_A \cdot X_A$$

Donde:

\dot{m}_A = Flujo de masa de agua contenida en el aire (Kg/s)

X_A = Humedad del aire en base seca (Kg agua/Kg as)

Para la determinación de la humedad absoluta del aire (X_A), se utiliza la carta psicométrica, la cual se basa en graficar la humedad del aire y otras propiedades termodinámicas, en función de las temperaturas.

La humedad absoluta dependerá de la localidad y las condiciones climatológicas donde se desarrolle la operación. Por tanto teniendo conocimiento previo de la temperatura de bulbo seco (t) y bulbo húmedo (t_{bh}) de la localidad, la determinación de esta humedad absoluta es gráfica. Existe otro método para la determinación de la humedad absoluta y es por medio del cálculo, utilizando la siguiente expresión:

Ecuación 5-3: Humedad absoluta

$$X_A = 0,62 \frac{P_v}{P - P_v}$$

Donde:

P_v = Presión parcial de vapor (Pa)

P = Presión atmosférica del lugar (Pa)

La presión parcial de vapor es igual a:

Ecuación 6-3: Presión parcial de vapor.

$$P_v = \phi \cdot P_{vs}$$

Donde:

Φ = Humedad relativa del aire (Kg agua/Kg as)

P_{vs} = Presión de saturación de vapor (Pa)

Según Wexler la siguiente ecuación tipo Antoine permite calcular la presión del vapor saturado en mbar en función de la temperatura en °C.

Ecuación 7-3: Presión del vapor saturado

$$\ln P_{vs} = 19,016 - \frac{4064,95}{T_{Ae} + 236,25}$$

Donde:

P_{vs} = Presión de saturación de vapor (mbar)

T_{Ae} = Temperatura del aire en el exterior (°C)

La presión de la localidad se puede obtener así:

Ecuación 8-3: Presión de la localidad.

$$P = P_0 e^{\frac{h}{8600}}$$

Donde:

P = Presión de la localidad (Pa)

P_0 = Presión a nivel del mar (101 325 Pa)

h = Altura sobre el nivel del mar (m.s.n.m.)

El balance de agua en la cámara de secado, el balance de materia es un método matemático utilizado principalmente en Ingeniería Química para estudios de operaciones básicas, proyectar plantas industriales, comprobación y funcionamiento de los procesos.

Y será:

Ecuación 9-3: Balance de agua en la cámara de secado y el balance de materia.

$$\dot{m}_{RS}(X_{R1} - X_{R2}) = \dot{m}_A(X_{A2} - X_{A1})$$

3.2.5.5 Balance de energía

El balance de energía sobre la cámara de secado, es un complemento del balance de masa. En este balance se debe considerar las entalpías de cada flujo, por ende se asigna h a la entalpía de la fase líquida y H a la entalpía de la fase gaseosa, por tanto:

Ecuación 10-3: Balance de energía sobre la cámara de secado.

$$\dot{m}_{R1} \cdot h_{R1} + \dot{m}_{A1} \cdot H_{A1} = \dot{m}_{R2} \cdot h_{R2} + \dot{m}_{A2} \cdot H_{A2}$$

La entalpía de la alimentación es igual a la suma de la entalpía de los sólidos secos más la entalpía del agua contenida, por lo tanto:

Ecuación 11-3: Entalpía de la alimentación

$$h_R = [C_{pR} + X_R \cdot C_{pH_2O}](T_R - T_0)$$

Donde:

C_{pR} = Calor específico del sólido (J/Kg.K)

C_{pH_2O} = Calor específico del agua (J/Kg.K)

T_R = Temperatura del aire (K). La temperatura T_{R1} es la temperatura de bombeo de la alimentación, mientras que T_{R2} se considera igual a la temperatura del aire a la salida de la cámara de secado con una diferencia de 10°C.

T_0 = Temperatura de referencia (273° K)

X_R = humedad en la alimentación en base seca

La entalpía del aire es igual a la suma de la entalpía del aire seco, del vapor de agua y la energía requerida para la evaporación, entonces:

Ecuación 12-3: Entalpía del aire.

$$\dot{m}_A \cdot H_A = \dot{m}_A \cdot C_{pA}(T_A - T_0) + \dot{m}_A \cdot X_A \cdot C_v (T_A - T_0) + \dot{m}_A \cdot X_A \cdot \lambda_0$$

Donde:

C_{pA} = Calor específico del aire seco (J/Kg.K)

C_v = Calor específico del vapor de agua (J/Kg.K)

λ_0 = Calor latente de vaporización (J/Kg)

T_A = Temperatura del aire (K)

T_0 = Temperatura de referencia (273° K)

El calor latente de vaporización su puede calcular con la siguiente expresión:

Ecuación 13-3: Calor latente de vaporización.

$$\lambda_0 = 2502535,259 - 2385,76424 \cdot T_A$$

Donde:

T_A = Temperatura del aire (°C)

Considerando que este valor se debe multiplicar por la humedad específica, la variación que este sufre con respecto a la temperatura puede ser despreciable para el cálculo de la entalpía del aire y se recomienda utilizar un valor constante de:

$$\lambda_0 = 2502535,259$$

Entonces:

$$\dot{m}_A H_A = \dot{m}_A H_A$$

Despejando de la ecuación del balance de masa, el flujo de aire será igual a:

Ecuación 14-3: Flujo de aire.

$$\dot{m}_A = \dot{m}_{RS} \frac{(X_{R1} - X_{R2})}{(X_{A2} - X_{A1})}$$

Cualquier proceso de transformación en la naturaleza conlleva un intercambio de energía, y algunas aplicaciones de los balances de energía en la Industria son: recuperación máxima del

calor, calentamiento o enfriamiento de un fluido, producción efectiva de calor en hornos y calderas, cálculo de pérdidas y aislamientos, optimización de los procesos de obtención de energía eléctrica, cálculo del consumo de combustible para producir trabajo y calor, cálculo de la energía mecánica necesaria que hay que comunicar a un fluido para mantenerlo en movimiento.

3.2.5.6 Diámetro de la gota.

El diámetro de la gota es el segmento de recta que pasa por el centro y une dos puntos opuestos de una gota esférica. “Según Nukijama y Tanasawa la fórmula empírica para determinar de antemano el grosor de partículas medias para una pulverización en una corriente de gas a gran velocidad es:

Ecuación 15-3: Diámetro de la gota.

$$D_g = \frac{585\sqrt{\gamma}}{u\sqrt{\rho_l}} + 597 \left(\frac{\mu}{\sqrt{\gamma\rho_l}} \right)^{0,45} \left(\frac{1000\dot{V}_l}{\dot{V}_g} \right)^{1,5}$$

Donde:

D_g = grosor medio de las gotas (μm)

γ = tensión superficial (dyn/cm)

u = velocidad relativa del gas con respecto al líquido (m/s)

ρ_l = densidad del líquido (g/cm^3)

μ = viscosidad dinámica del líquido (g/cm.s)

\dot{V}_l = volumen del líquido /unidad de tiempo (l/h)

\dot{V}_g = volumen del gas/unidad de tiempo (l/h)

El diámetro de la gota se aplica para el cálculo de procesos de formación de gotas como los de pulverización.

3.2.5.7 Diámetro, humedad y temperatura de la gota en el punto crítico.

El Secado es una operación que se da en dos periodos, uno de velocidad constante y otro en el cual la velocidad es decreciente; el punto que divide a estos dos periodos se conoce como punto crítico, en el cual el diámetro de la gota se vuelve constante y se denomina como diámetro crítico, el mismo que se mantendrá hasta la salida de la cámara de secado $D_2 = D_c$, esto se debe a que

durante el periodo de velocidad constante el agua superficial de la gota se elimina, mientras que en el periodo de velocidad decreciente tan solo se eliminará el agua interna de la gota.

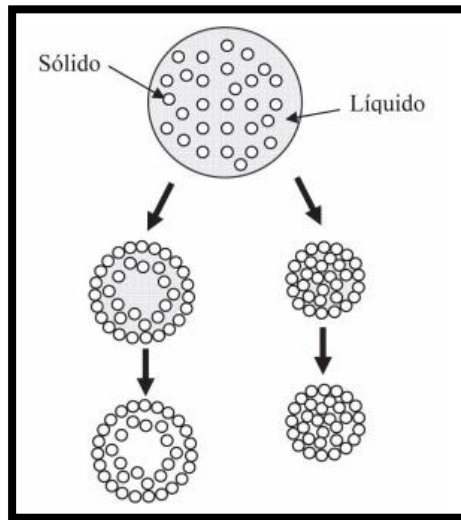


Figura 8-3: Formación de gránulos.

Fuente: Secado por atomización <http://ceramicayvidrio.revistas.csic.es/index.php/ceramicayvidrio/article/viewFile/1214/124>

El balance de materia es un método matemático utilizado principalmente en Ingeniería Química para estudios de operaciones básicas, proyectar plantas industriales, comprobación y funcionamiento de los procesos.

La masa de la gota se puede calcular así:

Ecuación 16-3: Masa de la gota.

$$m_g = V_g \cdot \rho_g$$

Donde:

V_g = Volumen de la gota (m^3)

ρ_g = Densidad de la gota (Kg/m^3)

A la entrada se considera la densidad de la alimentación, mientras que a la salida de la cámara la densidad de los sólidos secos.

Así que la masa se puede expresar de la siguiente forma:

Ecuación 17-3: Masa

$$D_c = D_g \left[\frac{\rho_R}{\rho_{RS}} \cdot \frac{1 + X_{R2}}{1 + X_{R1}} \right]^{1/3}$$

Donde:

D_c = Diámetro de la gota en el punto crítico (m)

D_g = Diámetro de la gota en a la entrada (m)

ρ_R = Densidad de la alimentación (Kg/m^3)

ρ_{RS} = Densidad de los sólidos secos (Kg/m^3)

La disminución del diámetro de la gota se debe a la pérdida de humedad, de tal forma que la humedad removida de la gota cuando alcanza el punto crítico puede escribirse como:

Ecuación 18-3: Humedad removida de la gota cuando alcanza el punto crítico.

$$\alpha_r = \frac{\pi}{6} (D_g^3 - D_c^3) \rho_{H_2O}$$

Donde:

α_r = Humedad removida hasta el punto crítico (Kg)

ρ_{H_2O} = Densidad del agua (Kg/m^3)

Ahora la humedad remanente de la gota será la diferencia entre la humedad inicial y la humedad removida, por lo tanto:

Ecuación 19-3: Humedad remanente de la gota.

$$\alpha_p = \frac{\pi}{6} \left(\frac{D_g^3 \rho_R}{1 + X_{R1}} \right) \cdot X_{R1} - \alpha_r$$

La humedad absoluta de la gota cuando se alcanza el punto crítico, se calcula dividiendo la humedad remanente para la masa de sólidos que posee la gota. Esta humedad debe ser relativamente baja, debido al hecho que durante el periodo de velocidad constante se eliminó la mayor cantidad de agua superficial de la gota.

