



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“DISEÑO DE UN PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE
PROTEÍNA DEL LACTOSUERO MEDIANTE LA OPERACIÓN
UNITARIA DE SECADO POR ATOMIZACIÓN”**

TIPO DE TRABAJO DE TITULACIÓN: PROYECTOS TÉCNICOS

**Trabajo de titulación presentado para optar al grado académico de:
INGENIERO QUÍMICO**

AUTOR: NAULA SÁEZ JORGE ROLANDO

TUTOR: ING. HANNIBAL BRITO

RIOBAMBA-ECUADOR

2017

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: el presente trabajo de titulación “DISEÑO DE UN PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE PROTEÍNA DEL LACTOSUERO MEDIANTE LA OPERACIÓN UNITARIA DE SECADO POR ATOMIZACIÓN”, tipo de trabajo de titulación: proyectos técnicos de responsabilidad del señor Jorge Rolando Naula Sáez ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de titulación, quedando autorizada así su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Hannibal Brito

.....

.....

DIRECTOR DEL TRABAJO

DE TITULACIÓN

Ing. Paúl Palmay

.....

.....

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Jorge Rolando Naula Sáez, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, Julio del 2017

Jorge Rolando Naula Sáez

Cedula de identidad 060376542-1

“Yo, Jorge Rolando Naula Sáez, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el presente Trabajo de Titulación, y el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Jorge Rolando Naula Sáez

DEDICATORIA

Al cumplir uno de mis sueños dedico y agradezco mi éxito a Dios, quien me ha llenado de bendiciones, principalmente por escuchar mis oraciones cuando estuve a punto de renunciar, por darme la fuerza, paciencia y amor para seguir adelante.

Para mis padres que con su apoyo, su confianza, sus consejos y la motivación constante me permitieron lograr terminar mi carrera.

A mis hermanos que con su ejemplo de perseverancia y constancia me han permitido mantenerme enfocado siempre en mis metas trazadas.

AGRADECIMIENTO

Es importante agradecerle una vez más a mi Dios por bendecirme y darme la oportunidad de llegar a culminar con éxito la carrera de Ingeniería Química, por darme la fuerza y sabiduría para seguir adelante y hacer realidad mi sueño anhelado.

Agradezco la confianza incondicional y el valioso apoyo de mi familia, quienes son el pilar fundamental en mi vida, y el mejor ejemplo de perseverancia y constancia.

Agradezco de manera especial a dos distinguidos y queridos docentes de nuestra Escuela, al Ing. Hanníbal Brito e Ing. Paúl Palmay que gracias a su experiencia profesional y participación constante en esta investigación, han permitido encaminar de manera excelente su desarrollo.

Mi lealtad y gratitud a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Escuela de Ingeniería Química y personal docente que forman parte de ella, por instruirme como profesional con ética, valor y virtud, comprometido con el desarrollo y progreso de la sociedad.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Pp

PORTADA.....	I
CERTIFICACIÓN	II
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	III
DERECHOS DE AUTOR.....	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	XIV
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XVII
ÍNDICE DE ABREVIATURA	XVIII
ÍNDICE DE SÍMBOLOS.....	XIX
RESUMEN.....	XX
SUMMARY	XXI

INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES.....	2

CAPITULO I

1	DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	3
1.1	IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.2	JUSTIFICACIÓN	4
1.2.1	<i>Justificación Técnica.....</i>	4
1.2.2	<i>Justificación Social.....</i>	4
1.3	LÍNEA BASE DEL PROYECTO	5
1.3.1	<i>Antecedentes de la empresa</i>	5
1.3.2	<i>Marco conceptual.....</i>	5

1.3.2.1	Suero Lácteo	5
1.3.2.2	Características del Lactosuero.....	6
1.3.2.3	Tipos de sueros.....	7
1.3.2.4	Proteína	8
1.3.2.5	Producción	9
1.3.2.6	Composición	9
1.3.2.7	Usos.....	10
1.3.2.8	Microencapsulación.	10
1.3.2.9	Maltodextrina	11
1.3.2.10	Secado	12
1.3.2.11	Secado por atomización	13
1.4	BENEFICIOS DIRECTOS E INDIRECTOS	14
1.4.1	<i>Beneficios directos</i>	14
1.4.2	<i>Beneficios indirectos</i>	14

CAPITULO II

2	OBEJETIVOS	15
2.1	General	15
2.2	Específicos	15

CAPITULO III.....

3	ESTUDIO TÉCNICO	16
3.1	Localización del proyecto.....	16
3.2	Ingeniería del proyecto	18
3.2.1.	<i>Tipo de estudio</i>	18
3.2.2.	<i>Toma de Muestras</i>	18
3.2.3.	<i>Métodos y Técnicas</i>	19
3.2.3.1	Métodos.....	19
3.2.3.2.	Técnicas	20

3.2.3.2.1	Determinación de lactosa	21
3.2.3.2.2	Determinación de proteína láctea.....	22
3.2.3.2.3	Determinación de grasa láctea.....	23
3.2.3.2.4	Determinación de ceniza.....	24
3.2.3.2.5	Determinación de acidez titulable.....	25
3.2.3.2.6	Determinación de PH.....	26
3.2.3.2.7	Determinación microbiológico del lacto suero	27
3.2.4.	<i>Resultados de la caracterización del lactosuero.....</i>	28
3.2.5.	<i>Selección de la materia prima.....</i>	30
3.2.6.	<i>Procedimiento a nivel del laboratorio.....</i>	32
3.2.6.1	Materiales.....	32
3.2.6.2	Reactivos e insumos.....	32
3.2.6.3	Descripción del procedimiento.....	32
3.2.7	<i>Lactosuero con maltodextrina evaluadas a varias concentraciones y temperatura</i>	37
3.3	PROCESOS DE PRODUCCIÓN.....	40
3.3.1	<i>Materia prima, insumos y reactivos.....</i>	40
3.3.1.1	Materia Prima.....	40
3.3.1.2	Insumos.....	41
3.3.2.	<i>Diagrama del Proceso.....</i>	42
3.3.3	<i>Descripción del proceso para la obtención de proteína.....</i>	43
3.4	CÁLCULOS Y RESULTADOS DE INGENIERÍA	44
3.4.1	<i>Balance de masa y energía.....</i>	44
3.4.2	<i>Balance de energía.....</i>	49
3.4.3	<i>Diámetro de la gota.....</i>	53
3.4.4	<i>Tiempo de secado.....</i>	58
3.4.5	<i>Calor.....</i>	61
3.4.6	<i>Eficiencia.....</i>	62
3.4.7	<i>Rendimiento.....</i>	63
3.5	RESULTADOS.....	64
3.6	ANÁLISIS DE COSTO/BENEFICIO DEL PROYECTO.....	69
3.6.1	<i>Análisis de costo de la materia prima e insumos.....</i>	70
3.6.2.	<i>Análisis de costos de equipos e instrumentos de laboratorio.....</i>	71
3.6.3	<i>Análisis de costos de producción.....</i>	72

3.6.3.1	Análisis de costo para la implementación de una planta productora de proteína del lactosuero.....	72
3.6.3.1	Análisis de costo de producción de la proteína.	73
3.7	CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO.....	75
3.8	ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	76
	CONCLUSIONES.	77
	RECOMENDACIONES.....	78
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
	ANEXOS.....	85

ÍNDICE DE TABLAS

Pp

Tabla 1-1:	Porcentaje de los componentes presentes en el lactosuero.....	7
Tabla 2-1:	Porcentaje de los componentes presentes en el suero ácido.....	8
Tabla 3-1:	Secadores.....	12
Tabla 4-3:	Características Geográficas del Cantón Chambo	16
Tabla 5-3:	Ubicación georeferencial de la planta productora de quesos “San José”	17
Tabla 6-3:	Toma de muestras para pruebas de caracterización del lactosuero.	18
Tabla 7-3:	Toma de muestras del lactosuero para la elaboración de proteína en polvo.....	19
Tabla 8-3:	Determinación de lactosa presente en el suero de leche.....	21
Tabla 9-3:	Determinación de la proteína presente en el suero de leche.....	22
Tabla 10-3:	Determinación de la grasa presente en el suero de leche.....	23
Tabla 11-3:	Determinación de ceniza presente en el suero de leche.....	24
Tabla 12-3:	Determinación de la acidez titulable del suero de leche.....	25
Tabla 13-3:	Determinación del PH del suero lácteo	26
Tabla 14-3:	Determinación de los análisis requeridos por la Norma NTE INEN 2594.....	27
Tabla 15-3:	Resultados de la caracterización físico-química del lactosuero	28
Tabla 16-3:	Resultados de la caracterización microbiológica del lactosuero	29
Tabla 17-3:	Determinación del lactosuero como materia prima.....	31
Tabla 18-3:	Lactosuero con maltodextrina a varias concentraciones y temperaturas.....	37
Tabla 19-3:	Datos experimentales del secado por atomización del lactosuero.....	38

Tabla 20-3:	Datos generales.....	38
Tabla 21-3:	Datos del lactosuero a 20 °C.....	39
Tabla 22-3:	Datos del aire.....	39
Tabla 23-3:	Datos del agua	39
Tabla 24-3:	Datos experimentales del suero de leche a 50% maltodextrina 20°C.....	40
Tabla 25-3:	Componentes utilizados en el proceso de obtención de la proteína	41
Tabla 26-3:	Resultado de los ensayos	64
Tabla 27-3:	Resultados de la atomización	67
Tabla 28-3:	Resultado de eficiencia.....	69
Tabla 30-3:	Costos de materia prima, insumos y otros componentes.....	70
Tabla 31-3:	Costos de materia prima, insumos y otros componentes.....	70
Tabla 32-3:	Costos reales de los equipos.....	71
Tabla 33-3:	Costos de materiales para el control de calidad.....	71
Tabla 34-3:	Costos de envases para la proteína en polvo.	72
Tabla 35-3:	Costos de implementación de una planta de producción de proteína.....	72
Tabla 36-3:	Costos de producción semestral de proteína del lactosuero.	73
Tabla 37-3:	Costo total de producción semestral de la proteína del lactosuero.....	73
Tabla 38-3:	Costo de producción semestral con adición del % de ganancia.	73
Tabla 39-3:	Costo de venta de la proteína.....	74
Tabla 40-3:	Relación costo-beneficio en la producción del proteína.....	74
Tabla 41-3:	Cronograma de actividades	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Pp

Figura 1-3:	Vista geográfica del Cantón Chambo.	17
Figura 2-3:	Vista geográfica de la planta productora de quesos “San José”	18
Figura 3-3:	Pesado del lactosuero con maltodextrina	33
Figura 4-3:	Homogenización	33
Figura 5 -3:	Homogenización a más de 350C.....	34
Figura 6-3:	Alimentación.....	34
Figura 7-3:	Conexión a un sistema eléctrico.....	35
Figura 8-3:	Panel de control.....	35
Figura 9-3:	Mezcla de las fases.....	35
Figura 10-3:	Pesado y tamizado.....	36
Figura 11-3:	Envasado	36
Figura 12-3:	Diagrama de proceso para la obtención de proteína	42
Figura 13-3:	Balance de masa y energía	44
Figura 14-3:	Curvas de secado (X vs V).....	68
Figura 15-3:	Curva de secado (t vs X).....	68

ÍNDICE DE ECUACIONES**Pp**

Ecuación 1-3:	Flujo de masa de agua contenida en la alimentación (Kg/s).....	45
Ecuación 2-3:	Flujo de solido seco en la alimentación. (Kg/s).....	45
Ecuación 3-3:	Humedad de la alimentación (Kg H ₂ O /Kg ss).....	46
Ecuación 4-3:	Humedad del producto (Kg H ₂ O/Kg ss).....	46
Ecuación 5-3:	Flujo de masa de agua contenida en el producto. (KgH ₂ O/S).....	46
Ecuación 6-3:	Humedad absoluta del aire a la entrada. (Kg H ₂ O/Kg as).....	46
Ecuación 7-3:	Presión parcial de vapor.....	47
Ecuación 8-3:	Presión del vapor saturado.....	48
Ecuación 9-3:	Presión de la localidad.....	48
Ecuación 10-3:	Entalpia de la alimentación. (J/Kg.K).....	49
Ecuación 11-3:	Entalpia del producto (J/Kg.K).....	50
Ecuación 12-3:	Entalpia del aire de entrada. (J/Kg.K).....	51
Ecuación 13-3:	Humedad del aire a la salida del sistema. (Kg H ₂ O/Kg as).....	51
Ecuación 14-3:	Flujo mínimo de aire requerido. (Kg/s).....	52
Ecuación 15-3:	Flujo de agua contenida en el aire. (KgH ₂ O/S).....	52
Ecuación 16-3:	Flujo de agua contenida en el aire de salida. (Kg/s).....	52
Ecuación 17-3:	Entalpia del aire a la salida. (J/Kg.K).....	53
Ecuación 18-3:	Diámetro de la gota. (m).....	53
Ecuación 19-3:	Velocidad relativa del gas con respecto al líquido.....	54

Ecuación 20-3:	Flujo volumétrico del líquido.....	54
Ecuación 21-3:	Masa de la gota. (Kg).....	54
Ecuación 22-3:	Diámetro de la gota en el punto crítico. (m).....	55
Ecuación 23-3:	Humedad removida de la gota cuando se alcanza el punto crítico. (Kg).....	56
Ecuación 24-3:	Humedad remanente de la gota. (Kg).....	56
Ecuación 25-3:	Humedad absoluta de la gota cuando se alcanza el punto crítico.....	56
Ecuación 26-3:	Temperatura de la gota en el punto crítico. (°K).....	57
Ecuación 27-3:	Humedad absoluta del aire cuando alcanza el punto crítico.....	57
Ecuación 28-3:	Entalpia de los sólidos cuando se alcanza el punto crítico. (J/Kg).....	57
Ecuación 29-3:	Entalpia del aire cuando se alcanza el punto crítico. (J/Kg).....	58
Ecuación 30-3:	Temperatura en el punto crítico. (°K).....	58
Ecuación 31-3:	La media logarítmica de temperatura en el periodo de velocidad constante..	59
Ecuación 32-3:	Calor latente de vaporización. (J/Kg).....	59
Ecuación 33-3:	Tiempo de velocidad constante (S).....	59
Ecuación 34-3:	Media logarítmica de temperatura en el periodo de velocidad decreciente...	60
Ecuación 35-3:	Tiempo en el periodo de velocidad decreciente. (S).....	60
Ecuación 36-3:	Tiempo de secado total (S).....	60
Ecuación 37-3:	Tiempo de viaje de la gota a la pared de la cámara de secado. (S).....	61
Ecuación 38-3:	La media logarítmica de temperatura durante el proceso de secado °.K.....	61
Ecuación 39-3:	Calor transferido a la gota durante el tiempo de viaje (J/s).....	62
Ecuación 40-3:	Cálculos necesarios para secar la gota (J/s).....	62

Ecuación 41-3:	Eficiencia térmica del secado por aspiración.....	62
Ecuación 42-3:	Eficiencia de evaporación.....	63
Ecuación 43-3:	Recuperación de solidos.....	63
Ecuación 44-3:	Relación de masa de producto por masa de alimentación.....	63

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO	CONTENIDO
ANEXO A1	Norma INEN para la caracterización del suero lácteo
ANEXO A2	Norma INEN para la caracterización del suero lácteo
ANEXO B1	Norma INEN para toma de muestras de productos lácteos
ANEXO B2	Norma INEN para toma de muestras de productos lácteos
ANEXO B3	Norma INEN para toma de muestras de productos lácteos
ANEXO C1	Análisis microbiológicos para la caracterización del lactosuero.
ANEXO C2	Análisis microbiológicos para la caracterización del lactosuero.
ANEXO D1.	Análisis para la determinación de proteína.
ANEXO D2.	Análisis para la determinación de proteína.
ANEXO E.	Secador por atomización vista de diferentes ángulos
ANEXO F1	Análisis físico-químico y microbiológico del suero
ANEXO F2	Análisis físico-químico y microbiológico del suero
ANEXO G1	Determinación del tamaño de partícula por tamizado
ANEXO G2	Envasado del producto

ÍNDICE DE ABREVIATURA

ABREVIATURA	SIGNIFICADO
A	Aire, área (m^2)
a	Ancho (m)
b	Ancho de un chorro de aire que sale del atomizador (m)
bh	Bulbo húmedo ($^{\circ}C$)
C	Caudal (m^3/s)
$^{\circ}C$	Grados Centígrados
Cp	Calor específico (KJ/Kg. $^{\circ}C$) (KJ/Kg. $^{\circ}K$)
Cv	Calor específico del vapor de agua (KJ/Kg. $^{\circ}C$) (KJ/Kg. $^{\circ}K$)
cm	Centímetro
D	Diámetro (m)
d	Distancia (m)
g	Gravedad (cm/s^2)
H	Entalpía (KJ/Kg), altura(m)
m	Metro (m)
m	Flujo másico (Kg/s)
Pa	Pascal

ÍNDICE DE SÍMBOLOS

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
λ	Calor latente de vaporización (J/Kg)
ε	Coefficiente de emisividad
\emptyset	Diámetro (m)
ρ	Densidad (Kg/m^3)
Φ	Humedad relativa $Kg H_2O/Kg as$
α_p	Humedad remanente de la gota (Kg)
α_r	Humedad removida de la gota cuando se alcanza el punto crítico
Δ	Media logarítmica ($^{\circ}C$)
π	Pi
%	Porcentaje
Σ	Sumatoria
γ	Tensión superficial, constante de Stefan-Boltzmann
μ	Viscosidad dinámica (cP)

RESUMEN.

Se diseñó un proceso para la obtención de proteína del lactosuero mediante la operación unitaria de secado por atomización, este proceso de obtención fue elaborado para la empresa lactea San José del sector Chambo, en conjunto con la Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Para realizar el proceso de atomización, se preparó la alimentación por filtración del lactosuero, con el cual se realizó 26 pruebas, trabajando con el encapsulante (maltodextrina), con la cual se varió la formulación y la temperatura de secado. Se prepararon concentraciones de 10, 25, 50, 75 y 100%P/P, a temperaturas de secado de 100,120, 140, 160 y 180°C y tiempo promedio de 20 minutos. Estableciendo que las condiciones óptimas del proceso de secado por atomización son: temperatura del aire de secado de 120°C y una concentración de lactosuero con maltodextrina del 50%P/P. Obteniendo un producto con una humedad del $3 \pm 0,05\%$, higroscopia $4,05 \pm 0,01\%$ y un rendimiento de recuperación de sólidos del $72,73 \pm 0,04\%$. Se evidencia que la eficiente operación permite obtener la proteína natural del lactosuero en menor tiempo y cumpliendo con la norma NTE INEN 2585:2011. “suero de leche en polvo”, así incentivando a la elaboración de subproductos a partir del suero de leche para consumo humano. Por lo que se recomienda a la empresa de lácteos San José la aplicación del secado por atomización para la investigación de otros productos a nivel industrial.

Palabras claves: <LÁCTEOS SAN JOSÉ> <LACTOSUERO> <PROTEÍNA> <NORMA TÉCNICA [NTE. INEN 2594: 2011]> <CLASIFICACIÓN> <ENCAPSULANTE> <SECADOR POR ATOMIZACIÓN> <INGENIERÍA [QUÍMICA]> <CHIMBORAZO [PROVINCIA]> <CHAMBO [CANTÓN]>

SUMMARY

It was designed a process for obtaining of whey protein through a separately stage spray drying, this process was elaborated for the dairy company San José de Chambo, with Chemical Engineering School, Facultad de Ciencias from Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. For the spraying process was prepared the feeding by whey filtering, with which 26 tests were made, working with the maltodextrin encapsulated by which the formulating and the drying temperature were changed. Concentrations of 10, 25, 50, 75 and 100% P/P were prepared to drying temperatures of 100, 120, 140, 160 and 180 °C and average time of 20 minutes. Stablishing the optimum conditions of drying process by spray are: temperature of drying air of 120 °C and a concentration of whey with maltodextrin of 50% P/P. Resulting a product with a humidity of $3 \pm 0,05\%$, hygroscopicity $4,05 \pm 0,01\%$ and a performance of solid recovery of $72,73 \pm 0,04\%$. It is evidenced that the efficient process allows obtaining the natural whey protein in less time and fulfilling with the standard NTE INEN 2585: 2011, “Whey powder” thus motivating to the elaboration of sub products from whey for human consumption. It is recommended to the Dairy Company San José, the application of drying by spray for the research of other products to industrial level.

Key words: <MILK PRODUCTS SAN JOSÉ>, <WHEY PROTEIN>, <TECHNICAL STANDARD [NTE. INEN 2594: 2011] >, < [CHEMICAL] ENGINEERING>, <CHIMBORAZO [PROVINCE] >, <CHAMBO [CANTON] >.

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años la industria quesera ha ido ampliando su producción por ende se ha incrementado la generación de suero de leche. Hoy en día el suero de leche es utilizado ampliamente como alimento para animales de granja tales como porcinos y terneros, sin embargo a nivel industrial no es empleado para la elaboración de nuevos productos,

En la actualidad los concentrados proteínicos en polvo son ingredientes primordiales en la fabricación de productos en la industria alimentaria y afines.

El suero subproducto de la producción quesera, contiene aún una cantidad apreciable de proteínas de alto valor biológico (lactoalbúmina y lactoglobulina), esta al ser arrojada sin tratamiento alguno, no sólo estamos desaprovechando una excelente fuente proteínica sino que estamos causando un grave problema de contaminación ambiental.

Razón por la cual se ha planteado el presente trabajo técnico, que se fundamenta en el Diseño de un proceso para la obtención de proteína del lactosuero mediante la operación unitaria de secado por atomización.

En este sentido la tecnología de secado por atomización representa una alternativa viable y apropiada para la industria de los alimentos de productos líquidos que son sensibles al calor y que no se pueden exponer a altas temperaturas durante períodos largos de tiempo.

La proteína en polvo del lactosuero es un producto de elevada calidad comercial debido a la reducción del peso, facilidad de conservación de sabor, aroma y calidad en general, que los obtenidos por procesos de secado convencionales.

ANTECEDENTES

La empresa de lácteos San José del sector Chambo receipta diariamente 600 L de leche de sus alrededores, de la cantidad de leche receiptada, máximo el 25% de ella se convierte en producto deseado (queso) mientras que el 75% restante se convierte en producto no deseado (lactosuero). Según esta investigación el mayor uso que se le da a la leche es para la producción de queso, por ende existe una gran disponibilidad de suero de leche.

Ecuador produce aproximadamente 645 580 L/ d (80 %) de lactosuero, pero no existen industrias que se dediquen a la elaboración de productos a partir de este, por lo que en la mayoría de los casos es vertido a los efluentes, provocando una gran contaminación ambiental, sin embargo en otros países, es empleado para elaborar bebidas hidratantes, nutricionales, probióticos, suero en polvo (proteína) etc.

Su uso se debe a que posee propiedades muy nutritivas que aportan a la dieta alimentaria, al poseer un alto contenido proteico rico en aminoácidos esenciales, hacen que este subproducto tenga un valor agregado.

Desde varios años atrás existen estudios del análisis del suero de leche, para la elaboración de bebidas en especial tipo isotónicas, a la cual se le han agregado frutas tropicales como el arazá, maracuyá, mango, etc. o microorganismos probióticos como el *Lactobacillus* se ha utilizado además para la producción de yogurt, kéfir, proteínas etc. Las investigaciones sobre este tema han sido muy amplias por lo que se planteó el diseño de un proceso para la obtención de la proteína mediante la operación unitaria de secado por atomización que se realizó en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Laboratorio de Procesos Industriales en conjunto con la empresa de lácteos San José del sector Chambo.

CAPITULO I

1 DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La principal problemática que tienen la planta de láctea San José del sector Chambo, es la eliminación diaria del lactosuero proveniente del proceso de producción de queso. De la cantidad de leche receptada diariamente, máximo el 25% de ella se convierte en el producto deseado (queso) mientras que el 75% restante se convierte en producto no deseado (lactosuero). La gran cantidad de lactosuero a eliminar debe ser depurada en una instalación de clarificación-floculación, con la finalidad de disminuir la contaminación al medio ambiente, pero esta demanda de eliminación del lactosuero daría un costo adicional al producto.

El lactosuero es fundamentalmente el responsable del grado de contaminación de los efluentes de la industria láctea.

Mientras este subproducto, contienen un porcentaje muy apreciable de proteínas de alto valor energético (lactoalbúmina y lactoglobulina), al ser arrojadas sin tratamiento a los desagües, no solo estamos desaprovechando una excelente fuente proteínica que es el 80.12%, sino que causa un foco de contaminación ambiental, por esta razón es interesante realizar un estudio de recuperación de este subproducto proveniente de la industria de los quesos el cual se realizó en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, laboratorio de procesos industriales en conjunto con la empresa de lácteos San José del sector Chambo.

Motivo que nos inspira para plantearnos la siguiente interrogante: ¿Es posible realizar la Recuperación de Proteína del lactosuero mediante la operación unitaria de secado por Atomización?

1.2 JUSTIFICACIÓN

1.2.1 Justificación Técnica.

Desde el punto de vista tecnológico el secado por atomización, nos garantiza un alimento deshidratado que contiene una mínima cantidad de agua, donde los microorganismos no pueden proliferar y son retenidas la mayoría de reacciones químicas y enzimáticos de alteración y descomposición, esta técnica de secado tiene la finalidad de preservar al alimento, reducir el peso y algunas veces el volumen, constituyendo un gran aporte para poder transportar y almacenar grandes volúmenes de alimentos.

Esta técnica de secado tiene una gran particularidad de utilizar tiempos cortos en el proceso de desecación y temperaturas bajas que garantizan sus propiedades organolépticas de la materia prima.

1.2.2 Justificación Social.

Desde el punto de vista social las proteínas de suero de queso son de gran calidad como las proteínas de los huevos, su alto contenido de lisina lo encumbra como un complemento ideal en la alimentación del ser humano. Su alto valor biológico en proteínas (lactoalbumina y lactoglobulina) lo hacen muy importante en la dieta de los niños, adolescentes y ancianos por su alto contenido de Riboflavina y ácido pantoténico.

1.3 LÍNEA BASE DEL PROYECTO

1.3.1 Antecedentes de la empresa

El trabajo pertinente se realizó en la escuela Superior Politécnica de Chimborazo en la facultad de ciencias en el laboratorio de operaciones unitarias en conjunto con la planta de lácteos San José del sector Chambo la cual fue fundada por el ingeniero Eduardo Alvares hace 17 años.

Dicha empresa es una de las más grandes del cantón y tiene como objetivo ser líder en el mercado de productos lácteos brindando un mejor servicio y mejor calidad dentro y fuera de la provincia.

La productora de lácteos San José cuenta con alrededor de 17 trabajadores fijos dentro de la planta y varios distribuidores de insumos que son una parte primordial para la elaboración de sus productos, la leche es recolectada de los alrededores de la zona con un aproximado de 600 litros al día, este valor puede variar ya que en ocasiones se necesita de una mayor producción por diferentes circunstancias.

Al elaborar su línea base que es el queso el 25% de la leche receptada en el día se convierte en producto terminado (queso) y el 75% en producto no deseado (lactosuero). Este subproducto es eliminado de forma directa en las alcantarillas y un mínimo porcentaje es vendido a personas de la zona.

1.3.2 Marco conceptual

1.3.2.1 Suero Lácteo

El suero lácteo es un subproducto que se puede obtener de diferentes maneras; ya sea mediante la coagulación de la caseína de la leche, por acción de enzimas coagulantes (estas pueden ser de origen animal, vegetal o microbiano). También se puede dar este efecto por adición de ácidos

orgánicos o minerales, acidificación y por intercambio iónico hasta alcanzar el punto isoeléctrico de la caseína.

El suero de la leche a pesar de ser un sub-producto está compuesto por importantes fuentes de energía que podría aportar un valor dietético al organismo debido a su alto porcentaje en proteína el cual oscila entre el 50-70% y cantidades menores de vitaminas (Especialmente vitaminas del grupo B, C, D y E), minerales (como el Fosforo, Calcio, Magnesio, Potasio, Manganeso y Sodio). (Farias Reyes, José F., Urdaneta G., 2003)

En el proceso de elaboración del queso, se necesita la coagulación de la leche mediante la adición del cuajo. Mediante esta acción se logra que la leche se separe en dos partes: una masa semisólida, compuesta básicamente de caseína; y un líquido, conocido como suero de leche, la masa solida corresponde al producto que se desea obtener mediante este proceso y la parte liquida (lactosuero) es la parte restante o desecho que se origina en la fabricación de quesos.

1.3.2.2 Características del Lactosuero.

El lactosuero es un líquido claro, de color amarillento algo verdoso translucido, o incluso a veces, un poco azulado, pero el color puede diferir uno de otro en función de la calidad de la misma o del tipo de leche que se esté utilizando para su obtención, presenta un sabor ligeramente ácido pero agradable.

El suero de la leche es el coproducto más abundante que se produce en la industria láctea, pero debido a sus características no lo hacen apto para su comercialización directa como lactosuero dentro del mercado, por ello se intenta utilizar sus propiedades para otros fines que resulte de mayor atracción para el posible consumidor, aprovechando así su composición la cual es muy idónea para procesos de fermentación debido al excelente medio de cultivo que se puede generar a partir de este subproducto.

1.3.2.3 Tipos de sueros

- Suero Dulce

Generalmente este tipo de suero proviene de la producción de quesos coagulados con renina, es decir; por coagulación enzimática. La mayoría de este suero está compuesto por nitrógeno no proteico y contiene una gran concentración de lactosa; es muy rico en proteínas pero muy pobre en cuanto se refiere a ácido láctico. El resto del suero es un conjunto de sales minerales y grasas q varían en dependencia de la especie, como subproducto de la elaboración de quesos blandos, duros o semiduros y de la producción de caseína de cuajo, es conocido como suero dulce.

Tabla 1-1: Porcentaje de los componentes presentes en el lactosuero.