Ecuación 20-3: Humedad absoluta de la gota cuando se alcanza el punto crítico.

$$X_{R_c} = \frac{\alpha_p}{\frac{m_g}{1 + X_{R_1}}}$$

La temperatura superficial de una gota que contiene sólidos insolubles o soluciones no electrolíticas en el período de velocidad constante puede ser considerado como la temperatura de bulbo húmedo del aire de secado de forma tal que en el punto crítico la temperatura de la gota está dada por:

Ecuación 21-3: En el punto crítico la temperatura de la gota.

$$T_{R_c} = T_{bh_1}$$

Donde:

T_{R_c} = Temperatura superficial de la gota en el punto crítico (K)

T_{bh_1} = Temperatura de bulbo húmedo del aire de secado (K)

3.2.5.8 Humedad y temperatura del aire en el punto crítico.

La humedad absoluta del aire cuando se alcanza el punto crítico se obtiene del balance de agua en la cámara de secado desde la entrada hasta el punto crítico, entonces:

Ecuación 22-3: Humedad absoluta del aire cuando se alcanza el punto crítico

$$X_{Ac} = X_{A1} + \frac{\dot{m}_{RS}(X_{R1} - X_{Rc})}{\dot{m}_A}$$

La temperatura del aire cuando alcanza el punto crítico la podemos calcular a partir del cálculo de la entalpia del aire en el punto crítico:

Ecuación 23-3: Temperatura del aire cuando alcanza el punto crítico

$$T_{Ac} = T_0 + \frac{H_{Ac} - X_{Ac} \cdot \lambda_0}{Cp_A + X_{Ac} Cv}$$

Dónde H_{A_c} se obtiene del balance de energía sobre la cámara de secado desde la entrada hasta el punto crítico:

Ecuación 24-3: Entalpía del aire cuando se alcanza el punto crítico.

$$H_{A_c} = H_{A_1} + \frac{\dot{m}_{RS}(h_{R_1} - h_{R_c})}{\dot{m}_A}$$

La entalpía de los sólidos cuando se alcanza el punto crítico se calcula de la siguiente forma:

Ecuación 25-3: Entalpía de los sólidos cuando se alcanza el punto crítico.

$$h_{R_c} = (Cp_R + X_{R_c} \cdot Cp_{H_2O}) (T_{R_c} - T_0)$$

3.2.5.9 *Tiempo de secado.*

El tiempo de secado se determina por la sumatoria de los tiempos de los dos periodos de secado, tanto el de velocidad constante y el de velocidad decreciente.

Período de velocidad constante (anticrítico): Es el período en el cual la humedad disminuye linealmente con el tiempo de secado. La humedad del sólido disminuye linealmente hasta un valor de humedad crítica.

Período de velocidad decreciente (poscrítico): En este período la velocidad disminuye desde la humedad crítica hasta la humedad final, donde la velocidad de secado se anula.

El tiempo total de secado se define como:

Ecuación 26-3: Tiempo total de secado.

$$t_T = t_c + t_d$$

Donde:

t_T = Tiempo total de secado (s)

t_c = Tiempo de secado en el período de velocidad constante (s)

t_d = Tiempo de secado en el período de velocidad decreciente (s)

Para el tiempo de secado en el período de velocidad constante se supone un equilibrio dinámico, dónde la velocidad de transferencia de calor es igual a la velocidad de transferencia de masa multiplicada por el calor latente de vaporización, así:

Ecuación 27-3: Velocidad de transferencia de calor

$$h_c \cdot A \cdot \Delta T_{ml1} = -\lambda_{bh} \frac{dm_g}{dt}$$

Donde:

h_c = Coeficiente de transferencia de calor (W/m^2K)

A = Área de la gota (m^2)

ΔT_{ml1} = Media logarítmica de temperatura entre la gota y el aire desde la entrada hasta el punto crítico (K)

λ_{bh} = Calor latente de vaporización a la temperatura de bulbo húmedo (J/Kg)

$\frac{dm_g}{dt}$ = Velocidad de transferencia de masa (Kg/s)

Debido a que la gota es esférica su área se define como:

Ecuación 28-3: Área de la gota.

$$A = \pi D_g^2$$

Donde:

A = área de la gota (m^2)

D_g = diámetro de la gota (m)

La masa de la gota es igual al producto de su volumen por su densidad así:

Ecuación 29-3: Masa de la gota.

$$m_g = \frac{\pi}{6} D_g^3 \rho_{H_2O}$$

Donde:

m_g = masa de la gota (Kg)

D_g = Diámetro de la gota (m)

ρ_{H_2O} = Densidad del agua de la gota (Kg/m^3)

La media logarítmica de temperaturas en el período de velocidad constante es igual a:

Ecuación 30-3: Media logarítmica de temperaturas en el período de velocidad constante.

$$\Delta T_{ml1} = \frac{(T_{A1} - T_{R1}) - (T_{Ac} - T_{Rc})}{\ln \frac{(T_{A1} - T_{R1})}{(T_{Ac} - T_{Rc})}}$$

El calor latente de vaporización debe ser evaluado a la temperatura de bulbo húmedo del aire.

Ecuación 31-3: Calor latente de vaporización a la temperatura de bulbo húmedo.

$$\lambda_{bh} = 2502535,259 - 2385,76424 \cdot T_{bh}$$

El tiempo de secado en el período de velocidad constante se calcula siguiendo el mismo procedimiento que el cálculo para el tiempo de secado en el periodo de velocidad constante, la única diferencia es que como el diámetro de la gota permanece constante, la masa de la gota se define en función de su humedad así:

Ecuación 32-3: Tiempo de secado en el período de velocidad constante.

$$t_c = \frac{\lambda_{bh} (\rho_{H2O})}{(8)(k_d) (\Delta T_{ml1})} [D_g^2 - D_c^2]$$

La media logarítmica de temperaturas en el período de velocidad decreciente se calcula a continuación:

Ecuación 33-3: Media logarítmica de temperaturas en el período de velocidad decreciente.

$$\Delta T_{ml2} = \frac{(T_{Ac} - T_{Rc}) - (T_{A2} - T_{R2})}{\ln \frac{(T_{Ac} - T_{Rc})}{(T_{A2} - T_{R2})}}$$

Para determinar el tiempo del periodo de velocidad decreciente se puede emplear la expresión:

Ecuación 34-3: Tiempo del periodo de velocidad decreciente.

$$t_d = \frac{\lambda_{bh} D_c^2 (\rho_{RS})}{(12)(k_d) (\Delta T_{ml2})} [X_{R_c} - X_{R_2}]$$

3.2.5.10 *Tiempo de viaje de la gota a la pared de la cámara de secado.*

El tiempo de viaje de la gota a la pared de la cámara de secado se obtiene con la siguiente expresión:

Ecuación 35-3: Tiempo de viaje de la gota a la pared de la cámara de secado.

$$t_v = \frac{\left(R_{cs} - \frac{Dr}{4}\right)^2}{2,4 v_{res} \left(b \frac{Dr}{2}\right)^{1/2}}$$

Dónde:

t_v = Tiempo de viaje de la gota a la pared de la cámara de secado (s)

R_{cs} = Radio de la cámara de secado (m)

Dr = Diámetro del atomizador (m)

v_{res} = Velocidad de la gota que sale del atomizador (m/s)

b = ancho de un chorro de aire que sale del atomizador (m)

3.2.5.11 *Calor transferido a la gota durante el tiempo de viaje.*

El flujo de calor transferido por convección del aire caliente a la alimentación durante el tiempo de viaje a la pared de la cámara implica movimiento de volúmenes de regiones que están a una temperatura a regiones que están a otra temperatura.

El transporte de calor está ligado al movimiento del propio medio se calcula con la siguiente expresión:

Ecuación 36-3: Transporte de calor.

$$Q_{tf} = \frac{12k_d \Delta T_{ml3}}{\rho_R D_g^2} \dot{m}_R t_v$$

La conductividad térmica de la película de aire que rodea la gota (k_d), es la capacidad que posee el aire para conducir calor, se evalúa a una temperatura promedio entre la temperatura del aire y la temperatura superficial de la gota.

La media logarítmica de temperaturas durante el proceso de secado se calcula a continuación:

Ecuación 37-3: Media logarítmica de temperaturas durante el proceso de secado.

$$\Delta T_{ml3} = \frac{(T_{A_1} - T_{R_1}) - (T_{A_2} - T_{R_2})}{\ln \frac{(T_{A_1} - T_{R_1})}{(T_{A_2} - T_{R_2})}}$$

3.2.5.12 Calor necesario para secar la alimentación.

El flujo de calor necesario es la cantidad de calor que se necesita para secar la alimentación, se calcula así:

Ecuación 38-3: Flujo de calor necesario.

$$Q_{nec} = \dot{m}_A (Cp_A + X_{A_1} C_v) (T_{A_1} - T_{A_2})$$

La mayor parte, de la necesidad energética, se requiere para generar calor para procesos técnicos. El calor de proceso se genera a partir de diversos portadores de energía y se transporta a través de diferentes medios, como por ejemplo agua caliente, vapor o aire caliente.

La corriente eléctrica se requiere sobre todo para motores eléctricos, iluminación o procesos galvánicos. Aparte del calor de proceso, la energía térmica también se utiliza para calentar espacios y agua de servicio

3.2.5.13 Eficiencias

La eficiencia es la capacidad para realizar o cumplir adecuadamente una función. Las eficiencias calculadas a continuación son para operaciones no adiabáticas, en las cuales se consideraran pérdidas de energía en forma de calor y por ende los valores calculados serán bajos, no así tratándose de un sistema adiabático (ideal) en los cuales las pérdidas de energía son nulas.