Suero Dulce	
Componente	Porcentaje
Nitrógeno	22 %
Lactosa	51 %
Ácido Láctico	0 %
Proteína	7 %
pH	5,9 – 6,6

Realizado por: NAULA Jorge, 2016

Fuente: (Proaño C. & Armas D, 2011)

- Suero Ácido

Este tipo de suero es el resultante de la fabricación de caseína precipitada por ácidos minerales, es decir; mediante coagulación acida la cual da lugar a un suero de característica acida.

El suero ácido a más de su pH se difiere también del suero dulce en las diferentes proporciones de sus componentes, así entonces; contiene mayor proporción de nitrógeno no proteico y posee menor concentración de lactosa ya que se convierte en ácido láctico por la fermentación producida, por tanto; tendrá también mayor cantidad de ácido láctico y debido a la desnaturalización es más pobre en proteínas.

Tabla 2-1: Porcentaje de los componentes presentes en el suero ácido.

Suero Ácido	
Componente	Porcentaje
Nitrógeno	27 %
Lactosa	42 %
Ácido Láctico	10 %
Proteína	6 %
pH	4,3 – 4,6

Realizado do por: NAULA Jorge, ESPOCH/2016.

Fuente: (Proaño C. & Armas D, 2011)

1.3.2.4 Proteína

Es un producto compuesto principalmente por proteínas globulares de un alto valor biológico extraídas del suero de leche. Es generalmente comercializada y utilizada como suplemento dietético para la actividad deportiva, especialmente con el objetivo de desarrollar la fuerza o aumentar la masa muscular, debido al papel principal que tienen las proteínas en el proceso de síntesis muscular.

Adicionalmente se le han atribuido algunas propiedades beneficiosas para la salud. Algunos estudios preclínicos en roedores han sugerido que la proteína de suero de leche puede poseer propiedades anti-inflamatorias o anti-cancerígenas, sin embargo, los datos en humanos son escasos. Los efectos de la proteína de suero de leche en la salud humana son de gran interés y están siendo investigados como una forma de reducir el riesgo de enfermedades, así como posible tratamiento complementario para varias enfermedades. (proteína de suero de leche , s.f.)

1.3.2.5 Producción

El suero de leche se produce cuando la leche se coagula durante el proceso de elaboración de queso, y contiene todo lo que es soluble de la leche después de que el pH se reduzca a 4,6 durante el proceso de coagulación. Se trata de una solución al 5% de lactosa en agua, con algunos minerales y lactoalbúmina. La grasa se elimina y luego es procesado para consumo humano. El procesamiento puede realizarse mediante secado simple, o el contenido de proteína se puede aumentar mediante la eliminación de lípidos y otros materiales no proteicos.

1.3.2.6 Composición

La proteína de suero de leche típicamente viene en tres formas principales: concentrada, aislada, e hidrolizada.

- Los concentrados tienen típicamente un bajo nivel de grasa y colesterol, pero, en general, en comparación con las otras formas de proteína de suero, tienen niveles más altos de compuestos bioactivos, y los hidratos de carbono en forma de lactosa - contienen un 29-89% de proteína en peso.
- Los aislados son procesados para eliminar la grasa y la lactosa, pero son generalmente más bajos en compuestos bioactivos así - contienen un 90% o más de proteína en peso. Al igual que la proteína de suero de leche concentrada, los aislados de proteína de suero de leche tienen un ligero sabor a leche.
- Los hidrolizados de suero de leche contienen proteínas que son predigeridas y parcialmente hidrolizadas con el fin de que sean más fáciles de metabolizar, pero su costo es generalmente más alto. El suero altamente hidrolizado puede ser menos alergénico que otras formas de suero de leche.

1.3.2.7 Usos

El principal uso que se le da a este contenido proteico proveniente del lactosuero es en los practicantes de fisicoculturismo con el objetivo de favorecer el crecimiento muscular (hipertrofia), se la administra en batidos con diferentes sabores debido a que la proteína de suero de leche se la comercializa en forma de polvo.

El porcentaje a suministrar de la proteína en polvo del lactosuero depende de los objetivos que deseen alcanzar y de las necesidades nutricionales de cada deportista, los productos en polvo son recomendable por tener concentrados mínimos de grasa y colesterol a diferencia de los líquidos.

1.3.2.8 Microencapsulación.

Según (Hinojosa & Cruz, Microencapsulación, 2015) en su trabajo de titulación afirma que los zumos presentan por naturaleza un elevado contenido de azúcares como glucosa, fructosa y ácidos orgánicos como ácido cítrico, málico y tartárico, estos compuestos tienen temperaturas de transición vítrea bajas, ocasionando problemas de pegajosidad (stickiness) en los secadores por atomización o en liofilizadores, además nos encontramos con elevada higroscopicidad en los productos obtenidos.

El término “stickiness” hace referencia a los fenómenos de cohesión partícula-partícula y de adhesión partícula-pared que presentan los polvos obtenidos, que dificulta su presentación en estado polvo y mancha las paredes de los cilindros de pulverización. Al quedar en la pared del compartimiento de secado como un jarabe da lugar a bajas producciones y a problemas operacionales.

La solución a este tipo de problemas es la Microencapsulación, esta se da mediante la utilización de productos ayudantes de secado. Estos ayudantes de secado son productos envolventes o encapsuladores que mezclados con la muestra líquida evitan la pegajosidad y aglomeración del producto obtenido.

La Microencapsulación es definida como una tecnología de empaquetamiento de materiales sólidos, líquidos o gaseosos. La microcápsula sellada puede liberar sus contenidos a velocidades

controladas bajo condiciones específicas, y pueden proteger el producto encapsulado de la luz y oxígeno del medioambiente, y de su interacción con otros componentes del alimento.

Una propiedad importante a considerar en un encapsulante, es su temperatura de transición vítrea ya que determinará la cohesividad que puede lograrse al formar la película. Calentando por encima de la temperatura vítrea las capas de la película se vuelven más cohesivas debido a una mayor movilidad molecular por efecto de la temperatura, lo cual ayuda a la adhesión de la película en el material a cubrir.

La sustancia a encapsular puede ser cubierto o atrapado dentro de otro material o sistema. Una microcápsula consiste de una membrana semi-permeable polimérica porosa, esférica, delgada y fuerte alrededor de un centro sólido/líquido.

Los materiales que se utilizan para el encapsulamiento pueden ser carbohidratos, gomas y ésteres de celulosa, gelatina, grasas, aceites, goma arábiga, alginato de calcio, ceras, almidón de trigo, maíz, arroz, papa, nylon, ciclodextrina, maltodextrina, caseinato de sodio, proteína de lactosuero o proteína de soya. Las sustancias que se microencapsulan pueden ser vitaminas, minerales, colorantes, prebióticos, probióticos, sabores nutracéuticos, antioxidantes, olores, aceites, enzimas, bacterias, perfumes, drogas e incluso fertilizantes.

Para definir el método de encapsulación y el agente encapsulante más apropiado es importante definir: cuál será la aplicación de las micropartículas, la composición de los ingredientes, el mecanismo de liberación, tamaño de partícula, forma física final y el costo, entre otros. Las aplicaciones de la microencapsulación se dirigen a la industria, textil, metalúrgica, química, alimenticia, cosméticos, farmacéutica y medicina.

1.3.2.9 Maltodextrina

Las maltodextrinas son los ayudantes de secado ampliamente utilizados para obtener polvos del zumo de fruta, son productos de almidón parcialmente hidrolizados. Se elaboran por métodos de hidrólisis ácida o enzimática de los almidones. Se clasifican generalmente según su grado de hidrólisis, expresado como equivalente de dextrosa (DE). La maltodextrina tienen un DE menos a 20, según la agencia alimentaria de los Estados Unidos, mientras que los polímeros de glúcidos con DE mayor a 20 se consideran como jarabes de glucosa.

1.3.2.10 Secado

Como afirma (KNEULE, 1976) En su libro Técnica de los procesos en las Industrias Químicas y Derivados manifiesta que el secado significa la remoción de cantidades de agua relativamente pequeñas de un cierto material. La evaporación se refiere a la eliminación de cantidades de agua bastante grandes. En la evaporación, el agua se elimina en forma de vapor a su punto de ebullición. En el secado, el agua casi siempre se elimina en forma de vapor con aire.

El secado o deshidratación de materiales biológicos, se usa como técnica de preservación. Los microorganismos que provocan la descomposición de los alimentos no pueden crecer y multiplicarse en ausencia de agua.

Además, muchas de las enzimas que causan los cambios químicos en alimentos y otros materiales biológicos no pueden funcionar sin agua. Los microorganismos dejan de ser activos cuando el contenido de agua se reduce por debajo del 10% en peso. Sin embargo, generalmente es necesario reducir este contenido de humedad por debajo de 5% en peso en los alimentos, para preservar el sabor y su valor nutritivo.

Existen diferentes tipos de secadores, clasificándolos en dos grupos:

Tabla 3-1: Secadores.

TIPOS DE SECADORES	
Discontinuos	De bandejas a presión atmosférica o al vacío
	Discontinuo agitado a presión atmosférica o al vacío
	Rotatorio a presión atmosférica o al vacío
Continuos	Lecho fluidizado
	Banda continua con circulación transversal
	Neumático
	Rotatorio – directo o indirecto
	Vertical, con estantes rotatorios
	Atomizador (“spray”)

Fuente: (Tipos de secadores, 2015)

1.3.2.11 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.

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 pueden alcanzar grandes velocidades de producción.

Desde luego, el sistema tiene también algunas desventajas. Entre ellas se cita:

- 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
- Requerimiento de energía elevada.

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

1.4 BENEFICIOS DIRECTOS E INDIRECTOS

1.4.1 Beneficios directos

- El presente proyecto se desarrolla con la finalidad de beneficiar de forma directa a la empresa de lácteos “San José” del sector Chambo, con la elaboración de un nuevo producto a base del lactosuero, así genera una mayor productividad y mejor contaminación al medio ambiente.

1.4.2 Beneficios indirectos

- Con el desarrollo de este proyecto se beneficiara indirectamente a las poblaciones aledañas al evitar la contaminación generada con este subproducto.
- Los distribuidores de insumos para la fabricación e implementación en la producción de proteína en polvo.

CAPITULO II

2 OBEJETIVOS

2.1 General

- Diseñar un proceso para la obtención de proteína del lactosuero mediante la operación unitaria de secado por atomización.

2.2 Específicos

- Realizar la caracterización físico-química y microbiológica del suero de leche, según la norma NTE INEN 2594:2011.
- Determinar las variables óptimas para la obtención de proteína del lactosuero por atomización.
- Establecer el procedimiento, operaciones y parámetros adecuados para la obtención de la proteína en polvo.
- Validar el producto mediante la caracterización físico-química de la proteína en polvo , según la norma NTE INEN 2585:2011
- Estimar los costos de implementación del proceso.

CAPITULO III

3 ESTUDIO TÉCNICO

3.1 Localización del proyecto

El presente trabajo de titulación tipo técnico se efectuó en el Cantón CHAMBO situada 8 Km al este de la ciudad de Riobamba de la Provincia de Chimborazo en el Ecuador. Chambo posee una superficie de 163 Km² que representa el 2,5% de la superficie de la provincia, el mismo que a pesar de contar con una superficie pequeña, su importancia radica en la ubicación geográfica, en la diversidad de pisos climáticos y en la rica producción agrícola y ganadera.

Tabla 4-3: Características Geográficas del Cantón Chambo.

Cantón CHAMBO	
Limites	<ul style="list-style-type: none">• Al Norte: Cantón Riobamba• Al Sur: Cantón Riobamba• Al Oeste: Cantón Riobamba• Al Este: Provincia de Morona Santiago
Rango Altitudinal	2400 – 4730 msnm
Clima	0-15°C

Fuente: Plan de desarrollo territorial del cantón Chambo.

Realizado por: NAULA Jorge., ESPOCH/2017

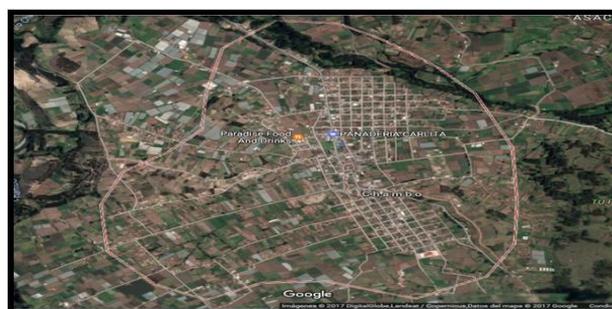


Figura 1-3. Ubicación Geográfica del Cantón Chambo.

Fuente: Plan de Desarrollo Territorial del Cantón Chambo.

Para la realización de este trabajo técnico se hizo un recorrido previo por las zonas, donde se identificó la problemática generada por la sobre producción de lactosuero, dentro de ello se identificó una planta productora de quesos “San José” del Sr. Eduardo Álvarez, que dio la apertura y accesibilidad para la toma de muestras necesarias para el desarrollo del proyecto.

Tabla 5-3: Ubicación georeferencial de la planta productora de quesos “San José”

Planta Productora de Quesos “San José”		
Ubicación	Cantón Chambo	
Dirección	Calle 11 & Vía Catequilla	
Georreferenciación	Longitud	Latitud
	-1,7290296	-78,5902462

Fuente: Plan de desarrollo territorial del cantón Chambo.

Realizado por: NAULA Jorge., ESPOCH/2017



Figura 2-3. Ubicación Geográfica de la planta productora de quesos “San José”.

Fuente: Plan de Desarrollo Territorial del Cantón Chambo.

3.2 Ingeniería del proyecto

3.2.1. Tipo de estudio

El proyecto es de tipo técnico, en el cual mediante procesos de operaciones unitarias, técnicas preliminares e investigación teórico-práctico se determinara si es posible o no la realización de dicho proyecto.

El proyecto cuenta con un estudio analítico, descriptivo y experimental ya que se correlacionan datos específicos basados en normas y se los compara con datos experimentales obtenidos mediante el análisis de las muestras asignadas al estudio, de la misma manera se puede describir las variaciones que se dan en proceso a fin de determinar un método estándar para su elaboración.

3.2.2. Toma de Muestras

La toma de muestra se lo realizo de manera manual de acuerdo a lo establecido en la Norma NTE INEN 0004 para toma de muestras de productos lácteos, dicho procedimiento se lo realizo de manera individual para cada tipo de análisis y pruebas correspondientes en la siguiente manera:

Tabla 6-3: Toma de muestras para pruebas de caracterización del lactosuero.

Análisis Microbiológico				Técnica	Lugar
Día	# Muestra	Cantidad (mL)	Hora		
Martes	5	100	08:30	NTE INEN 0004	Planta productora de quesos San José de Chambo
Viernes	5	100	08:30		
Análisis Físicoquímico					
Día	# Muestra	Cantidad (mL)	Hora		
Martes	6	100	08:30		
Viernes	6	100	08:30		

Fuente: Norma NTE INEN 0004

Realizado por: Naula Jorge., ESPOCH/2017

Tabla 7-3: Toma de muestras del lactosuero para la elaboración de proteína en polvo.

Semana	Día	Numero de Muestras	Cantidad (L)	Hora	Técnica	Lugar
Semana 1	Martes	1	180	08:30	NTE INEN 0004	Planta productora de quesos San José de Chambo
	Viernes	0	0	08:30		
Semana 2	Martes	0	0	08:30		
	Viernes	1	180	08:30		

Fuente: Norma NTE INEN 0004

Realizado por: NAULA Jorge., ESPOCH/2017

Nota: Cabe mencionar que la planta productora de quesos “San José” del sector Chambo labora los 7 días de la semana, 30 días al mes y por lo general los días de mayor descarga de subproducto (lactosuero) lo realizan entre los días martes y viernes de cada semana entre las 08:00 a 09:00, es por ello que la recolección de muestras tanto para pruebas de caracterización como para la elaboración del producto (proteína en polvo) se realizaron entre los días y la hora mencionada.

3.2.3. Métodos y Técnicas

3.2.3.1. Métodos

Para este proyecto de investigación tipo técnico se tomara de referencia tres métodos esenciales como son: Método inductivo, método deductivo y método experimental estos métodos no facilitará el estudio y desarrollo del presente proyecto.

a) Método inductivo

Mediante este método se obtiene un estudio de lo particular a lo general, el cual nos da a conocer el porcentaje de nutrientes importantes presentes en el suero de la leche que se genera en la producción de quesos, lo cual nos va a permitir orientarnos de una manera clara y concisa para el desarrollo de este proyecto. Esto ira encaminada con los respectivos análisis y pruebas de caracterización necesarias basadas en las normas establecidas, adquiriendo datos precisos para la elaboración de este proyecto tipo técnico.

b) Método deductivo

Para la elaboración correcta de la proteína en polvo a partir del lactosuero, se fundamenta en la aplicación exacta de una técnica que permita obtener óptimos resultados a fin de correlacionarlos de manera práctica los datos adquiridos experimentalmente y compararlos con datos validables presentes en las normas pre-establecidas para este proceso.

c) Método experimental

Este método se basa en la utilización de equipos tecnológicos e instrumentos adecuados para comprobar o demostrar la veracidad de datos obtenidos en la toma de muestras y pruebas de caracterización requeridas, a fin de compararlas y establecer que se encuentren dentro de un rango permitido, así también se puede utilizar este método mediante una simulación del diseño del proceso al cual se espera llegar a fin de obtener la proteína en polvo.

3.2.3.2. Técnicas

Para la materia prima se utilizó la técnica basada en la norma NTE INEN 2594:20011 “suero de leche en líquido” y para el producto final (proteína) se realizó los respectivos análisis según la norma NTE INEN 2585:2011 “suero de leche en polvo”.

3.2.3.2.1 Determinación de lactosa

Tabla 8-3: Determinación de lactosa presente en el suero de leche.

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA	CÁLCULOS
<p>El cálculo de la lactosa en un alimento indica la cantidad de azúcar presente en dicho alimento en este caso el lactosuero.</p> <p>La lactosa se encuentra formado por glucosa y galactosa los cuales tienen gran importancia dentro del metabolismo del cuerpo humano.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Sistema de filtración al vacío • Vaso de precipitación • Matraz aforado de 500ml • Papel filtro • Matraz Erlenmeyer • Bureta de 50 ml • Termómetro • Cronometro <p>REACTIVOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • NaOH 0.25 N • Ácido clorhídrico 1N • Ácido nítrico 1N • Urea cristalizada • Yoduro de potasio al 30% • Tiosulfato de Sodio N/10 • Almidón 1% • Reactivo de fehling 	<p>Se pesa 12.5 g de la muestra, colocamos en un matraz aforado y añadimos 200ml de agua, mezclar y añadir 15ml de solución de fehling después 10ml de NaOH 0.25N ajustar a 20°C aforar al volumen de agua y filtrar.</p> <p>Cubrir la solución y hervir por 6 min</p> <p>Se coloca el embudo en el matraz y se agrega 5ml de ácido nítrico y se calienta la mitad se vierte en el embudo y la otra mitad y el resto pasa a disolver trazas de óxido de cobre.</p> <p>Se calienta la solución de nitrato de cobre hasta ebullición y se añade 1.5 g de Urea dejar hervir unos min, al enfriar adicionar 10 ml de yoduro de potasio al 30% y titular con tiosulfato de sodio N/10 añadiendo al final 10 ml de la solución de almidón.</p>	$\% \text{ de Lactosa} = \frac{M \times 10 \times 100}{P}$ <p>En donde:</p> <p>M = Peso en gramos de lactosa</p> <p>P = Peso en gramos de la muestra</p> <p>10 = Parte alícuotas</p>

Fuente: Norma AOAC 984.15: Leche, Determinación de lactosa.

Realizado por: NAULA Jorge., ESPOCH/ 2017

3.2.3.2.2 Determinación de proteína láctea

Tabla 9-3: Determinación de la proteína presente en el suero de leche.

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA	CÁLCULOS
<p>Es la cantidad de nitrógeno presente en el suero de la leche, que esta expresado convencionalmente como contenido de proteína y se lo determina mediante procedimientos normalizados.</p> <p>La proteína es uno de los nutrientes que se encuentra en mayor cantidad en el lactosuero.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Aparato Kjeldahl, para digestión y destilación. Matraz Kjeldahl, de 650 a 800 cm³ Matraz Erlenmeyer, de 500 cm³ Bureta, de 50 cm³ Probetas, de 50 y 200 cm³ <p>Balanza analítica, sensible al 0,1 mg.</p> <p>REACTIVOS</p> <ul style="list-style-type: none"> Parafina o piedra pómez Ácido Sulfúrico Hidróxido de Sodio 	<p>Pesar de 0,7 g a 2,2 g de la muestra y transferir al matraz Kjeldahl.</p> <p>Agregar 15g de la mezcla catalizadora sulfato de cobre, sulfato de potasio, anhídros y 25cm³ de H₂SO₄ concentrado.</p> <p>Agregar aproximadamente 200 cm³ de agua destilada.</p> <p>Agitar el matraz Kjeldahl hasta mezclar completamente su contenido y calentar.</p> <p>Destilar hasta que todo el amoníaco haya pasado a la solución acida contenida en el matraz, lo que se logra después de destilar por lo menos 150 cm³</p> <p>Antes de retirar el matraz, lavar con agua destilada el extremo y titular el exceso de ácido con la solución 0,1 N de NaOH..</p>	$\%P = 1,40(F) \frac{V_1 * N_1 - (V_2 - N_2)}{m}$ <p>Donde:</p> <p>P : Contenido en % de proteína V₁ : Volumen de la solución 0,1 N de H₂SO₄ N₁ : Normalidad del H₂SO₄ V₂ : Volumen de la solución 0,1 N de NaOH (cm³) N₂ : Normalidad de la solución de NaOH V₃ : Volumen de la solución 0,1 N de H₂SO₄ (cm³) V₄ : Volumen de la solución 0,1 N de NaOH (cm³) m : Masa de la muestra (g) F : Factor para convertir el contenido de nitrógeno</p>

Fuente: Norma AOAC 984.15: Leche, Determinación de proteína.

Realizado por: NAULA Jorge., ESPOCH/ 2017

3.2.3.2.3 Determinación de grasa láctea.

Tabla 10-3: Determinación de la grasa presente en el suero de leche.

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA	CÁLCULOS
<p>Este proceso permitirá determinar el porcentaje de grasa presente en el suero de la leche.</p> <p>La grasa constituye uno de los nutrientes que aportan energía al organismo los mismos que son adquiridos a través de los alimentos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Estufa, ajustado a $113 \pm 5^\circ\text{C}$. • Desecador • Equipo Soxhlet • Pínel. • Dedal Soxhlet • Vaso de precipitación. • Espátula de acero inoxidable. • Balanza analítica <p>REACTIVOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Éter anhidro. • Arena purificada con ácido y calcinada 	<p>Lavar el balón del aparato Soxhlet y secarlo en la estufa calentada a $100 \pm 5^\circ\text{C}$, por el tiempo de una hora.</p> <p>En el dedal de Soxhlet, pesar, con aproximación al 0,1 mg, 2,35 g de la muestra de harina, 2 g de arena bien seca.</p> <p>Colocar el dedal y su contenido en el aparato Soxhlet, agregar suficiente cantidad de éter anhidro y extraer durante cuatro h.</p> <p>Terminada la extracción, colocar el balón que contiene la grasa, durante 30 min, en la estufa calentada a $100 \pm 5^\circ\text{C}$; enfriar hasta temperatura ambiente en el desecador y pesar. Repetir el calentamiento por períodos de 30 min, enfriando y pesando, hasta que la diferencia entre los resultados de pesaje sucesivas no exceda de 0,2 mg.</p>	$\%G = \frac{m_2 - m_1}{m} \times 100$ <p>Donde</p> <p>G : Contenido de grasa en %</p> <p>m : Masa de la muestra (g)</p> <p>P : Masa del balón vacío en g</p> <p>P₁ : Masa del balón con grasa en g.</p>

Fuente: Norma AOAC 984.15: Leche, Determinación de grasa.

Realizado por: NAULA Jorge., ESPOCH/ 2017

3.2.3.2.4 Determinación de ceniza.

Tabla 11-3: Determinación de ceniza presente en el suero de leche.

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA	CÁLCULOS
<p>El cálculo para la determinación de ceniza de un alimento nos sirve para indicar el residuo inorgánico que queda después de calcinar dicho alimento.</p> <p>El interés de conocer el % de ceniza del suero de leche es para determinar la cantidad de sólidos y las características que en ella se encuentran.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Estufa, ajustado a $113 \pm 5^\circ\text{C}$. • Desecador • Equipo Soxhlet • Pincel. • Dedal Soxhlet • Vaso de precipitación. • Espátula de acero inoxidable. • Balanza analítica 	<p>En un crisol previamente tarado, poner de 3 a 5 g de muestra por analizar; colocar el crisol con muestra en un mechero y quemar lentamente el material hasta que ya no desprenda humos, evitando que se proyecte fuera del crisol.</p> <p>Llevar el crisol a una mufla y efectuar la calcinación completa.</p> <p>Dejar enfriar en la mufla, transferirlo al desecador para su completo enfriamiento y determinar la masa del crisol con cenizas.</p> <p>Calcular el % de ceniza</p>	$\% C = \frac{m_1 - m}{m_2 - m} * 100$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • C: Porcentaje de cenizas • m: masa de la capsula vacía en g • m₁: masa de la capsula con la muestra después de la incineración en g • m₂: masa de la capsula con la muestra antes de la incineración en g

Fuente: Norma AOAC 984.15: Leche, Determinación de ceniza.

Realizado por: NAULA Jorge., ESPOCH/ 2017

3.2.3.2.5 Determinación de acidez titulable.

Tabla 12-3: Determinación de la acidez titulable del suero de leche.

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA	CÁLCULOS
<p>El cálculo de acidez titulable permite determinar la cantidad de ácido en una solución determinada.</p> <p>El interés de conocer acidez del lactosuero es para determinar qué tipo de suero tenemos y cual podemos emplear.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pipeta graduada de 10 cm³ • Pipeta volumétrica de 20 cm³ • Matraz Erlenmeyer de 125 cm³ • Bureta de 50 cm³ graduada en 0.1 cm³ <p style="text-align: center;">REACTIVOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Solución 0,1 N de NaOH • Fenolftaleína • Agua destilada 	<p>Tarar el matraz Erlenmeyer.</p> <p>Pesar 20 g de muestra de la muestra recién preparada y transferir al matraz Erlenmeyer.</p> <p>Diluir el contenido del matraz con un volumen dos veces mayor de agua destilada, y agregar 2 cm³ de solución indicadora de fenolftaleína.</p> <p>Agregar, lentamente y con agitación, la solución 0,1 N de hidróxido de sodio, hasta conseguir un color rosado persistente.</p> <p>Agregando la solución hasta que el color rosado persista durante 30 s.</p> <p>Leer en la bureta el volumen de solución.</p>	$A = 0,09 \frac{V * N}{m_1 - m} * 100$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A: acidez titulable de la leche, en % en masa de ácido láctico. • V :volumen de la solución de NaOH empleado en la titulación, en cm³ • N: normalidad de la solución de NaOH. • m: masa del matraz Erlenmeyer vacío, en g. • m₁: masa del matraz Erlenmeyer con la leche, en g.

Fuente: Norma AOAC 984.15: Leche, Determinación de acidez titulable.

Realizado por: NAULA Jorge., ESPOCH/ 2017

3.2.3.2.6 Determinación de PH.

Tabla 13-3: Determinación del PH del suero lácteo

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA	CÁLCULOS
<p>Este método es aplicable a líquidos y soluciones salinas a fin de poder determinar por el cambio de potencial la acidez o basicidad de dicho componente.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tubo de ensayo <p style="text-align: center;">REACTIVOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Solución 0,1 N de NaOH • Agua destilada 	<p>Conectar y encender el equipo a utilizar.</p> <p>Determinar que el Ph-metro se encuentre perfectamente calibrado.</p> <p>Colocar una pequeña cantidad de la muestra en un tubo de ensayo.</p> <p>Introducir la aza de medición de ph-metro dentro del tubo de ensay con la muestra.</p> <p>Esperar a que se estabilice un valor.</p> <p>Anotar el valor.</p> <p>Lavar el aza de medición con agua destilada y colocarla en su lugar, sumergida en una solución de NaOH 01N</p>	<p style="text-align: center;">Ph = valor reportado por el equipo</p>

Fuente: Norma AOAC 984.15: Leche, Determinación de PH

Realizado por: NAULA Jorge., ESPOCH/ 2017

3.2.3.2.7 Determinación microbiológico del lacto suero

Tabla 14-3: Determinación de los análisis microbiológicos para lactosuero requeridos por la Norma NTE INEN 2594:2011

Fundamento	Requisito	Técnica	Analizado por:
<p>Determinar si el recuento de los diferentes microorganismos pre-establecida por la Norma, se encuentran dentro de un parámetro apropiado y que cumpla con los requisitos que se requiere para la utilización de este sub-producto como materia prima para la elaboración de otro producto de valor agregado.</p>	Aerobios mesófilos	NTE INEN 1529-5	Laboratorios GUIMO
	Escherichia coli	NTE INEN 1529-8	Laboratorios GUIMO
	Staphylococcus áureos	NTE INEN 1529-14	Laboratorios GUIMO
	Salmonella	NTE INEN 1529-15	Laboratorios GUIMO
	Listeria monocytogenes	ISO 11290-1	Laboratorios GUIMO

Fuente: Norma NTE INEN 2594

Realizado por: NAULA Jorge., ESPOCH/ 2017

3.2.4. Resultados de la caracterización del lactosuero.

De acuerdo con la norma NTE INEN 2594:2011 para suero de leche en líquido, se realizó la caracterización físico-química y microbiológica obteniendo óptimos resultados y sobre todo acordes a nuestras necesidades ya que los mismos se encuentran dentro del rango permitido.