3.2.5.14 Eficiencia térmica del secador por aspersión.

La eficiencia térmica de la operación de secado se define como la relación entre el calor usado para la evaporación y el calor total disponible si el aire de salida está saturado, así:

Ecuación 39-3: Eficiencia térmica de la operación de secado.

$$n_t = \frac{\dot{m}_{RS}(X_{R1} - X_{R2})\lambda_{bh}}{\dot{m}_A (Cp_A + X_{a1} Cv) (T_{A1} - T_{bh1})}$$

3.2.5.15 Eficiencia de evaporación

Se calcula como la relación de la energía suministrada al proceso para la evaporación del agua con respecto a la energía que debiera ser suministrada para evaporar la masa de agua.

Ecuación 40-3: Eficiencia de evaporación.

$$n_{ev} = \frac{Q_{nec}}{Q_{tf}} \cdot 100$$

Debido a que el proceso no es adiabático no toda la energía es utilizada por el equipo, con lo que la eficiencia de evaporación deberá ser menor que la eficiencia global, evidenciándose con esta diferencia la pérdida de energía durante la operación.

Este cálculo se aplica en todos los procesos y operaciones industriales para determinar su buen funcionamiento.

3.2.5.16 Recuperación de sólidos

Es la relación en porcentaje entre la cantidad de producto que se obtiene y la cantidad de sólidos alimentados.

Ecuación 41-3: Recuperación de sólidos.

$$\text{Recuperacion} = \frac{m_p}{m. \%SA} \cdot 100$$

Este cálculo se aplica en todas las operaciones que produzcan material particulado.

3.2.5.17 Rendimiento

El rendimiento es la utilidad de una cosa en relación con lo que gasta es decir la relación de la masa de producto por masa de alimentación

Ecuación 42-3: Rendimiento.

$$\text{Rendimiento} = \frac{m_p}{m}$$

Este cálculo se aplica en todos los procesos y operaciones industriales para determinar su rentabilidad.

3.2.5.18 Productividad

Es la cantidad producida por unidad de tiempo.

Ecuación 43-3: Productividad

$$\text{Productividad} = \frac{m_p}{t}$$

Se aplica en las industrias que tengan una línea de producción.

3.2.6 Datos Experimentales del Extracto de la Mora de Castilla

En la tabla 19-3, se observa los datos experimentales del extracto de mora de castilla pura 20 °C.

Tabla 19-3: Datos Experimentales del extracto de mora de castilla pura 20 °C

Propiedad	Valor	Unidades
ρ_R	1,04	g/cm^3
μ_R	3,04	$g/cm.s$
γ_R	243,66	dyn/cm
$^{\circ}Bx$	8,75	$^{\circ}Brix$

Fuente: LLANGA, Erika, 2018

Realizado por: LLANGA, Erika, 2018

3.2.7 Datos experimentales del Secador por Atomización

En la tabla 20-3 visualizamos los datos experimentales del Secador por Atomización.

Tabla 20-3: Datos Experimentales del Secador por Atomización

Parámetro	Valor	Unidades
m	0,5	Kg
t	3600	s
\dot{m}_R	$1,4 \times 10^{-4}$	Kg/s
SA	36,67	%
SP	97,01	%
T_a	20	$^{\circ}C$
$T_{bh\ 1}$	17	$^{\circ}C$
T_{bh}	36	$^{\circ}C$
T_{R_1}	21	$^{\circ}C$
T_{R_2}	60	$^{\circ}C$
T_{A_1}	90	$^{\circ}C$
T_{A_2}	73	$^{\circ}C$
\dot{V}_{gas}	1200	L/h
V_g	$3,3 \times 10^{-9}$	m^3
D_2	$1,5 \times 10^{-4}$	m
v_g	21	m/s
v_l	3	m/s
ρ_{RS}	0,432982	g/m^3
D_r	0,002	m
b	1×10^{-3}	m

Fuente: LLANGA, Erika, 2018

Realizado por: LLANGA, Erika, 2018

3.2.8 Datos adicionales Generales

3.2.8.1 Datos Adicionales Generales

Tabla 21-3: Datos adicionales generales

Gravedad	980	(cm/s^2)
Altura	2750	$msnm$
ϕ	80,3	%
Temperatura de referencia	0	$^{\circ}C$

Fuente: LLANGA, Erika, 2018

Realizado por: LLANGA, Erika, 2018

3.2.8.2 Datos adicionales del extracto de mora de castilla 20°C

Tabla 22-3: Datos adicionales del extracto de mora de castilla 20°C

Propiedad	Valor	Unidades
Cp_R	3845	$J/Kg^{\circ}K$

Fuente: LLANGA, Erika, 2018

Realizado por: LLANGA, Erika, 2018

3.2.8.3 Datos adicionales del aire

Tabla 23-3: Datos adicionales del aire

Propiedad	Valor	Unidades
k_d	0,024	W/mK
$\rho_A (20^{\circ}C)$	1,2	Kg/m^3
$Cp_A(0^{\circ}C)$	1004,67	J/KgK
$\lambda_0 (0^{\circ}C)$	2502535,259	J/Kg

Fuente: OCON, 1979.

Realizado por: LLANGA, Erika, 2018

3.2.8.4 Datos adicionales del agua

Tabla 24-3: Datos adicionales del agua.

Propiedad	Valor	Unidades
ρ_{H_2O} (20°C)	998,29	Kg/m^3
C_v (0°C)	1850	J/KgK
Cp_{H_2O} (0°C)	4217,6	J/KgK

Fuente: OCON, 1979

Realizado por: LLANGA, Erika, 2018

3.2.9 Cálculos

3.2.9.1 Dimensionamiento del tanque de alimentación

Se recomienda utilizar dos tanques de alimentación y cambiar de uno a otro por lo menos una vez cada 4 horas. Esto se debe al riesgo de desarrollo de bacterias en la alimentación. Mientras uno está en uso el otro está siendo lavado.

El tamaño de los tanques debe corresponder a unos 15-30 minutos de capacidad de producción del secador.

Se toma un volumen estimado de 4 litros, tomando en cuenta la capacidad de producción del equipo, además de ser proporcional con el mismo.

En la figura 9-3, se visualiza el dimensionamiento del tanque para realizar el cálculo.



Figura 9-3: Dimensionamiento del tanque

Realizado por: LLANGA, Erika, 2018

3.2.9.2 *Calculo del dimensionamiento del tanque*

Ecuación 44-3: Volumen del tanque de almacenamiento y cilindro.

$$V_1 = \pi hr^2$$

Donde:

V_1 : Volumen del cilindro

h : Altura del cilindro

r : Radio del cilindro

Ecuación 45-3: Radio del tanque.

$$r = \frac{\phi}{2}$$

Donde:

ϕ : Diámetro asumido

r : radio del tanque

$$r = \frac{0,15 \text{ m}}{2}$$

$$r = 0,075 \text{ m}$$

Ecuación 46-3: Diámetro total del tanque.

$$\phi_t = \phi + 0,05$$

Donde:

ϕ_t :Diámetro total del tanque

ϕ : Diámetro asumido

0,05: factor de seguridad

$$\phi_t = 0,15 + 0,05$$

$$\phi_t = 0,20 \text{ m}$$

Ecuación 47-3: Altura del tanque

$$h_1 = \frac{v}{\pi * r^2}$$

Donde:

h_1 :Altura del tanque

r : Radio del tanque

v Volumen estimado del tanque

$$h_1 = \frac{0,004 \text{ m}^3}{\pi * (0,075 \text{ m})^2}$$

$$h_1 = 0,22 \text{ m}$$

Ecuación 48-3: Altura total del tanque

$$h_t = h_1 + 0,025$$

Donde:

h_t :Altura total del tanque

h_1 :Altura del tanque

0,025: factor de seguridad

$$h_t = 0,22 + 0,025$$

$$h_t = 0,25 \text{ m}$$

Reemplazando en la ecuación:

$$V_1 = \pi(0,25\text{m})(0,075)^2$$

$$V_1 = 0,0044 \text{ m}^3$$

Ecuación 49-3: Volumen del cono

$$V_2 = \frac{\pi h_2 r^2}{3}$$

Donde:

h_2 :Altura del cilindro

r :Radio del tanque

$$V_2 = \frac{\pi(0,02m)(0,075m)^2}{3}$$

$$V_2 = 0,000118m^3$$

Ecuación 50-3: Volumen del tanque

$$V = V_1 + V_2$$

Donde:

V :Volumen del tanque

$$V = V_1 + V_2$$

$$V = 0,004 m^3 + 0,000118 m^3$$

$$V = 0,00412 m^3$$

Ecuación 51-3: Volumen adicional

Se determina el volumen total del tanque a la suma de su respectivo factor de seguridad.

$$x = V * 0,15$$

Donde:

V : Volumen del tanque

x : Volumen adicional

0,15: factor de seguridad

$$x = 0,00412 * 0,15$$

$$x = V * 0,15$$

$$x = 0,00062m^3$$

Se determina el volumen total del tanque a la suma de su respectivo factor de seguridad.