Tabla 15-3: Resultados de la caracterización físico-química del lactosuero

Determinaciones	Método de análisis	Unidad (%)						Cumple los parámetros	
		Pruebas de laboratorio			Norma NTE INEN 2594				
		Valor Encontrado			Suero de leche dulce		Suero de leche ácido		
					Min	Max	Min		Max
Lactosa	AOAC 984.15	4,1			---	5,0	---	4,3	✓
Proteína	NTE. INEN 16	0,87			0,8	---	0,8	---	✓
Grasa	NTE. INEN 12	0,28			---	0,3	---	0,3	✓
Ceniza	NTE. INEN 14	0,55			---	0,7	---	0,7	✓
Acidez	NTE. INEN 13	0,421			---	0,16	0,35	---	✓
PH	AOAC 973.41	5,2	6,5	6,2	6,8	6,4	5,5	4,8	✓

Fuete: norma NTE INEN 2594

Realizado por: NAULA Jorge., ESPOCH/ 2017

Tabla 16-3: Resultados de la caracterización microbiológica del lactosuero

Determinación	Método de análisis	Unidad (ucf/g)			Cumple los parámetros
		Pruebas de laboratorio	Normas NTE INEN 2594		
			Valor Encontrado	Suero de leche líquido	
		Min		Max	
Recuento de m.o. aerobios mesófilos totales	NTE. INEN 1529-5	97x10 ³	30000	100000	✓
Recuento de Escherichia coli	NTE. INEN 1529-8	8	<10	---	✓
Staphylococcus /25g	NTE. INEN 1529-14	75	<100	100	✓
Salmonela /15g	NTE. INEN 1529-15	Ausencia	Ausencia	---	✓
Detección de Listeria monocytogenes /25g	ISO 11290-1	Ausencia	Ausencia	---	✓

Fuete: norma NTE INEN 2594

Realizado por: NAULA Jorge., ESPOCH/ 2017

En base a las pruebas de caracterización realizada a las distintas muestras de lactosuero tomadas de la planta de quesos “San José” se determinó que debido al procedimiento interno para la elaboración de quesos, el lactosuero generado en esta planta fluctúa en un pH entre 5,2 a 6,5.

Es decir; en ocasiones podemos obtener un lactosuero ácido mientras que en otras ocasiones obtendremos un lactosuero dulce.

Mediante información recolectada sobre los tipos de lactosuero y sus características (Proaño C. & Armas D, 2011), se determinó que el tipo de suero más apropiado para la elaboración de la proteína en polvo es el suero dulce, debido a que contiene mayor cantidad de nutriente el cual nos interesa aprovechar del lactosuero, pero no por ello podemos descartar la posibilidad de la utilización del suero ácido, debido a que la diferencia en porcentaje de proteína entre ellos es mínima (ver tablas 1-1 y 1-2)

Es importante considerar la utilización de los dos tipos de lactosuero debido a que no es posible controlar el proceso para la obtención de un solo tipo de lactosuero, por lo tanto; se determinara un proceso mediante pruebas y sus respectivos análisis a fin de obtener una proteína mediante la utilización tanto del lactosuero ácido como del lactosuero dulce.

3.2.5. Selección de la materia prima.

La materia prima seleccionada deberá estar acorde a los resultados obtenidos en los respectivos análisis para su caracterización, si estos se encuentran dentro de los límites permisibles, entonces dicho subproducto será validado como materia prima apta para la elaboración de un nuevo producto.

Comparando los análisis realizados con los valores exigidos por la norma NTE INEN 2594 para caracterización del lactosuero líquido, se determinó que todos los valores reportados por los análisis están dentro del rango establecido. La variación del pH que también afecta en gran parte a la acidez del lactosuero, no es ningún inconveniente siempre y cuando se considere válido la utilización del lactosuero ácido como también el lactosuero dulce para la elaboración de la proteína.

La norma NTE INEN 2594 determina que el tipo de lactosuero no influye en los análisis microbiológicos requeridos, pero si estipula que tienen mayor importancia que los análisis físico-químicos. La carga microbiana es un factor muy importante a considerar, por ello se comparó cuidadosamente los resultados de los análisis realizados en el laboratorio determinando así que

se encuentran perfectamente dentro de los valores establecidos por dicha norma y concluyendo que el lactosuero es idóneo para el proceso de obtención de la proteína.

Tabla 17-3: Determinación del lactosuero como materia prima.

		Pruebas de Caracterización				
Parámetros establecido por la NORMA		Valores encontrados	Normas NTE INEN 2594		Se encuentra dentro de los límites establecidos	
			Min	Max		
Análisis Físicoquímicos	Lactosa	4,1	---	5,0	✓	
	Proteína	0,87	0,8	---	✓	
	Grasa	0,28	---	0,3	✓	
	Ceniza	0,55	---	0,7	✓	
	Acidez	0,421	---	0,16	✓	
	PH	5,2; 6,5; 6,2	6,8	6,4	✓	
Análisis Microbiológicos	Recuento de m.o. aerobios mesófilos	97x10 ³	30000	100000	✓	
	Recuento de Escherichia coli	8	<10	---	✓	
	Staphylococcus /25g	75	<100	100	✓	
	Salmonela /15g	Ausencia	Ausencia	---	✓	
	Detección de Listeria monocytogenes /25g	Ausencia	Ausencia	---	✓	

Apta para su uso como Materia Prima

Fuete: norma NTE INEN 2594

Rea por: NAULA Jorge., ESPOCH/ 2017

3.2.6. Procedimiento a nivel del laboratorio.

Este procedimiento está basado en resultados obtenidos a nivel de laboratorio, los cuales se realizaron en base a técnicas relacionadas con la producción de proteína mediante atomización.

3.2.6.1 Materiales.

Balanza analítica	Vasos de precipitación
Espátula	Reverbero
Termómetro	Fundas plásticas
Ligas	Tamiz

3.2.6.2 Reactivos e insumos.

14 litros de Suero de Leche	7.2 Kg de maltodextrina
Agua destilada.	

3.2.6.3 Descripción del procedimiento.

Para realizar y obtener la proteína a partir del suero de la leche se debe seguir los pasos siguientes:

a) Recepción de la materia prima

- ✓ La recepción de la materia prima es uno de los pasos primordiales que se debe realizar para la elaboración de la proteína en polvo, tomando en cuenta el manejo adecuado del mismo ya que de eso depende la calidad del producto final.
- ✓ Receptada la materia prima para la elaboración de proteína en polvo se debe proceder a los análisis pertinentes físico-químico y microbiológico (ver tabla 3-12 y 3-13).

b) Procedimiento para la solución inicial

- ✓ Se procedió a realizar los diferentes calculas para poder verificar el porcentaje peso/peso del lactosuero con maltodextrina.



Figura 1-3: pesado del lactosuero con maltodextrina

Realizado por: Naula Jorge., ESPOCH /2017

- ✓ Una vez obtenido el porcentaje adecuado de peso del lactosuero y maltodextrina se procede a homogenizar, la maltodextrina es un elemento principal para el encapsulamiento de la proteína que contiene el lactosuero, concluida la etapa se debe verificar que la solución acuosa tenga una consistencia adecuada es decir sin grumos, como se puede apreciar en la figura 4-3.



Figura 2-3: homogenización

Realizado por: Naula Jorge., ESPOCH/2017

- ✓ En caso que la solución acuosa quede con grumos se debe llevar a más 35 °C, con la ayuda del reverbero y se obtiene una mejor homogenización, como se puede observar en la figura 5-3:



Figura 3 -3: homogenización a más de 350C

Realizado por: Naula Jorge., ESPOCH /2017

c) Alimentación de la materia prima y funcionamiento del equipo.

- ✓ Una vez obtenida la solución homogénea adecuada del lactosuero con la maltodextrina se dejó enfriar a temperatura ambiente para posteriormente proceder a realizar la carga respectiva en el alimentador, como podemos apreciar en la figura 6-3.



Figura 4-3: alimentación

Realizado por: Naula Jorge., ESPOCH /2017

- ✓ Luego de haber realizad la carga respectiva se verifica que el equipo (atomizador) esté conectado correctamente a un sistema eléctrico de 110 y 220 voltios trifásico, como se puede apreciar en la figura 7-3.



Figura 5-3: conexión a un sistema eléctrico

Realizado por: Naula Jorge., ESPOCH /2017

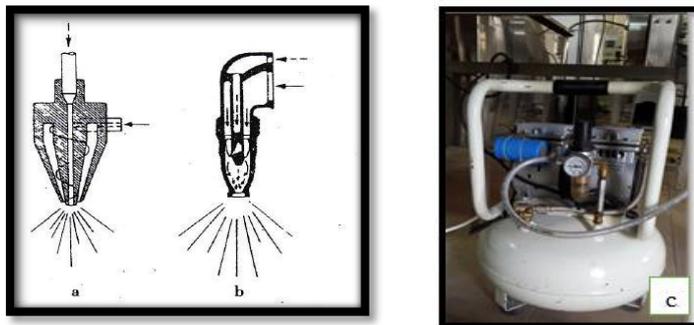
- ✓ Para que el equipo empiece con el proceso de atomización se colocó la temperatura (120 °C) y todo el sistema en automático, como se observa en la figura 8-3:



Figura 6-3: Panel de control

Realizado por: Naula Jorge., ESPOCH /2017

- ✓ Se procedió a regular la presión del compresor y la tobera de pulverización, se puede apreciar en la figura 9-3:



Tobera de pulverización exterior; (b) tobera de pulverización interior (c) compresor

Figura 7-3: Mezcla de las fases., Realizado por: Naula Jorge. 2017

- ✓ la proteína en polvo obtenida se llevó al proceso de tamizado, como se observa en la figura 10-3.



Figura 8-3: pesado y tamizado

Realizado por: Naula Jorge., ESPOCH /2017

d) **Proceso de envasado**

- ✓ para poder envasarlos se debe realizar el respectivo análisis físico-químico y bacteriológico.
- ✓ Finalmente se envasa, el tipo de envase que se utiliza es vidrio ya que es el adecuado para este tipo de productos, por su resistencia a altas temperaturas es reciclable al 100%, como se observa en la siguiente figura 11-3:



Figura 9-3: Envasado

Realizado por: Naula Jorge., ESPOCH /2017

3.2.7 Lactosuero con maltodextrina evaluadas a varias concentraciones y temperatura

Los valores que se presentan a continuación, son los obtenidos en los distintos ensayos realizados con el encapsulante (maltodextrina) y la materia prima (suero de leche), a distintas temperaturas con los cuales se realizan los diferentes gráficos comparativos para seleccionar el adecuado para la obtención de proteína en polvo.

Tabla 18-3: Suero de leche con maltodextrina evaluadas a varias concentraciones y temperaturas.

T °C	C (%P/P)	Producción	η (%)	Tiempo (min)	Color suero polvo	Obstrucción	Perdidas	Pegajosidad.	Color solución	Higroscopia %
120	10	6	5,45	16	5	2	1	1	-	9,04
120	25	20	16,13	26	5	2	1	1	2	6,79
120	50	51	34	16	4	1	1	1	3	4,05
120	75	20	13,33	14	3	2	2	2	1	4,35
140	10	4	3,6	12	5	1	1	1	-	6,88
140	25	18	14,4	35	4	2	2	1	3	4,16
140	50	31	20,7	42	3	2	1	1	2	2,44
140	75	32	20	26	3	2	2	2	1	2,83
140	100	30	16,2	30	2	1	1	2	1	2,51
160	10	1	0,9	6	5	2	1	1	-	1,42
160	25	10	8	11	3	1	2	1	2	10,63
160	50	40	26,7	34	2	1	1	2	2	2,37
160	75	39	23,03	30	2	1	2	1	2	3,52

Color suero en Polvo = 1-5 (5 color intenso) Color de la solución = 1-3 (3 color intenso) Obstrucciones - pérdidas-pegajosidad = (1) Ausencia (2) Presencia

Realizado por: Naula Jorge., laboratorio de procesos industriales, ESPOCH/2017

Al finalizar los ensayos respectivos se procede a encontrar la muestra de mayor rendimiento que cumpla con todo lo establecido anteriormente, se toma en cuenta la prueba de estabilidad para poder rechazar algunas muestras y proceder a realizar los análisis necesarios para que el producto pueda ser apto para el consumo humano y comercialización.

Tabla 19-3: datos experimentales del secado por atomización del lactosuero

Parámetros	Valor	Unidades
m	0,3	Kg
t	1200	s
\dot{m}_R	$2,5 \times 10^{-4}$	Kg/s
SA	36,67	%
SP	96,91	%
T_a	20	$^{\circ}C$
$T_{bh\ 1}$	17	$^{\circ}C$
T_{bh}	35	$^{\circ}C$
T_{R_1}	20	$^{\circ}C$
T_{R_2}	60	$^{\circ}C$
T_{A_1}	120	$^{\circ}C$
T_{A_2}	70	$^{\circ}C$
\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

Realizado por: Naula Jorge., ESPOCH/2017

Datos adicionales.

Tabla 20-3: Datos generales.

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

Realizado por: Naula Jorge., ESPOCH/2017

Tabla 21-3: Datos del lactosuero a 20 °C

Propiedades	Valores	Unidades
SP	96,91	%
P _{RS}	0,43298	g/m ³

Realizado por: Naula Jorge., ESPOCH/2017

Tabla 22-3: Datos del aire

Propiedades	Valores	Unidades
K _d	0,024	W/mK
$\rho_A(20^{\circ}\text{C})$	1,2	Kg/m ³
$Cp_A(0^{\circ}\text{C})$	1004,67	J/Kg
$\lambda_0(0^{\circ}\text{C})$	2502535,259	J/Kg

Fuente: (OCON TOJO, 1979)

Realizado por: Naula Jorge., ESPOCH/2017

Tabla 23-3: Datos del agua.

propiedades	Valores	Unidades
$\rho_{\text{H}_2\text{O}}(20^{\circ}\text{C})$	998,29	Kg/m ³
$C_v(0^{\circ}\text{C})$	1850	J/KgK
$Cp_{\text{H}_2\text{O}}(0^{\circ}\text{C})$	4217,6	J/KgK

Fuente: (OCON TOJO, 1979)

Realizado por: Naula Jorge., ESPOCH/2017

Tabla 24-3: Datos experimentales del suero de leche a 50% maltodextrina 20⁰C

Propiedades	Valores	unidades
C_{PR}	1,672	J/Kg ⁰ C
ρ_R	1,15	g/cm ³
μ_R	0,19	g/cm.s
γ_R	73,26	dyn/cm
⁰ Brix	34,4	⁰ Brix

Elaborado por: Naula Jorge., ESPOCH/2017

3.3 PROCESOS DE PRODUCCIÓN.

3.3.1 Materia prima, insumos y reactivos

En el proceso para la obtención de proteína en polvo, a más de la materia prima es indispensable el uso de otros componentes, los cuales cumple una función diferente dentro del proceso al combinarse entre sí.

3.3.1.1 Materia Prima.

Es una sustancia natural o artificial que se utiliza como base para la elaboración de un producto mediante una transformación industrial que se da lugar por diferentes operaciones unitarias, la materia prima para el proceso de elaboración de proteína en polvo es el lactosuero, que se encuentra como subproducto de los derivados lácteos y será la base fundamental para nuestro proceso.

3.3.1.2 Insumos.

Este término representa a todo elemento como fracción de un componente necesario para la elaboración de un producto, así por ejemplo en la elaboración de proteína en polvo el insumo necesario es la maltodextrina, el cual se adiciona 50% P/P en relación a la materia prima requerida, dicho insumo cumple con la función de encapsular la proteína presente en el lactosuero, facilitando de esta manera el proceso de atomización.

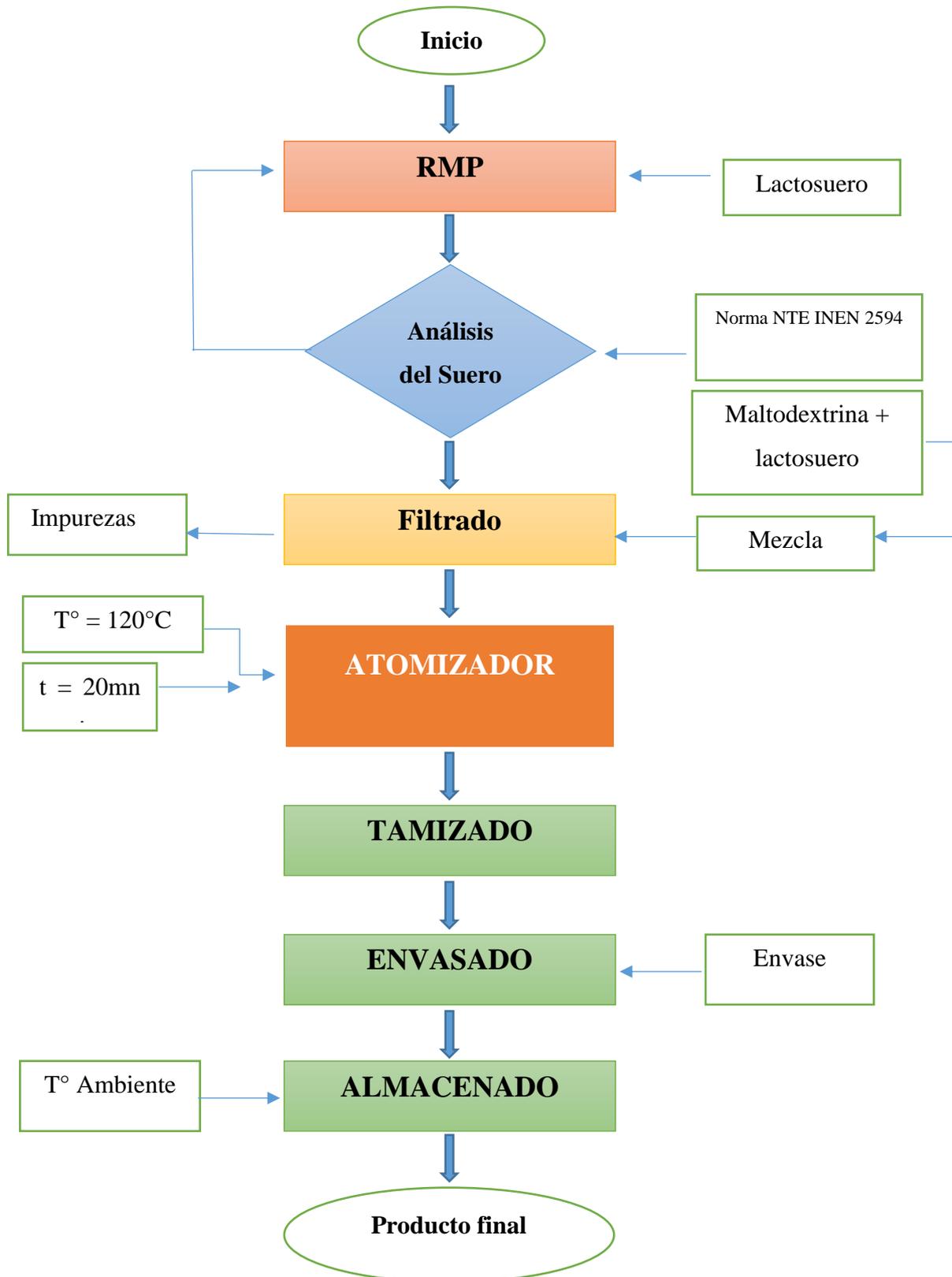
Tabla 25-3: Componentes utilizados en el proceso de obtención de la proteína

COMPONENTES	DESCRIPCIÓN
Materia Prima	✓ Lactosuero ácido dulce
Insumos	✓ maltodextrina

Elaborado por: NAULA Jorge., ESPOCH/2017

3.3.2. Diagrama del Proceso

Diagrama 1-3: Diagrama de proceso para la obtención de proteína en polvo a partir del lactosuero



3.3.3 Descripción del proceso para la obtención de proteína.

La producción de proteína a escala industrial tiende a seguir los siguientes pasos:

- Identificar que el lactosuero a ser utilizado como materia prima cumpla con las respectivas normas ya que de eso depende la calidad el producto final.
- Tomar una muestra representativa del lote de lactosuero, analizar el tipo de pH que debe tener un promedio entre 4,8 a 6,8 y el nivel de azúcar en grados brix que deberá tener un promedio de 6 a 8%, a fin de poder determinar si contamos con un lactosuero estable dentro de los parámetros establecidos por la norma NTE INEN 2594 para caracterización del lactosuero, posterior a ello se procede a realizar el proceso de encapsulamiento.
- Disponer previamente de todos los componentes necesario, para ello se requiere disolver 300g de maltodextrina que es nuestro encapsulante en 600g de suero de leche (lactosuero), agitamos constantemente hasta obtener una solución homogénea, en caso que el suero de leche se encuentre a una temperatura mejor a la del ambiente se debe someter a calor
- verificar con anterioridad que el equipo de secador por atomización se encuentre conectado correctamente a 110 y 220 voltios trifásico, tomando en cuenta que de esto depende cada fase dentro del proceso de secado.
- Dentro del proceso se debe tomar en cuenta la variación de la temperatura, a mayor temperatura el producto se quema inclusive se corre el riesgo que quemar las resistencias del atomizador y viceversa a menor temperatura el producto se transforma en una solución gelatinosa que se adhiere a las paredes del ciclón y el resto de tuberías que forman parte del atomizador.
- Obtenido el producto deseado se debe realizar el proceso de tamizado para verificar el tamaño de la partícula y posteriormente los análisis respectivos como es el caso de los físico-químico y microbiológico.

- Una vez envasado la proteína pasa a un área de cuarentena exenta de humedad y a temperatura ambiente, donde se determinara si con el paso del tiempo este producto no altera sus propiedades en base a sus características básicas como pH, color, olor.
- Ya estabilizado el producto, puede pasar al área de bodega donde se despachara a diferentes lugares en función de su requerimiento.

3.4 CÁLCULOS Y RESULTADOS DE INGENIERÍA

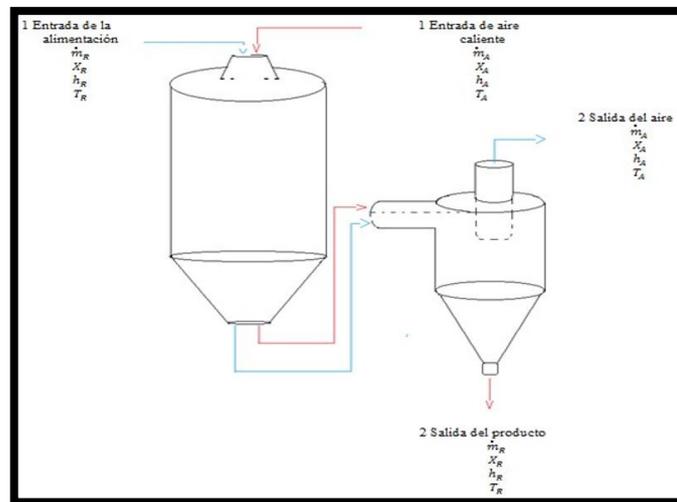


Figura 10-3: balance de masa y energía

3.4.1 Balance de masa y energía.

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 (Kg/s)

$$\dot{m}_{RH_2O} = \dot{m}_{RS} \cdot X_R$$

$$\dot{m}_{RH_2O_1} = (9,1675 \times 10^{-5})(1,73)$$

$$\dot{m}_{RH_2O_1} = 1,5860 \times 10^{-4} \text{ Kg } H_2O/s$$

Donde:

\dot{m}_{RH_2O} = 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)

Ecuación 2-3: Flujo de solido seco en la alimentación. (Kg/s)

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

$$\dot{m}_{RS} = 2,5 \times 10^{-4} \frac{36,67}{100}$$

$$\dot{m}_{RS} = 9,1675 \times 10^{-5} \text{ Kg ss/s}$$

Donde:

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

%SA = Porcentaje de sólidos (%)

Ecuación 3-3: Humedad de la alimentación (Kg H₂O /Kg ss)

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

$$X_{R1} = \frac{100 - 36,67}{36,67}$$

$$X_{R1} = 1,73 \text{ Kg } H_2O / Kg \text{ ss}$$

Ecuación 4-3: Humedad del producto (Kg H₂O/Kg ss)

$$X_{R2} = \frac{100 - 96,91}{96,91}$$

$$X_{R2} = 0,0319 \text{ Kg } H_2O / Kg \text{ ss}$$

Ecuación 5-3: Flujo de masa de agua contenida en el producto. (KgH₂O/S)

$$\dot{m}_{RH_2O_2} = \dot{m}_{RS} X_{R2}$$

$$\dot{m}_{RH_2O_2} = (9,1675 \times 10^{-5})(0,0319)$$

$$\dot{m}_{RH_2O_2} = 2,9244 \times 10^{-6} \text{ Kg } H_2O / s$$

Ecuación 6-3: Humedad absoluta del aire a la entrada. (Kg H₂O/Kg as)

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:

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

$$X_A = 0,62 \frac{1879,10}{139505,02 - 1879,10}$$

$$X_{A_1} = 0,01 \text{ Kg } H_2O / \text{Kg as}$$

Donde:

P_v = Presión parcial de vapor (Pa)

P = Presión atmosférica del lugar (Pa)

Ecuación 7-3: Presión parcial de vapor

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

$$P_v = (0.803)(2340.10)$$

$$P_v = 1879,10 \text{ Pa}$$

Donde

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

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

Ecuación 8-3: Presión del vapor saturado.

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

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

$$\ln P_{vs} = 19,016 - \frac{4064,95}{20 + 236,25}$$

$$P_{vs} = 23,4010 \text{ mBar}$$

$$P_{vs} = 2340,10 \text{ Pa}$$

Donde:

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

Ecuación 9-3: Presión de la localidad

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

$$P = 101325 e^{\frac{2750}{8600}}$$

$$P = 139505,02 \text{ Pa}$$

Donde:

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

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

3.4.2 Balance de energía

El balance de energía es una derivación matemática de la primera Ley de la Termodinámica, es decir "La energía no se crea ni se destruye, solo se transforma". El balance de energía es un principio físico fundamental, que es aplicado para determinar las cantidades de energía que es intercambiada y acumulada dentro de un sistema.

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 entalpia de la fase líquida y H a la entalpia de la fase gaseosa, por tanto:

Ecuación 10-3: Entalpia de la alimentación. (J/Kg.K)

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

$$h_{R1} = [1672 + 1,73(4217,6)](293 - 273)$$

$$h_{R1} = 179368,96 \text{ J/Kg}$$

Donde:

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

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

T_R = Temperatura de la alimentación (K)

T_0 = Temperatura de referencia (273 °K)

Ecuación 11-3: Entalpia del producto (J/Kg.K)

$$h_{R2} = [1672 + 0,0319(4217,6)](333 - 273)$$

$$h_{R2} = 108392,49 \text{ J/Kg}$$

Según Choi Oikos el calor específico del sólido seco se encuentra en relación con la composición del solido a tratar, por tanto este valor puede ser calculado mediante las expresiones del siguiente cuadro:

Tabla 26-3: Correlaciones para el cálculo de calor específico de los alimentos en función de las temperaturas (-40°C a 150°C)

Componente	Ecuación
Proteína	$C_p = 2.0082 + 1.2089 \times 10^{-3} \cdot T - 1.3129 \times 10^{-6} \cdot T^2$
Grasa	$C_p = 1.9842 + 1.4733 \times 10^{-3} \cdot T - 4.8008 \times 10^{-6} \cdot T^2$
Carbohidratos	$C_p = 1.5488 + 1.9625 \times 10^{-3} \cdot T - 5.9399 \times 10^{-6} \cdot T^2$
Fibra	$C_p = 1.8459 + 1.8306 \times 10^{-3} \cdot T - 4.6508 \times 10^{-6} \cdot T^2$
Ceniza	$C_p = 1.0926 + 1.8896 \times 10^{-3} \cdot T - 3.6817 \times 10^{-6} \cdot T^2$

Fuente: ALVAREZ., Diseño de dos congeladores rápidos para frutas, 1999

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.