Ecuación 52-3: Volumen total del tanque

$$V_t = V + x$$

Donde:

V_t : Volumen total

V : Volumen del tanque

x : Volumen adicional

$$V = 0,00412 \text{ m}^3 + 0,00062\text{m}^3$$

$$V = 0,00474 \text{ m}^3$$

Balance de masa

Sólidos totales de la alimentación según la ecuación 3-3

$$X_{R1} = \frac{100 - 9,3}{9,3}$$

$$X_{R1} = 9,75 \text{ Kg } H_2O/Kg \text{ ss}$$

Flujo de solido seco en la alimentación. Según la Ecuación 2 -3 es:

$$\dot{m}_{RS1} = 1,4 \times 10^{-4} \frac{9,3}{100}$$

$$\dot{m}_{RS1} = 1,3 \times 10^{-5} \text{ Kg ss/s}$$

Flujo de masa de agua contenida en la alimentación. Según la Ecuación 1-3 es:

$$\dot{m}_{RH_2O_1} = (1,3 \times 10^{-5})(9,75)$$

$$\dot{m}_{RH_2O_1} = 1,27 \times 10^{-4} \text{ Kg } H_2O/s$$

Humedad del producto. Según la Ecuación 3-3 es:

$$X_{R2} = \frac{100 - 92,43}{92,43}$$

$$X_{R2} = 0,08 \text{ Kg } H_2O/Kg \text{ ss}$$

Flujo de masa de agua contenida en el producto. Según la Ecuación 1-3 es:

$$\dot{m}_{RH_2O_2} = (1,3 \times 10^{-5})(0,08)$$
$$\dot{m}_{RH_2O_2} = 1,06 \times 10^{-6} \text{ Kg } H_2O/s$$

La presión de la localidad. Según la Ecuación 8-3.

$$P = 101325 e^{\frac{2750}{8600}}$$
$$P = 139505,02 \text{ Pa}$$

La presión del vapor saturado. Según la Ecuación 7-3.

$$\ln P_{vs} = 19,016 - \frac{4064,95}{20 + 236,25}$$
$$P_{vs} = 23,4010 \text{ mBar}$$
$$P_{vs} = 2340,10 \text{ Pa}$$

La presión parcial de vapor. Según la Ecuación 6-3.

$$P_v = (0,803)(2340,10)$$
$$P_v = 1879,10 \text{ Pa}$$

La humedad absoluta del aire a la entrada. Según la Ecuación 5-3.

$$X_A = 0,62 \frac{1879,10}{139505,02 - 1879,10}$$
$$X_{A_1} = 0,01 \text{ Kg } H_2O/Kg \text{ as}$$

3.2.9.3 Balance de energía

Entalpia de la alimentación Según la Ecuación 11-3

$$h_{R_1} = [3845 + 9,75(4217,6)](293 - 273)$$
$$h_{R_1} = 899332 \text{ J/Kg}$$

Entalpia del producto Según la Ecuación 11-3

$$h_{R_2} = [3845 + 0,08(4217,6)](323 - 273)$$
$$h_{R_2} = 209120,4 \text{ J/Kg}$$

Entonces despejando la Entalpia del aire de entrada. Según la Ecuación 10-3 es:

$$H_{A1} = [1004,67 + 0,01(1850)](363 - 273) + (0,01)(2502535,259)$$

$$H_{A1} = 117110,65 \text{ J/Kg}$$

Humedad del aire a la salida del sistema. Según la Ecuación 12-3 es:

$$X_{A2} = \frac{[117110,65 - 1004,67(333 - 273)](9,75 - 0,08) + 0,01(209120,4 - 899332)}{[1850(333 - 273) + 2502535,259](9,75 - 0,08) + (209120,4 - 899332)}$$

$$X_{A2} = 0,023 \text{ Kg } H_2O / \text{Kg as}$$

Flujo de aire. Según la Ecuación 14-3 es:

$$\dot{m}_A = 1,3 \times 10^{-5} \frac{(9,75 - 0,08)}{(0,023 - 0,01)}$$

$$\dot{m}_A = 9,67 \times 10^{-3} \text{ Kg/s}$$

Agua contenida en el aire de entrada. Según la Ecuación 4-3 es:

$$\dot{m}_{AH_2O_1} = 9,67 \times 10^{-3} \times 0,01$$

$$\dot{m}_{AH_2O_1} = 9,67 \times 10^{-5} \text{ Kg } H_2O / \text{s}$$

Cantidad de agua en el aire de salida. Según la Ecuación 4:3 es:

$$\dot{m}_{AH_2O_2} = 1,27 \times 10^{-4} + 9,67 \times 10^{-5} - 1,06 \times 10^{-6}$$

$$\dot{m}_{AH_2O_2} = 2,23 \times 10^{-4} \frac{\text{Kg } H_2O}{\text{s}}$$

Entalpia del aire a la salida. Según la Ecuación 10-3

$$H_{A2} = \frac{1,10 \times 10^{-4}(188337,40 - 116904,32)}{0,011} + 155979,35$$

$$H_{A2} = 561964,55 \text{ J/Kg}$$

3.2.9.4 Diámetro de la gota.

Flujo volumétrico del líquido

$$\dot{V}_l = \frac{1,4 \times 10^{-4}}{1,04} \cdot 3600$$
$$\dot{V}_l = 0,48 \text{ L/h}$$

Diámetro de la gota. Según la Ecuación 15-3 es:

$$D_g = \frac{585\sqrt{243,66}}{18\sqrt{1,04}} + 597 \left(\frac{3,04}{\sqrt{243,66(1,04)}} \right)^{0,45} \left(\frac{1000(0,48)}{1200} \right)^{1,5}$$
$$D_g = 570,19 \mu$$
$$D_g = 5,7 \times 10^{-4} m$$

3.2.9.5 Diámetro, humedad y temperatura de la gota en el punto crítico.

Masa de la gota. Según la Ecuación 16-3 es:

$$m_g = 3,3 \times 10^{-9} (1037)$$
$$m_g = 3,4 \times 10^{-6} Kg$$

Diámetro de la gota en el punto crítico. Según la ecuación 17-3 es:

$$D_c = 5,7 \times 10^{-4} \left[\frac{1,037}{0,3324} \cdot \frac{1 + 0,08}{1 + 9,75} \right]^{1/3}$$

$$D_2 = D_c = 3,9 \times 10^{-4} m$$

Humedad removida de la gota cuando se alcanza el punto crítico. Según la Ecuación 18-3 es:

$$\alpha_r = \frac{\pi}{6} [(5,7 \times 10^{-4})^3 - (3,9 \times 10^{-4})^3] \times 998,29$$
$$\alpha_r = 6,658 \times 10^{-8} Kg$$

Humedad remanente de la gota. Según la ecuación 19-3 es:

$$\alpha_p = \frac{\pi}{6} \left(\frac{(5,7 \times 10^{-4})^3 (1037)}{1 + 9,75} \right) \cdot 9,75 - 6,658 \times 10^{-8}$$

$$\alpha_p = 2,471 \times 10^{-8} \text{Kg}$$

Humedad absoluta de la gota cuando se alcanza el punto crítico. Según la ecuación 20-3 es:

$$X_{R_c} = \frac{2,471 \times 10^{-8}}{\frac{3,4 \times 10^{-6}}{1 + 9,75}}$$

$$X_{R_c} = 0,0776 \text{ Kg } H_2O / \text{Kg ss}$$

Temperatura superficial de la gota en el punto crítico. Según la ecuación 21-3 es:

$$T_{R_c} = T_{bh_1}$$

$$T_{R_c} = T_{bh_1} = 35^\circ C = 308 \text{ }^\circ K$$

3.2.9.6 Humedad y temperatura del aire en el punto crítico.

Humedad absoluta del aire cuando se alcanza el punto crítico. Según la ecuación 22-3 es:

$$X_{Ac} = 0,01 + \frac{1,3 \times 10^{-5} (9,75 - 0,0776)}{9,67 \times 10^{-3}}$$

$$X_{Ac} = 0,02309 \text{ Kg } H_2O / \text{Kg as}$$

Entalpía de los sólidos cuando se alcanza el punto crítico. Según la Ecuación 25-3 es:

$$h_{R_c} = [3845 + 0,0776 (4217,6)](309 - 273)$$

$$h_{R_c} = 150202,28 \text{ J/Kg}$$

Entalpía del aire cuando se alcanza el punto crítico. Según la Ecuación 24-3 es:

$$H_{Ac} = 117110,65 + \frac{1,3 \times 10^{-5} (899332 - 150202,28)}{9,67 \times 10^{-3}}$$

$$H_{Ac} = 118117,75 \text{ J/Kg}$$

Temperatura en el punto crítico se obtiene. Según la Ecuación 23-3 es:

$$T_{Ac} = 273 + \frac{118117,75 - (0,02309)(2502535,259)}{1004,67 + (0,02309)(1850)}$$

$$T_{Ac} = 330,60^{\circ}\text{K}$$

$$T_{Ac} = 57,60^{\circ}\text{C}$$

3.2.9.7 Tiempo de secado.

Media logarítmica de temperaturas en el período de velocidad constante. Según la ecuación 30-3 es:

$$\Delta T_{ml1} = \frac{(90 - 20) - (57,60 - 35)}{\ln \frac{(90 - 20)}{(57,60 - 35)}}$$

$$\Delta T_{ml1} = 41,93^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{ml1} = 314,93^{\circ}\text{K}$$

Calor latente de vaporización. Según la ecuación 31-3 es:

$$\lambda_{bh} = 2502535,259 - 2385,76424 \cdot (308)$$

$$\lambda_{bh} = 11767719,873 \text{ J/Kg}$$

Tiempo de velocidad constante. Según la ecuación 32-3 es:

$$t_c = \frac{(11767719,873) (998,29)}{(8)(0,024) (314,93)} [(5,7 \times 10^{-4})^2 - (3,9 \times 10^{-4})^2]$$

$$t_c = 5,116 \text{ s}$$

Media logarítmica de temperaturas en el período de velocidad decreciente. Según la ecuación 33-3 es:

$$\Delta T_{ml2} = \frac{(57,60 - 35) - (73 - 65)}{\ln \frac{(57,60 - 35)}{(73 - 65)}}$$

$$\Delta T_{ml2} = 17,30^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{ml2} = 290,30^\circ\text{K}$$

Tiempo en el periodo de velocidad decreciente. Según la Ecuación 34-3 es:

$$t_d = \frac{\lambda_{bh} D_c^2 (\rho_{RS})}{(12)(k_d) (\Delta T_{ml2})} [X_{Rc} - X_{R2}]$$

$$t_d = \frac{(11767719,873)(3,87 \times 10^{-4})^2 (332,24)}{(12)(0,024)(290,30)} (0,0776 - 0,08)$$

$$t_d = 2,53 \times 10^{-3} \text{ s}$$

Tiempo de secado. Según la Ecuación 26-3 es:

$$t_T = 5,116 + 2,53 \times 10^{-3}$$

$$t_T = 5,12 \text{ s}$$

3.2.9.8 *Tiempo de viaje de la gota a la pared de la cámara de secado.*

Tiempo de viaje de la gota a la pared de la cámara de secado. Según la Ecuación 35-3 es:

$$t_v = \frac{\left(0,145 - \frac{0,002}{4}\right)^2}{2,4(3) \left((1 \times 10^{-3}) \frac{0,002}{2}\right)^{1/2}}$$

$$t_v = 2,9 \text{ s}$$

3.2.9.9 *Calor transferido a la gota durante el tiempo de viaje.*

Media logarítmica de temperaturas. Según la ecuación 37-3 es:

$$\Delta T_{ml3} = \frac{(90 - 20) - (73 - 65)}{\ln \frac{(90 - 20)}{(73 - 65)}}$$

$$\Delta T_{ml3} = 28,58^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{ml3} = 301,58^\circ\text{K}$$

Flujo de calor. Según la Ecuación 36-3 es:

$$Q_{tf} = \frac{(12)(0,024)(301,58)}{(1037)(5,7 \times 10^{-4})^2} (1,4 \times 10^{-4})(2,9)$$
$$Q_{tf} = 104,59 \text{ J/S}$$

Calor necesario para secar la alimentación. Según la ecuación 38-3 es:

$$Q_{nec} = 9,67 \times 10^{-3} (1004,67 + 0,01(1850))(363 - 346)$$
$$Q_{nec} = 168,199 \text{ J/s}$$

3.2.9.10 Eficiencias

3.2.9.10.1 Eficiencia térmica del secador por aspersion.

Eficiencia de evaporación. Según la ecuación 40-3 es:

$$n_{ev} = \frac{104,59}{168,19} \cdot 100$$
$$n_{ev} = 62,18 \%$$

3.2.9.11 Recuperación de sólidos.

Recuperación de sólidos. Según la ecuación 41-3 es:

$$\text{Recuperación antes del rediseño} = \frac{0,013}{0,5 \left(\frac{9,3}{100} \right)} \cdot 100$$

$$\text{Recuperación antes del rediseño} = 27,96\%$$

$$\text{Recuperación después del rediseño} = \frac{0,023}{0,5 \left(\frac{9,3}{100} \right)} \cdot 100$$

$$\text{Recuperación después del rediseño} = 49,46\%$$

3.2.9.12 Rendimiento

Según la ecuación 42-3 es:

$$\text{Rendimiento antes del rediseño} = \frac{0,013}{0,5}$$

$$\text{Rendimiento antes del rediseño} = 0,026 \text{ Kg colorante/Kg extracto mora}$$

$$\text{Rendimiento después del rediseño} = \frac{0,023}{0,5}$$

$$\text{Rendimiento después del rediseño} = 0,046 \text{ Kg colorante/Kg extracto mora}$$

3.2.9.13 Productividad

Según la ecuación 43-3 es:

$$\text{Productividad} = \frac{m_p}{t}$$

$$\text{Productividad antes del rediseño} = \frac{13}{60}$$

$$\text{Productividad antes del rediseño} = 0,22 \text{ g/min}$$

$$\text{Productividad después del rediseño} = \frac{23}{60}$$

$$\text{Productividad después del rediseño} = 0,38 \text{ g/min}$$

3.2.10 Proceso de Producción

En la Gráfica 1-3 se visualiza el diagrama de flujo del proceso de producción.



Gráfico 1-3: Diagrama de flujo del proceso de producción

Realizado por: LLANGA, Erika, 2018

3.2.10.1 Descripción del proceso

Procedimiento

- Verificar la toma de energía (220 V polarizada)
- Colocar el fluido con el encapsulante en el tanque de alimentación
(Para colocar el fluido en la alimentación es necesario filtrar estrictamente el fluido (de preferencia emplear tela nylon) para evitar taponamientos en la bomba o en el atomizador)
- Presionar el botón de inicio de la caja de control (start)
- Establecer la temperatura óptima de trabajo (estabilización de la temperatura)

- Presionar el icono “ encendido del equipo ”
- Seleccionar la velocidad a la que se desea trabajar en la bomba
- Recolectar en un recipiente el polvo deshidratado a la salida del ciclón

Terminado el proceso

- Presionar el botón “Stop” de la caja de control
- Recoger el polvo deshidratado que se ha quedado dentro del equipo, es preferible emplear una brocha para este procedimiento.
- Desconectar el equipo del toma de corriente
- Realizar la limpieza correspondiente del equipo.

Tabla 25-3: Kilo de mora (10% de maltodextrina) antes del rediseño

MORA	1000	Gramos
HOJA	7	Gramos
BAGAZO	212	Gramos
LIQUIDO DE MORA	700	mililitros
POLVO DE MORA	26	Gramos

Fuente: LLANGA, Erika, 2018

Realizado por: LLANGA, Erika, 2018

Tabla 26-3: Kilo de mora (10% de maltodextrina) después del rediseño

MORA	1000	Gramos
HOJA	7	Gramos
BAGAZO	212	Gramos
LIQUIDO DE MORA	700	Mililitros
POLVO DE MORA	46	Gramos

Fuente: LLANGA, Erika, 2018

Realizado por: LLANGA, Erika, 2018

3.2.10.2 Resultados

Tabla 27-3: Recuperación de sólidos, rendimiento y productividad del colorante de mora.

Parámetro	Equipo antes del rediseño	Equipo rediseñado	Unidad
Recuperación de sólidos	27,96	49,46	%
Rendimiento	0,026	0,046	Kg colorante/Kg extracto mora
Productividad	0,22	0,38	g/min

Fuente: LLANGA, Erika, 2018

Realizado por: LLANGA, Erika, 2018

3.2.11 Análisis y discusión de Resultados

Se realizó el rediseño del secador por atomización para lo cual el transmisor de temperatura de rango 0-300 °C, que se encontraba instalado en el equipo fue el problema y su inexistencia en el mercado obligo a cambios costosos pero ideales en el equipo, de modo que se remplazó por un transmisor de temperatura DAT 206, que proporciona una lectura más exacta, ya que el sistema de trabajo es mediante voltaje y no resistencia como el anterior, haciéndolo menos susceptible ruidos eléctricos que afectan su funcionamiento. Además de la implementación del moto vibrador, el cual cuenta con una potencia de 0,9 W ajustables a las características fisicoquímicas del fluido en la alimentación.

El rediseño del equipo permitió mejorar en un 40% en la recuperación de sólidos, rendimiento y productividad respecto al inicial, este proceso lleva un óptimo desempeño debido a la temperatura a la cual se presentó mayor retención de color; de acuerdo con la lectura espectrofotométrica, 90 °C es la temperatura óptima de secado, evidenciando una eliminación total de agua, la caramelización de azúcares es despreciable y es evidente una coloración morado intenso, teniendo en cuenta que además de pigmento (antocianinas) podrían estar presentes otros compuestos hidrosolubles del fruto como proteínas, carbohidratos, vitaminas y minerales, ya que el secado se realizó al extracto crudo sin purificar, porque no se puede obtener un producto exclusivamente a partir de las antocianinas debido a su baja concentración en tejidos vegetales, lo que demanda gran cantidad de materia prima. No obstante, los componentes adicionales no interfieren con la funcionalidad del producto obtenido.

Al colorante de mora en polvo se le realizaron algunas pruebas fisicoquímicas dando como resultado una higroscopia de 1,08% y fue soluble en agua. Además se aplicó la técnica de espectrofotometría UV-Visible identificando la presencia de antocianinas en una longitud de onda de 543nm. Además se enviaron muestras a un laboratorio certificado para que sean analizadas las especificaciones de la norma NMX-F-262-1975 “COLORANTE ORGÁNICO-SINTÉTICO ROJO”; debido a que todos los parámetros analizados están dentro de los límites permitidos para el colorante, se garantizó la calidad y estabilidad del producto, haciéndolo así apto para el consumo o aplicación industrial.

CONCLUSIONES

- Se efectuó el diagnóstico del equipo de secado por atomización el cual indicó que se debía realizar una reparación media al mismo por lo especificado en el estado técnico del equipo.
- El transmisor de temperatura DAT 2065 fue el transmisor ideal para la sustitución del anterior por su flexibilidad en adaptación y además que pudo ser programado para el rango de temperatura de -10 hasta 300 grados centígrados, cuya programación se la realizó mediante en jumper interior y el ajuste de sus trimmers según la simulación de temperaturas mediante potenciómetros de acuerdo la tabla del PT100.
- Se diseñó, construyó e implemento un tanque de acero inoxidable el cual puede ser usado en la alimentación del equipo por sus dimensiones y facilidad de aseo como de uso y principalmente por ser de un material usado en el manejo de alimentos.
- Las variables a tomarse en cuenta para el rediseño del equipo de secado por atomización fueron la recuperación de sólidos, el rendimiento y productividad los mismos que pueden definir una mayor eficacia el equipo por ser indicadores claros de mejoras en la obtención del producto.
- El moto-vibrador ayudo a mejorar la eficacia del equipo permitiendo un mayor desalojo del producto en la cámara de secado como en la cámara de ciclón, es así que se parte con un rendimiento de 0,026 kg colorante/kg extracto de mora y se alcanza 0,046 kg colorante/kg extracto de mora luego del rediseño.
- Al aplicar cálculos de ingeniería para el rediseño del equipo de secado por atomización se pudo obtener una manera real de cuán importante fue el rediseño del equipo.
- Se validó el equipo rediseñado en el laboratorio de procesos industriales, se pudo evidenciar la facilidad de manejo que tiene el equipo y la eficacia del mismo, a la vez la obtención de un producto que cumple con los requisitos establecidos en la Norma NMX-F-263-1975 para Colorante Orgánico Sintético.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda leer el manual del equipo antes de su uso y cualquier inconveniente hacerlo llegar a la persona encargada de la práctica o del laboratorio de procesos industriales.
- Se recomienda el uso fortuito del moto – vibrador debido a sobre calentamiento que pueda presentarse por trabajar en un ambiente con voltajes variantes por la puesta de marcha de vario motores existentes en el laboratorio.
- El aseo del equipo es esencial para una posterior practica con resultados deseados, mediante el uso final de agua para la expulsión de restos de producto inicial de las diferentes tuberías conductos y bombas.
- Es recomendable mantener una separación prudente de la cámara de sacado y del ciclón para evitar quemaduras en la piel u objetos que se estén manipulando.
- Una vez puesto en marcha el equipo evitar abrir o manipular los diferentes elementos eléctricos y electrónicos que lo conforman, por cuestiones de descargas eléctricas que pueden dañar al usuario o por descargas estáticas hacia el equipo que pueden generar averías.
- El uso de los diferentes elementos en porcentajes ideales, hará que la práctica sea mucho más eficiente y que se puedan obtener los productos deseados.
- Antes de iniciar o poner en marcha el proceso, asegurarse que la temperatura de trabajo sea la deseada para evitar paros en el proceso.
- El equipo está diseñado para trabajar con una tensión de 220 voltios por los que se debe conectar a una fuente de similares características, es recomendable guiarse por la manera de ubicación de las clavijas del conector.
- La drenación de la bomba de dosificación es primordial para que pueda llegar el producto a la cámara de secado, esto se lo realiza mediante el drenador ubicado en la parte lateral del mismo, este proceso debe hacerse de manera cuidadosa y reversible al obtener que el producto llegue a la bomba dosificadora.