Entonces:

Ecuación 12-3: Entalpia del aire de entrada. (J/Kg.K)

$$H_{A1} = (C_{pA} + X_{A1} \cdot C_v)(T_{A1} - T_0) + X_{A1} \cdot \lambda_0$$

$$H_{A1} = [1004,67 + 0,01(1850)](393 - 273) + (0,01)(2502535,259)$$

$$H_{A1} = 147805,75 \text{ J/Kg}$$

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)

Ecuación 13-3: Humedad del aire a la salida del sistema. (Kg H₂O/Kg as)

$$X_{A2} = \frac{[H_{A1} - C_{pA}(T_{A2} - T_0)](X_{R1} - X_{R2}) + X_{A1}(h_{R2} - h_{R1})}{[C_v(T_{A2} - T_0) + \lambda_0](X_{R1} - X_{R2}) + (h_{R2} - h_{R1})}$$

$$X_{A2} = \frac{[147805,75 - 1004,67(343 - 273)](1,73 - 0,0319) + 0,01(108392,49 - 179368,96)}{[1850(343 - 273) + 2502535,259](1,73 - 0,0319) + (108392,49 - 179368,96)}$$

$$X_{A2} = 0,029 \text{ KgH}_2\text{O/Kg as}$$

Ecuación 14-3: Flujo mínimo de aire requerido. (Kg/s)

$$\dot{m}_{RS_1} \cdot X_{R_1} + \dot{m}_{A_1} \cdot X_{A_1} = \dot{m}_{RS_2} \cdot X_{R_2} + \dot{m}_{A_2} \cdot X_{A_2} \quad (\text{Balance de masa})$$

$$\dot{m}_A = \dot{m}_{RS} \frac{(X_{R_1} - X_{R_2})}{(X_{A_2} - X_{A_1})}$$

$$\dot{m}_A = 9,1675 \times 10^{-5} \frac{(1,73 - 0,0319)}{(0,029 - 0,01)}$$

$$\dot{m}_A = 8,1933 \times 10^{-3} \text{ Kg/s}$$

$$\dot{m}_{A1} = \dot{m}_{A2} = \dot{m}_A$$

Ecuación 15-3: Flujo de agua contenida en el aire. (KgH₂O/S)

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

$$\dot{m}_{AH_2O_1} = 8,1933 \times 10^{-3} \times 0,01$$

$$\dot{m}_{AH_2O_1} = 8,1933 \times 10^{-5} \text{ KgH}_2\text{O/s}$$

Ecuación 16-3: Flujo de agua contenida en el aire de salida. (Kg/s)

$$\dot{m}_{RH_2O_1} + \dot{m}_{AH_2O_1} = \dot{m}_{RH_2O_2} + \dot{m}_{AH_2O_2}$$

$$\dot{m}_{AH_2O_2} = 1,5860 \times 10^{-4} + 8,1933 \times 10^{-5} - 2,9244 \times 10^{-6}$$

$$\dot{m}_{AH_2O_2} = 2,3761 \times 10^{-4} \frac{\text{KgH}_2\text{O}}{\text{s}}$$

Ecuación 17-3: Entalpia del aire a la salida. (J/Kg.K)

$$\dot{m}_{R_1} \cdot h_{R_1} + \dot{m}_{A_1} \cdot H_{A_1} = \dot{m}_{R_2} \cdot h_{R_2} + \dot{m}_{A_2} \cdot H_{A_2} \quad (\text{Balance de energía})$$

$$H_{A_2} = \frac{9,1675 \times 10^{-5}(179368,96 - 108392,49)}{8,1933 \times 10^{-3}} + 147805,75$$

$$H_{A_2} = 148599,91 \text{ J/Kg}$$

3.4.3 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 18-3: Diámetro de la gota. (m)

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

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)

Ecuación 19-3: Velocidad relativa del gas con respecto al líquido.

$$u = 21 - 3$$

$$u = 18 \text{ m/s}$$

Ecuación 20-3: Flujo volumétrico del líquido.

$$\dot{V}_l = \frac{2.5 \times 10^{-4}}{1,15} \cdot 3600$$

$$\dot{V}_l = 0,7826 \text{ L/h}$$

$$D_g = \frac{585\sqrt{73,26}}{18\sqrt{1,15}} + 597 \left(\frac{0,19}{\sqrt{73,26(1,15)}} \right)^{0,45} \left(\frac{1000(0,7826)}{1200} \right)^{1,5}$$

$$D_g = 314,3148 \mu$$

$$D_g = 3,1431 \times 10^{-4} \text{ m}$$

Ecuación 21-3: Masa de la gota. (Kg)

$$m_g = V_g \cdot \rho_g$$

$$m_g = 3,3 \times 10^{-9} (1150)$$

$$m_g = 3,83 \times 10^{-6} \text{ Kg}$$

Donde:

V_g = Volumen de la gota (m^3)

ρ_g = Densidad de la gota (Kg/m^3)

Ecuación 22-3: Diámetro de la gota en el punto crítico. (m)

$$m_g = \frac{4}{3} \pi \frac{D_g^3}{8} \rho_R$$

$$D_2 = D_c$$

$$\frac{\frac{4}{3} \pi \frac{D_g^3}{8} \rho_R}{1 + X_{R_1}} = \frac{\frac{4}{3} \pi \frac{D_c^3}{8} \rho_{RS}}{1 + X_{R_2}}$$

$$D_c = D_g \left[\frac{\rho_R}{\rho_{RS}} \cdot \frac{1 + X_{R_2}}{1 + X_{R_1}} \right]^{1/3}$$

$$D_2 = D_c = 1,5 \times 10^{-4} m$$

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)

Ecuación 23-3: Humedad removida de la gota cuando se alcanza el punto crítico. (Kg)

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

$$\alpha_r = \frac{\pi}{6}[(3,1431 \times 10^{-4})^3 - (1,5 \times 10^{-4})^3]998,29$$

$$\alpha_r = 1,4466 \times 10^{-8} Kg$$

Donde:

α_r = Humedad removida hasta el punto crítico (Kg)

ρ_{H_2O} = Densidad del agua (Kg/m³)

Ecuación 24-3: Humedad remanente de la gota. (Kg)

$$\alpha_p = \frac{m_{g1}}{1+X_{R2}} \cdot X_{R2} - \alpha_r$$

$$\alpha_p = \frac{3,83 \times 10^{-6}}{1 + 0,0319} \cdot 0,0319 - 1,4466 \times 10^{-8}$$

$$\alpha_p = 1,0393 \times 10^{-7} Kg$$

Ecuación 25-3: Humedad absoluta de la gota cuando se alcanza el punto crítico (KgH₂O/Kg ss)

$$X_{Rc} = \frac{\alpha_p}{\frac{m_g}{1+X_{R1}}}$$

$$X_{Rc} = \frac{1,0393 \times 10^{-7}}{\frac{3,83 \times 10^{-6}}{1 + 1,73}}$$

$$X_{Rc} = 0,0741 Kg H_2O/Kg ss$$

Ecuación 26-3: Temperatura de la gota en el punto crítico. (°K)

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

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)

Ecuación 27-3: Humedad absoluta del aire cuando alcanza el punto crítico. (Kg H₂O/Kg as)

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

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

$$X_{Ac} = 0,01 + \frac{9,1675 \times 10^{-5}(1,73 - 0,0741)}{8,1933 \times 10^{-3}}$$

$$X_{Ac} = 0,0285 \text{ Kg H}_2\text{O/Kg as}$$

Ecuación 28-3: Entalpia de los sólidos cuando se alcanza el punto crítico. (J/Kg)

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

$$h_{R_c} = [1672 + 0,0741(4217,6)](308 - 273)$$

$$h_{R_c} = 69458,35 \text{ J/Kg}$$

Ecuación 29-3: Entalpia del aire cuando se alcanza el punto crítico. (J/Kg)

$$H_{A_c} = H_{A_1} + \frac{\dot{m}_{RS}(h_{R1} - h_{Rc})}{\dot{m}_A}$$
$$H_{A_c} = 147805,75 + \frac{9,1675 \times 10^{-5}(179368,96 - 69458,35)}{8,1933 \times 10^{-3}}$$
$$H_{A_c} = 149035,54 \text{ J/Kg}$$

Ecuación 30-3: Temperatura en el punto crítico. (°K)

$$T_{Ac} = T_0 + \frac{H_{Ac} - X_{Ac} \cdot \lambda_0}{Cp_A + X_{Ac} C_v}$$
$$T_{Ac} = 273 + \frac{149035,54 - (0,0285)(2502535,259)}{1004,67 + (0,0285)(1850)}$$
$$T_{Ac} = 346,50^\circ\text{K}$$
$$T_{Ac} = 73,50^\circ\text{C}$$

3.4.4 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): Es este período la velocidad disminuye desde la humedad crítica hasta la humedad final, donde la velocidad de secado se anula.

Ecuación 31-3: La media logarítmica de temperatura en el periodo de velocidad constante ($^{\circ}\text{k}$)

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

$$\Delta T_{ml1} = \frac{(120 - 20) - (73,5 - 35)}{\ln \frac{(120 - 20)}{(73,5 - 35)}}$$

$$\Delta T_{ml1} = 64,43^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{ml1} = 337,43^{\circ}\text{K}$$

Ecuación 32-3: Calor latente de vaporización. (J/Kg)

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

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

$$\lambda_{bh} = 1767719,873 \text{ J/Kg}$$

Ecuación 33-3: Tiempo de velocidad constante (S)

$$t_c = \frac{(1767719,873) (998,29)}{(8) (0,024) \cdot (337,43)} [(3,1431 \times 10^{-4})^2 - (1,5 \times 10^{-4})^2]$$

$$t_c = 2,08 \text{ s}$$

Ecuación 34-3: La media logarítmica de temperatura en el periodo de velocidad decreciente. (°K)

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

$$\Delta T_{ml2} = \frac{(73,5 - 35) - (70 - 60)}{\ln \frac{(73,5 - 35)}{(70 - 60)}}$$

$$\Delta T_{ml2} = 21,14^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{ml2} = 294,14^{\circ}\text{K}$$

Ecuación 35-3: Tiempo en el periodo de velocidad decreciente. (S)

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

$$t_d = \frac{(1767719,873)(1,5 \times 10^{-4})^2 (432,982)}{(12)(0,024)(294,14)} (0,0745 - 0,0319)$$

$$t_d = 8,66 \times 10^{-3} \text{ s}$$

Ecuación 36-3: Tiempo de secado total (S)

$$t_T = t_c + t_d$$

$$t_T = 2,08 + 8,66 \times 10^{-3}$$

$$t_T = 2,09 \text{ s}$$

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)

Ecuación 37-3: Tiempo de viaje de la gota a la pared de la cámara de secado. (S)

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

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

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

$$t_v \geq t_T$$

3.4.5 Calor

Ecuación 38-3: La media logarítmica de temperatura durante el proceso de secado °.K.

$$\Delta T_{ml3} = \frac{(T_{A1} - T_{R1}) - (T_{A2} - T_{R2})}{\ln \frac{(T_{A1} - T_{R1})}{(T_{A2} - T_{R2})}}$$

$$\Delta T_{ml3} = \frac{(120 - 20) - (70 - 60)}{\ln \frac{(120 - 20)}{(70 - 60)}}$$

$$\Delta T_{ml3} = 39,09^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{ml3} = 312,09^\circ\text{K}$$

Ecuación 39-3: Calor transferido a la gota durante el tiempo de viaje (J/s)

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

$$Q_{tf} = \frac{(12)(0,024)(312,09)}{(1150)(3,1431 \times 10^{-4})^2} (2,5 \times 10^{-4})(2,9)$$

$$Q_{tf} = 573,58 \text{ J/S}$$

$$Q_{tf} \geq Q_{nec}$$

Ecuación 40-3: Cálculos necesarios para secar la gota (J/s)

$$Q_{nec} = \dot{m}_A (Cp_A + X_{A1} Cv) (T_{A1} - T_{A2})$$

$$Q_{nec} = 8,1933 \times 10^{-3} (1004,67 + 0,01(1850))(393 - 343)$$

$$Q_{nec} = 419,16 \text{ J/s}$$

3.4.6 Eficiencia

Ecuación 41-3: Eficiencia térmica del secado por aspiración.

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

$$n_t = \frac{9,1675 \times 10^{-5} (1,73 - 0,0319) 1767719,873}{8,1933 \times 10^{-3} (1004,67 + 0,01(1850)) (393 - 308)} \cdot 100$$

$$n_t = 38,64\%$$

Ecuación 42-3: Eficiencia de evaporación.

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

$$n_{ev} = \frac{419,166}{573,58} \cdot 100$$

$$n_{ev} = 73,08\%$$

Ecuación 43-3: Recuperación de solidos

Se aplica a operaciones que produzcan material particulado

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

$$Recuperacion = \frac{0,08}{0,3 \left(\frac{36,67}{100} \right)} \cdot 100$$

$$Recuperacion = 72,73\%$$

3.4.7 Rendimiento.

Ecuación 44-3: Relación de masa de producto por masa de alimentación

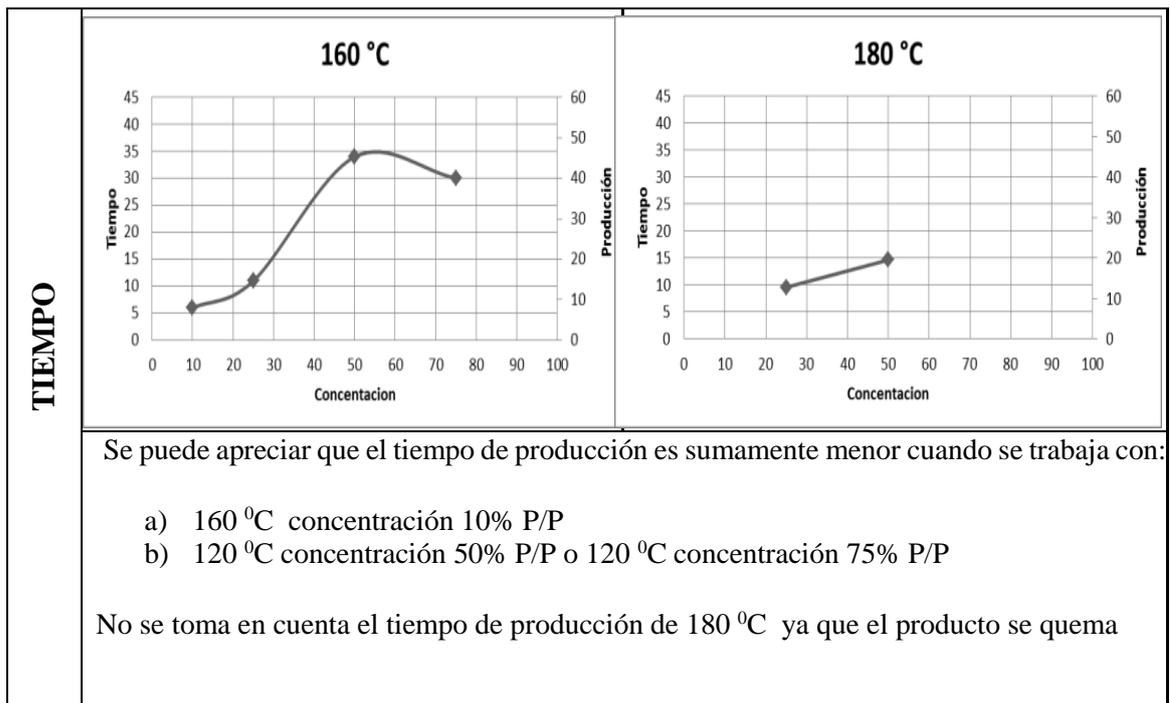
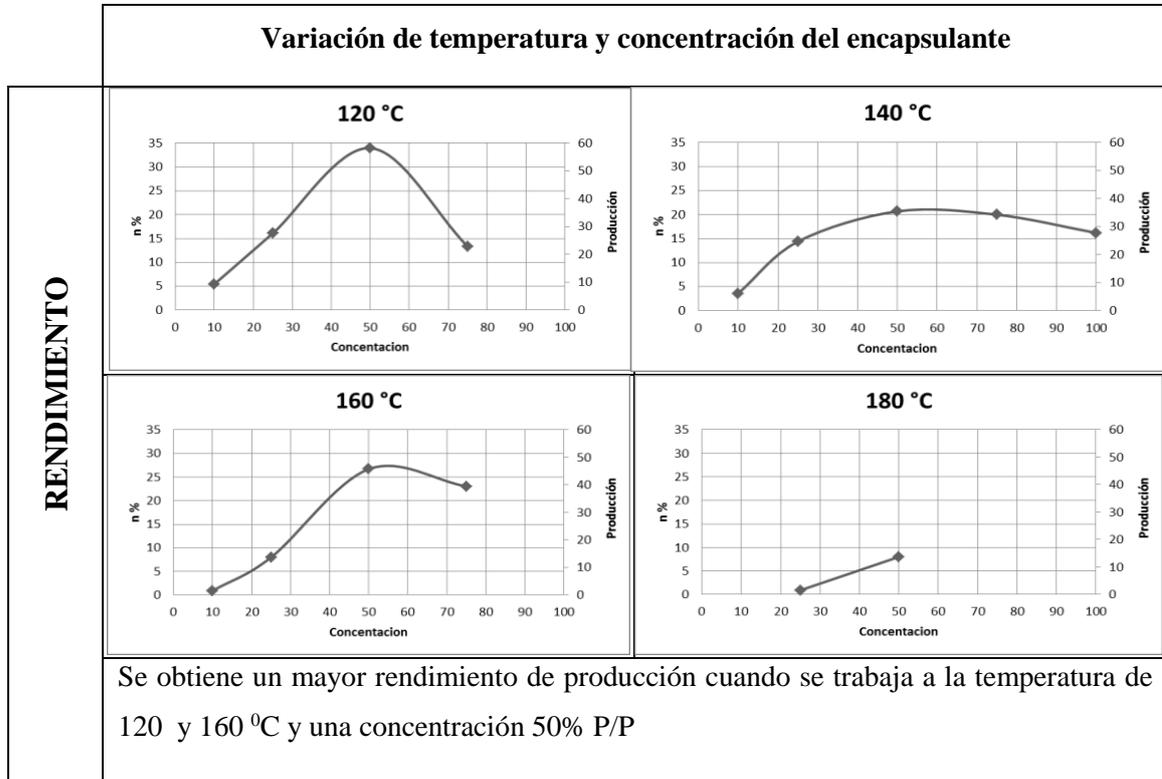
$$Rendimiento = \frac{m_p}{m}$$