BIBLIOGRAFIA

Castañeda, A. & Guerrero, J. *Pigmentos en frutas y hortalizas rojas: Antocianinas.* [en línea].2015

[Consulta: 20 de Diciembre del 2017]

Recuperado de: <http://web.udlap.mx/tsia/files/2016/05/TSIA-9-Castaneda-Sanchez-et-al-2015.pdf>

Cruz, Lizabeth. & Hinojosa, Katherin. *Diseño y construcción de un secador por atomización para la obtención de colorante natural a partir de la remolacha.*[en línea][Tesis Pregrado]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniera Química. Riobamba- Ecuador. (2015). Pp. 3-5.

[Consulta: 15 DE Diciembre del 2017]

Recuperado de:

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4665/1/96T00297%20UDCTFC.pdf>

Datxel. *Programmable transmitter for Pt100.* [archivo PDF] 2009

[Consulta: 03 de Noviembre del 2017]

Disponible en:

https://www.smartfactorysac.com.pe/documentacion/datxel/DAT2065_ENG.pdf

Marcano, Deanna. & Hasegawa. Masahisa. *Fitoquímica Organica.*(1ª edición). Caracas: TORINO, 2002. Pp. 29-80

[Consulta: 04 de Enero del 2018].

Recuperado de: <https://books.google.com.ec/books?isbn=9800020667>).

Medidortemperatura.com. *Sensor de temperatura Pt100 y Pt1000 [en linea].s.f*

[Consulta: 15 Enero del 2018].

Recuperado de: <http://medirtemperatura.com/PT100-PT1000.php>

Multon, Jean. *Aditivos y auxiliares de fabricación en las industrias agroalimentarias.* (2a edición). Zaragoza – España: ACRIBIA, 1999, p.359).

Yanza, Erik. *Diseño de un secador por atomización a nivel piloto para jugo concentrado de tomate de árbol.* [en línea][Tesis Pregrado]. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería Química. Manizales- Colombia (2003).pp. 11-35

[Consulta: 02 de Diciembre del 2017].

Recuperado de:

https://www.researchgate.net/profile/Erik_Yanza/publication/38975447_Disenio_de_un_secador_por_atomizacion_a_nivel_piloto_para_jugo_concentrado_de_tomate_de_arbol/links/575196e608ae6807fafb1df7/Diseno-de-un-secador-por-atomizacion-a-nivel-piloto-para-jugo-concentrado-de-tomate-de-arbol.pdf

ANEXOS

Anexo A: Mora de castilla.

a.



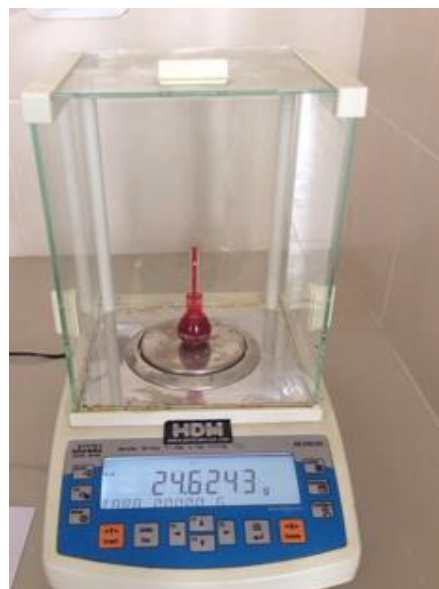
NOTAS a. Mora de castilla	CATEGORIA DEL DIAGRAMA		ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ERIKA TATIANA LLANGA URQUIZO			REDISEÑO DEL SECADOR POR ATOMIZACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE COLORANTE NATURAL A PARTIR DE MORA DE CASTILLA		
	<input type="checkbox"/>	Certificado				ESCALA	FECHA	LAMINA
	<input checked="" type="checkbox"/>	Aprobado	A4	27/02/2018	1			
	Por Aprobar							
	Por calificar							
	Por verificar							

Anexo B: Grados brix, densidad y viscosidad del extracto puro de Mora.

a.



b.



c.



NOTAS

- a. Grados Brix
- b. Densidad del extracto
- c. Viscosidad del extracto

CATEGORIA DEL DIAGRAMA

- Certificado
- Aprobado
- Por Aprobar
- Por calificar
- Por verificar

ESPOCH
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

ERIKA TATIANA LLANGA URQUIZO

REDISEÑO DEL SECADOR POR ATOMIZACIÓN PARA LA
 OBTENCIÓN DE COLORANTE NATURAL A PARTIR DE MORA
 DE CASTILLA

ESCALA	FECHA	LAMINA
A4	27/02/2018	2

Anexo C: Tensión Superficial y Solidos totales del extracto de Mora.

a.



b.



NOTAS

- a. Tensión superficial
- b. Solidos totales

CATEGORIA DEL DIAGRAMA

<input type="checkbox"/>	Certificado
<input checked="" type="checkbox"/>	Aprobado
<input type="checkbox"/>	Por Aprobar
<input type="checkbox"/>	Por calificar
<input type="checkbox"/>	Por verificar

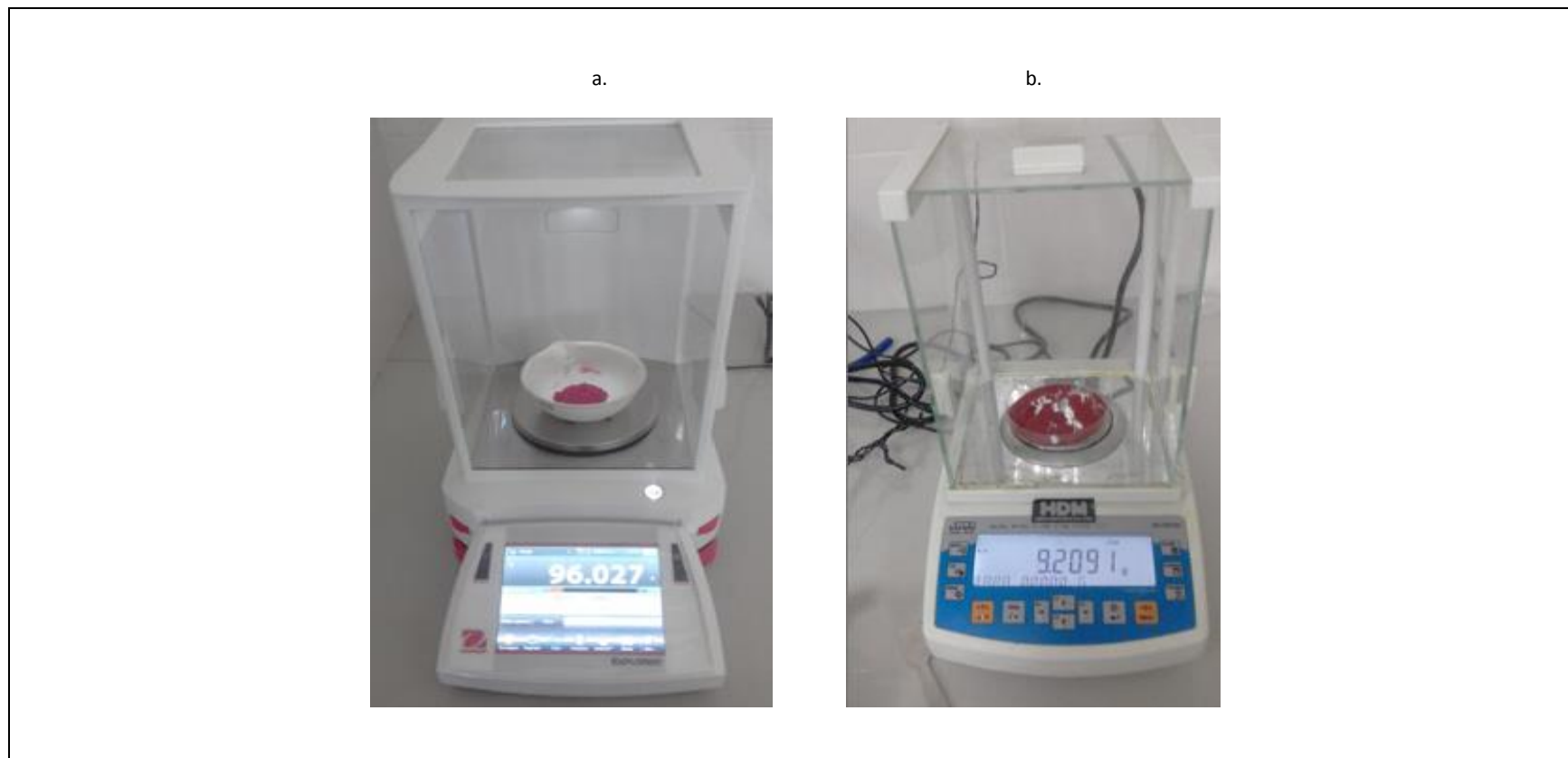
ESPOCH
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

ERIKA TATIANA LLANGA URQUIZO

REDISEÑO DEL SECADOR POR ATOMIZACIÓN
 PARA LA OBTENCIÓN DE COLORANTE NATURAL A
 PARTIR DE MORA DE CASTILLA

ESCALA	FECHA	LAMINA
A4	27/02/2018	3

Anexo D: Humedad y Higroscopia del producto.



NOTAS a. Humedad del producto b. Higroscopia del producto	CATEGORIA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> Certificado <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Por verificar	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA			REDISEÑO DEL SECADOR POR ATOMIZACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE COLORANTE NATURAL A PARTIR DE MORA DE CASTILLA		
		ERIKA TATIANA LLANGA URQUIZO		ESCALA A4	FECHA 27/02/2018	LAMINA 4	

Anexo E: Espectrofotometría uv visible

a.



NOTAS a. Espectrofotometría uv visible	CATEGORIA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> Certificado <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Por verificar	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ERIKA TATIANA LLANGA URQUIZO	REDISEÑO DEL SECADOR POR ATOMIZACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE COLORANTE NATURAL A PARTIR DE MORA DE CASTILLA		
			ESCALA A4	FECHA 27/02/2018	LAMINA 5

Anexo F: Equipo antes

a.



NOTAS

a. Equipo antes

CATEGORIA DEL DIAGRAMA

<input type="checkbox"/>	Certificado
<input checked="" type="checkbox"/>	Aprobado
<input type="checkbox"/>	Por Aprobar
<input type="checkbox"/>	Por calificar
<input type="checkbox"/>	Por verificar

ESPOCH
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

ERIKA TATIANA LLANGA URQUIZO

REDISEÑO DEL SECADOR POR ATOMIZACIÓN
 PARA LA OBTENCIÓN DE COLORANTE NATURAL
 A PARTIR DE MORA DE CASTILLA

ESCALA	FECHA	LAMINA
A4	27/02/2018	6

Anexo G: Tanque de alimentación antes

a.



NOTAS

a. Tanque de alimentación, antes

CATEGORIA DEL DIAGRAMA

<input type="checkbox"/>	Certificado
<input checked="" type="checkbox"/>	Aprobado
<input type="checkbox"/>	Por Aprobar
<input type="checkbox"/>	Por calificar
<input type="checkbox"/>	Por verificar

ESPOCH
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

ERIKA TATIANA LLANGA URQUIZO

REDISEÑO DEL SECADOR POR ATOMIZACIÓN
 PARA LA OBTENCIÓN DE COLORANTE NATURAL
 A PARTIR DE MORA DE CASTILLA

ESCALA	FECHA	LAMINA
A4	27/02/2018	7

Anexo H: Panel de Control antes.

a.



NOTAS

a. Panel de control

CATEGORIA DEL DIAGRAMA

<input type="checkbox"/>	Certificado
<input checked="" type="checkbox"/>	Aprobado
<input type="checkbox"/>	Por Aprobar
<input type="checkbox"/>	Por calificar
<input type="checkbox"/>	Por verificar

ESPOCH
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

ERIKA TATIANA LLANGA URQUIZO

REDISEÑO DEL SECADOR POR ATOMIZACIÓN PARA
 LA OBTENCIÓN DE COLORANTE NATURAL A PARTIR
 DE MORA DE CASTILLA

ESCALA	FECHA	LAMINA
A4	27/02/2018	8

Anexo I: Equipo rediseñado.

a.



NOTAS

a. Equipo rediseñado

CATEGORIA DEL DIAGRAMA

- Certificado
- Aprobado
- Por Aprobar
- Por calificar
- Por verificar

ESPOCH
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

ERIKA TATIANA LLANGA URQUIZO

REDISEÑO DEL SECADOR POR ATOMIZACIÓN PARA
 LA OBTENCIÓN DE COLORANTE NATURAL A
 PARTIR DE MORA DE CASTILLA

ESCALA	FECHA	LAMINA
A4	27/02/2018	9

Anexo J: Tanque de alimentación rediseñado.

a.



NOTAS

a. Tanque de alimentación rediseñado

CATEGORIA DEL DIAGRAMA

<input type="checkbox"/>	Certificado
<input checked="" type="checkbox"/>	Aprobado
<input type="checkbox"/>	Por Aprobar
<input type="checkbox"/>	Por calificar
<input type="checkbox"/>	Por verificar

ESPOCH
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

ERIKA TATIANA LLANGA URQUIZO

REDISEÑO DEL SECADOR POR ATOMIZACIÓN
 PARA LA OBTENCIÓN DE COLORANTE NATURAL
 A PARTIR DE MORA DE CASTILLA

ESCALA	FECHA	LAMINA
A4	27/02/2018	10

Anexo K: Panel de control rediseñado.

a.



NOTAS a. Panel de control con rediseñado	CATEGORIA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> Certificado <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Por verificar	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ERIKA TATIANA LLANGA URQUIZO	REDISEÑO DEL SECADOR POR ATOMIZACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE COLORANTE NATURAL A PARTIR DE MORA DE CASTILLA		
			ESCALA	FECHA	LAMINA
			A4	27/02/2018	11

Anexo L: Sistema de vibración rediseñado.

a.



NOTAS

a. Sistema de vibración rediseñado

CATEGORIA DEL DIAGRAMA

<input type="checkbox"/>	Certificado
<input checked="" type="checkbox"/>	Aprobado
<input type="checkbox"/>	Por Aprobar
<input type="checkbox"/>	Por calificar
<input type="checkbox"/>	Por verificar

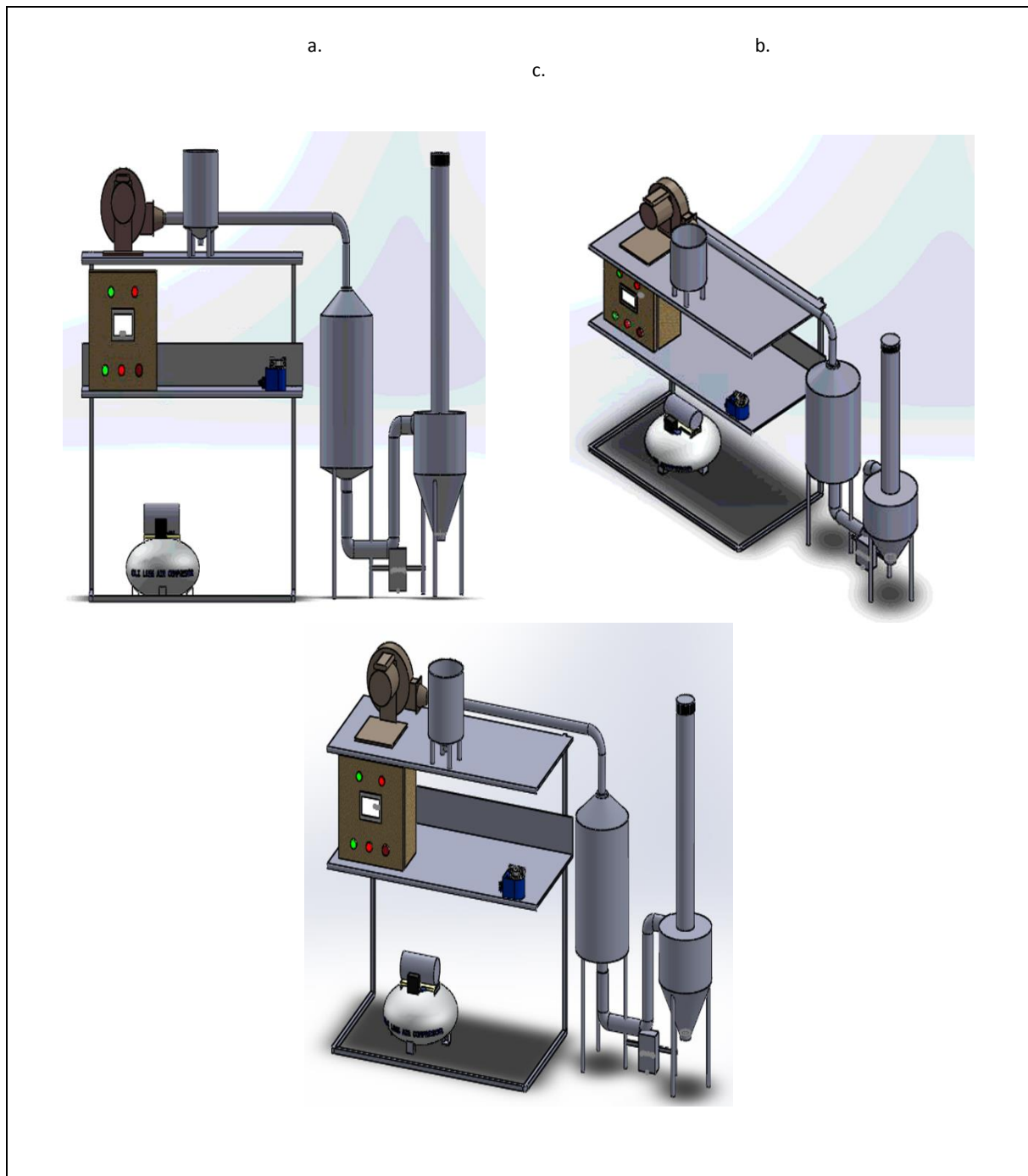
ESPOCH
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

ERIKA TATIANA LLANGA URQUIZO

REDISEÑO DEL SECADOR POR ATOMIZACIÓN PARA LA
 OBTENCIÓN DE COLORANTE NATURAL A PARTIR DE
 MORA DE CASTILLA

ESCALA	FECHA	LAMINA
A4	27/02/2018	12

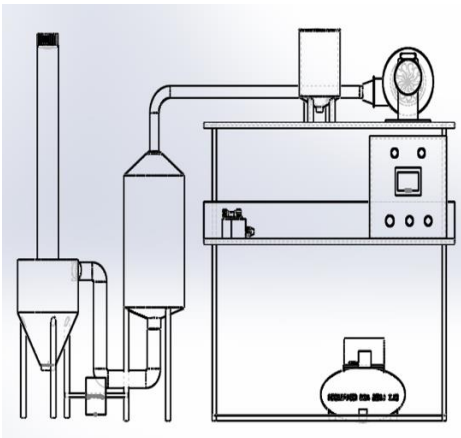
Anexo M: Planos equipo rediseñado vista sólida.



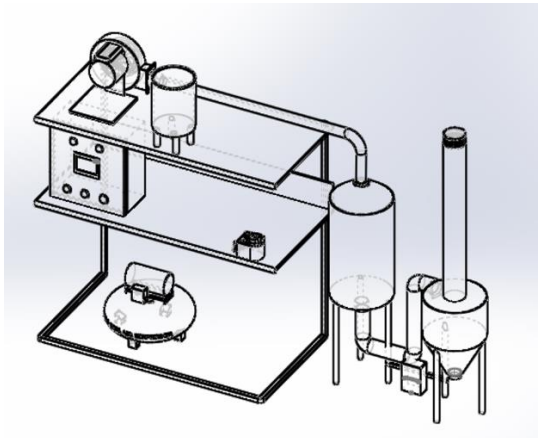
NOTAS	a.	Vista frontal solida del equipo	CATEGORIA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> Certificado <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Por verificar	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ERIKA TATIANA LLANGA URQUIZO	REDISEÑO DEL SECADOR POR ATOMIZACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE COLORANTE NATURAL A PARTIR DE MORA DE CASTILLA						
	b.	Vista isométrica solida del equipo			<table border="1"> <thead> <tr> <th>ESCALA</th> <th>FECHA</th> <th>LAMINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A4</td> <td>27/02/2018</td> <td>13</td> </tr> </tbody> </table>	ESCALA	FECHA	LAMINA	A4	27/02/2018	13
	ESCALA	FECHA			LAMINA						
A4	27/02/2018	13									
c.	Vista isométrica solida 2 del equipo										

Anexo N: Planos equipo rediseñado vista lineal.

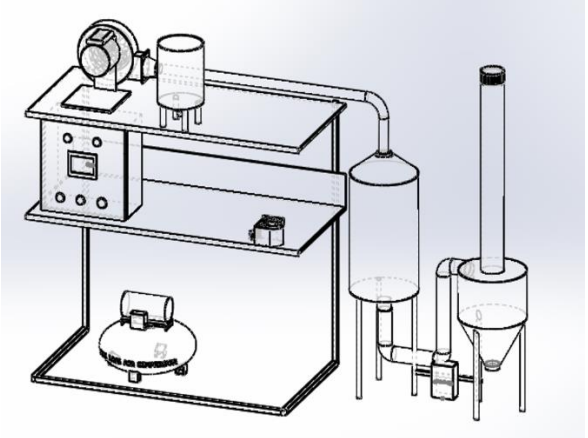
a.



b.



c.



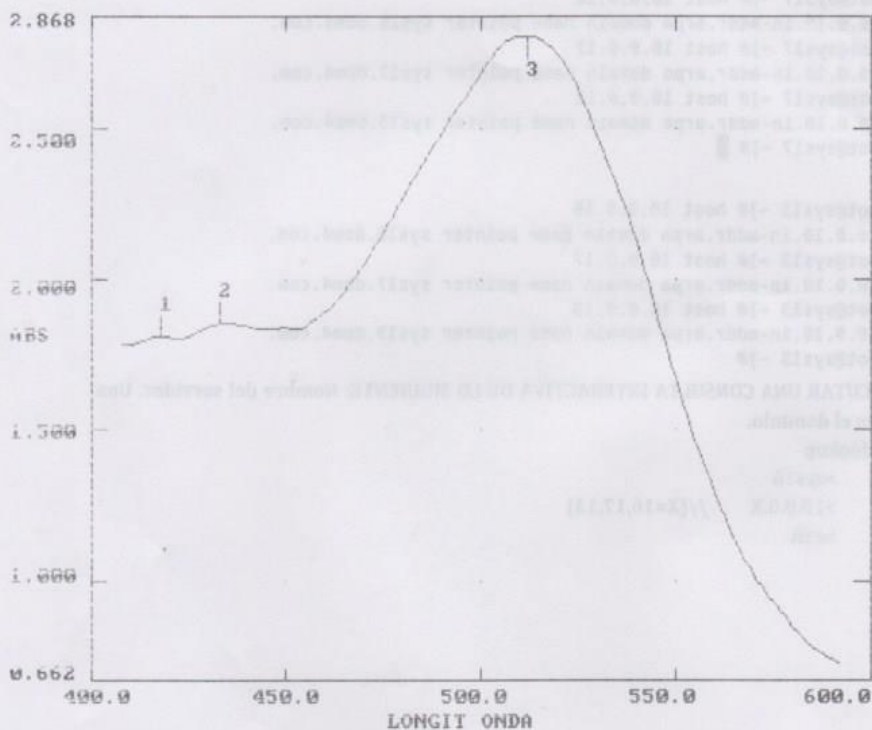
NOTAS	a.	Vista frontal lineal del equipo	CATEGORIA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> Certificado <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Por verificar	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ERIKA TATIANA LLANGA URQUIZO	REDISEÑO DEL SECADOR POR ATOMIZACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE COLORANTE NATURAL A PARTIR DE MORA DE CASTILLA		
	b.	Vista isométrica lineal del equipo			ESCALA	FECHA	LAMINA
	c.	Vista isométrica lineal 2 del equipo			A4	27/02/2018	14

Anexo O: Espectrofotómetro UV visible está en un rango de 500 a 550.

FECHA:03/01/18 SERIE No:140113 ID :
 HORA :12:18:12 OPERARIO :

TIPO BARR:INTELIGEN VELOC:NORMAL INT DATO:1.0nm
 LIN BASE:USUARIO ANCHOBANDA:2.0nm CAMBIAR LAMP:325nm
 SUAVIZANDO: MEDIO

PICOS									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
λnm 418.0	433.0	512.0							
abs 1.809	1.852	2.806							

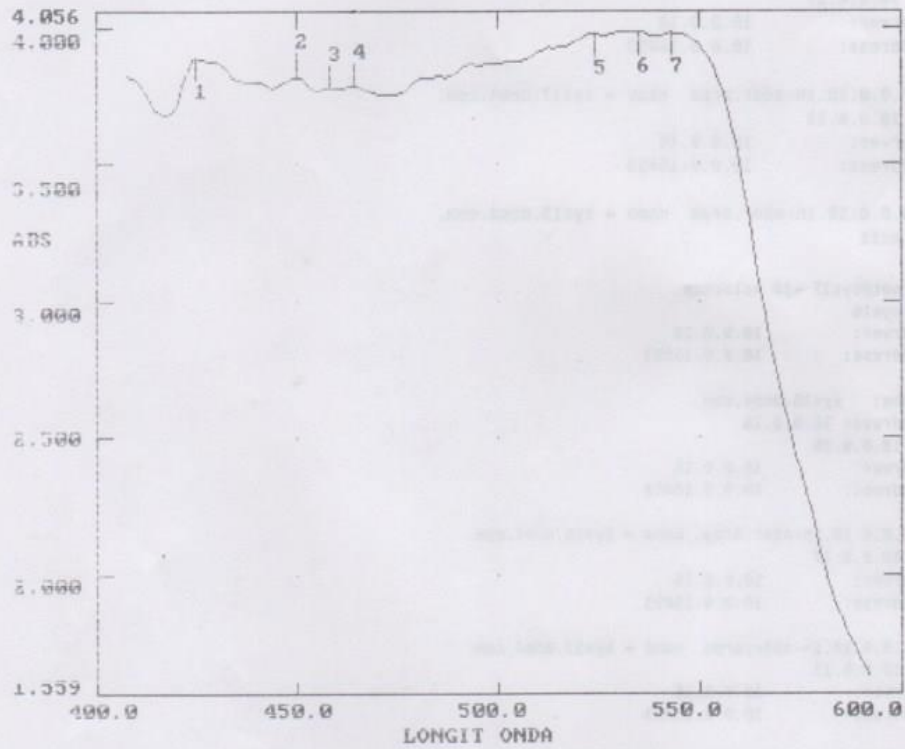


Anexo P: Espectrofotómetro UV visible está en un rango de 500 a 550.

FECHA:03/01/18 SERIE No:140113 ID :
 HORA :12:14:08 OPERARIO :

TIPO BARR:INTELIGEN VELOC:NORMAL INT DATO:1.0nm
 LIN BASE:USUARIO ANCHOBANDA:2.0nm CAMBIAR LAMP:325nm
 SUAVIZANDO: MEDIO

PICOS									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
λnm	425.0	450.0	458.0	464.0	524.0	535.0	543.0		
ABS	3.893	3.823	3.784	3.787	3.979	3.986	3.982		



Anexo Q: Análisis del colorante natural de mora.



**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :
SERVICIOS DE LABORATORIO**

Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Telefax: (03) 3013183

INFORME DE ENSAYO No:
ST:

Q-013-18
004-18 ANÁLISIS DE QUÍMICOS

Nombre Peticionario:
Atn.
Dirección:

NA
Erika Llanga
Av. Pedro Vicente Maldonado
Riobamba-Chimborazo

FECHA:
NUMERO DE MUESTRAS:
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:
FECHA DE MUESTREO:
FECHA DE ANÁLISIS:
TIPO DE MUESTRA:
CÓDIGO CESTTA:
CÓDIGO DE LA EMPRESA:
PUNTO DE MUESTREO:
ANÁLISIS SOLICITADO:
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:

02 de Febrero del 2018
1
2018/01/23 - 16:45
2018/01/23 - 15:00
2018/01/23 - 2018/02/02
Polvo de Mora
LAB-Q 013-18
NA
Laboratorio de procesos industriales
Físico-Químico
Erika Llanga
T máx.:25.0 °C. T min.: 15.0 °C

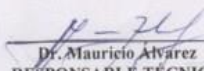
RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Sulfatos	Espectrofotométrico	%	0,051	5 máximo
Material Volátil a 135°C	Gravimétrico	%	8,42	10 máximo
Cloruros	Volumétrico	%	0,11	5 máximo
Extractos etéreos	Gravimétrico	%	3,61	0,5 máximo
Arsénico	ICP	mg/Kg	<0,1	1,4 máximo
Plomo	ICP	mg/Kg	2,51	10 máximo
Cromo	ICP	mg/Kg	0,29	-

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- Colorante natural Mora.
- La columna marcada con (■) corresponde al Límite máximo permitido indicado en la norma NMX-F-262-1975. Colorante orgánico-sintético rojo No. 6. PONCEAU 4R. Normas mexicanas. Dirección general de normas. Solicitado por el cliente.

RESPONSABLE DEL INFORME:


Dr. Mauricio Álvarez
RESPONSABLE TÉCNICO



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

Página 1 de 1
Edición 0