$$Rendimiento = \frac{0,08}{0,3}$$

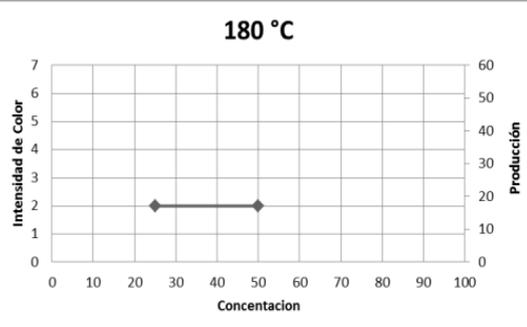
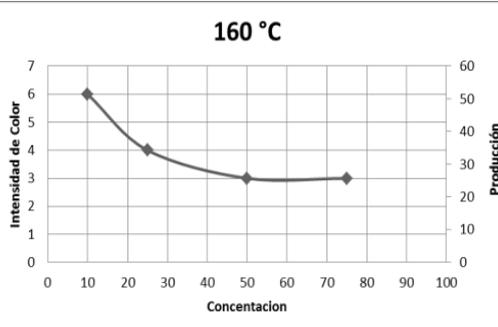
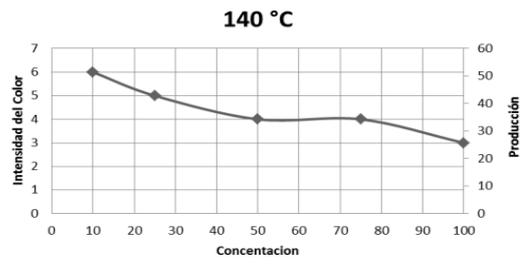
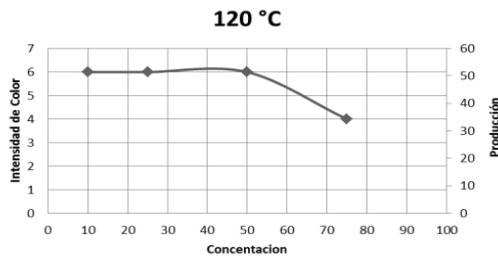
$$Rendimiento = 0.267 \text{ Kg proteina / kg lactosuero}$$

3.5 RESULTADOS.

Tabla 27-3: Resultado de los ensayos

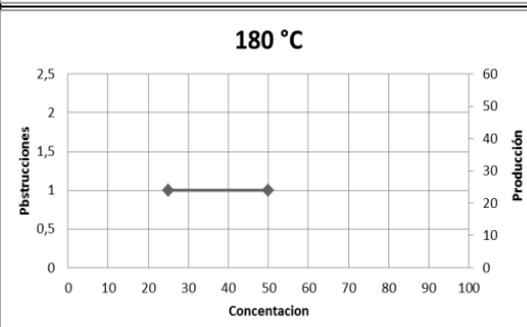
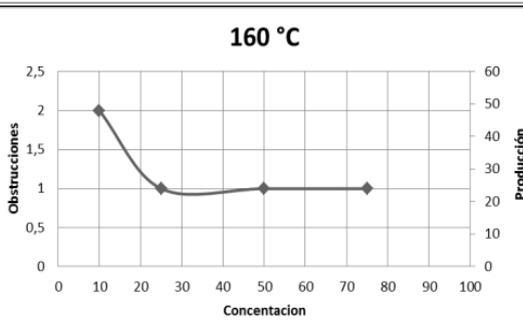
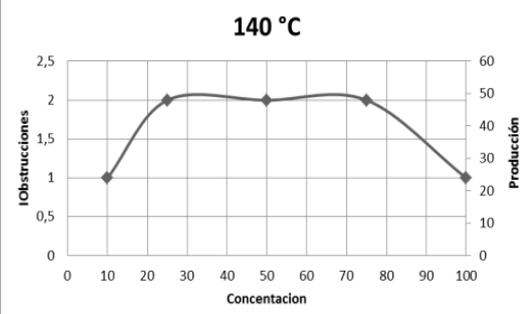
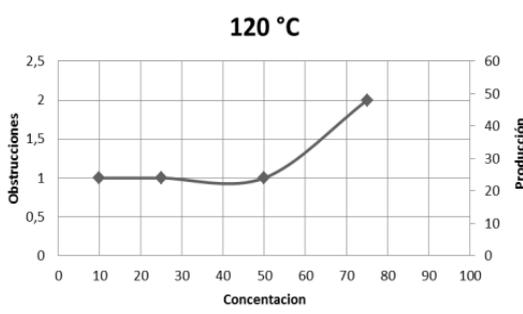


INTENSIDAD DEL COLOR DEL POLVO



Se puede apreciar que la proteína en polvo tiene un color intenso a una temperatura de 120 °C y concentración de 10, 25, y 50 P/P.

OBSTRUCCIONES DE LA BOQUILLA

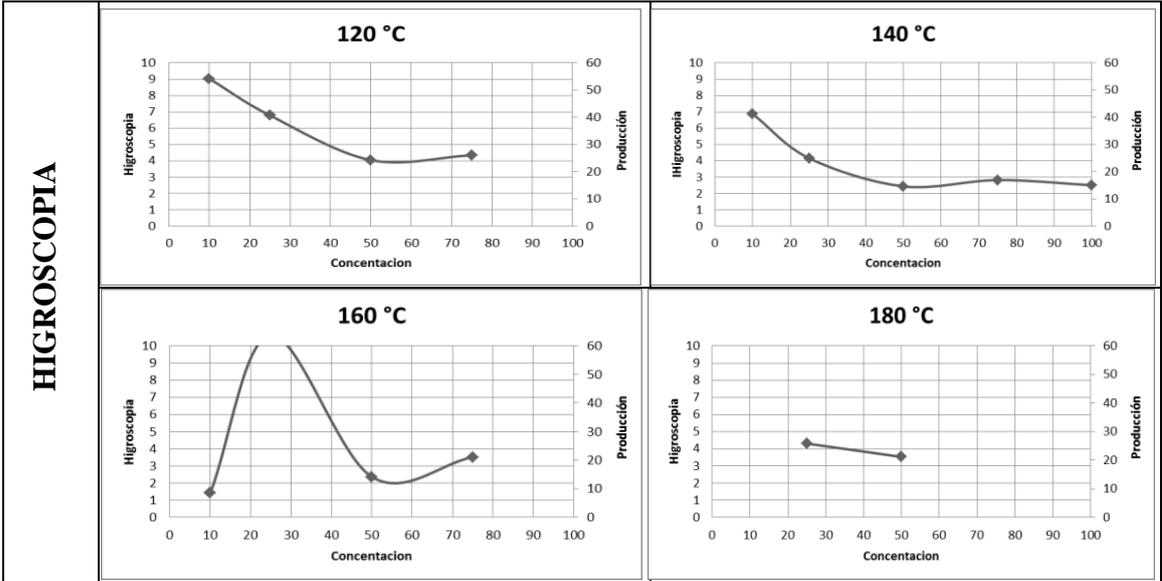


Se obtiene una menor obstrucción al trabajar con:

120 °C y 10, 25, 50% P/P

160 °C y 25, 50, 75% P/P

No se toma en cuenta la temperatura de 180 °C debido a que el producto se quema.



Se observa una menor higroscopia en la proteína en polvo del lactosuero obtenido al trabajar con:

120°C y 50 %P/P

140°C y 50 %P/P

No se ha considerado los valores de higroscopia obtenidos a 180°C ya que el producto esta quemado.

Tabla 28-3: Resultados de la atomización

Parámetros	Valores	Unidades	Procedencia
\dot{m}_{RS}	$9,1675 \times 10^{-5}$	$Kg\ ss/s$	Balance de masa y energía
X_{R_1}	1,73	$Kg\ H_2O/Kg\ ss$	
X_{R_2}	0,0319	$Kg\ H_2O/Kg\ ss$	
$\dot{m}_{RH_2O_1}$	$1,5860 \times 10^{-4}$	$Kg\ H_2O/s$	
$\dot{m}_{RH_2O_2}$	$2,9244 \times 10^{-6}$	$Kg\ H_2O/s$	
X_{A_1}	0,01	$Kg\ H_2O/Kg\ as$	
X_{A_2}	0,029	$Kg\ H_2O/Kg\ as$	
h_{R_1}	179368,96	J/Kg	
h_{R_2}	108392,49	J/Kg	
H_{A_1}	147805,75	J/Kg	
H_{A_2}	148599,91	J/Kg	
\dot{m}_A	$8,1933 \times 10^{-3}$	Kg/s	
$\dot{m}_{AH_2O_1}$	$8,1933 \times 10^{-5}$	$Kg\ H_2O/s$	
$\dot{m}_{AH_2O_2}$	$2,3761 \times 10^{-4}$	$Kg\ H_2O/s$	
u	18	m/s	
\dot{V}_L	0,7826	L/h	
D_g	$3,1431 \times 10^{-4}$	m	
m_g	$3,83 \times 10^{-6}$	Kg	
X_{RC}	0,0741	$Kg\ H_2O/Kg\ ss$	
X_{AC}	0,0285	$Kg\ H_2O/Kg\ ss$	Humedad y temperatura del aire en el punto crítico
h_{RC}	69458,35	J/Kg	
H_{AC}	149035,54	J/Kg	
T_{AC}	75,50	$^{\circ}C$	
ΔT_{ml_1}	337,43	$^{\circ}K$	Tiempo de secado
λ_{bh}	1767719,873	J/Kg	
t_c	2,08	s	
ΔT_{ml_2}	294,14	$^{\circ}C$	
t_d	$8,66 \times 10^{-3}$	s	
t_T	2,09	s	
t_v	2,9	s	
ΔT_{ml_3}	312,09	$^{\circ}K$	Calor transferido a la gota durante el tiempo de viaje
Q_{tf}	573,58	J/s	
Q_{nec}	419,16	J/s	

Realizado por: Naula Jorge., ESPOCH/2017

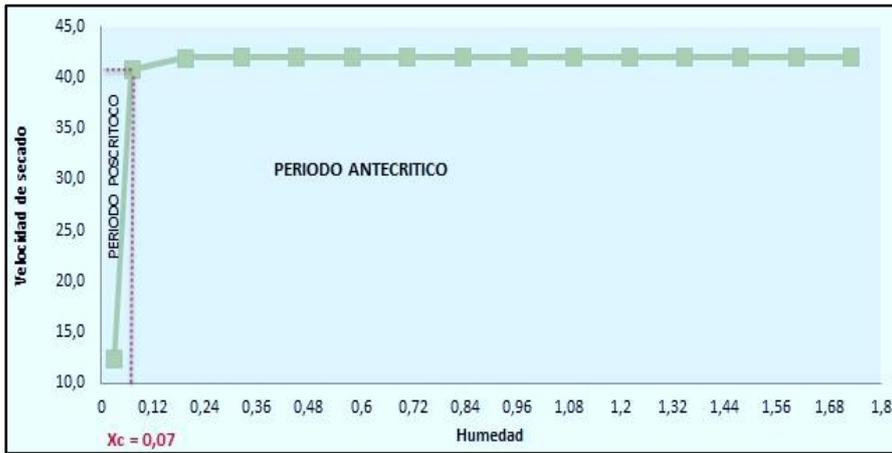


Figura 11-3: Curvas de secado (X vs V)

Realizado por: Naula Jorge., ESPOCH/2017

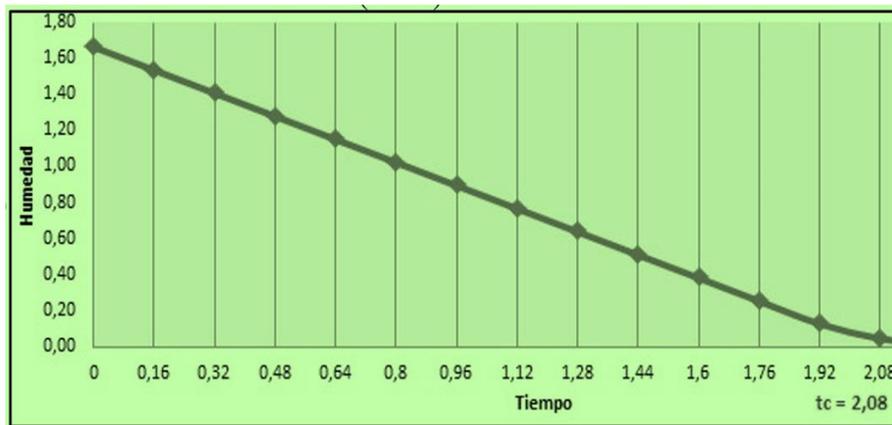


Figura 12-3: curva de secado (t vs X)

Realizado por: Naula Jorge., ESPOCH/2017

El gráfico (velocidad de secado vs humedad) y (humedad vs tiempo) son sumamente representativos en los cuales se aprecia el periodo de secado anticrítico de 2,08 s y el periodo de secado proscritico de $8,66 \times 10^{-3}$ s, ambos se encuentran separados por una humedad de 0,07 KgH₂O/ Kg ss y un tiempo crítico de 2,07s, además podemos apreciar que el secado se da en el periodo anticrítico (velocidad constante) en el cual se elimina la mayor cantidad de agua.

Tabla 29-3: Resultado de eficiencia

Parámetro	Valor	Unidad	Procedencia
n_t	38,64	%	Eficiencia
n_{ev}	73,08	%	
Recuperación de sólidos	72,73	%	
Rendimiento	0,267	kg proteína / kg lactosuero	Rendimiento
Productividad	4	<i>g/min</i>	Productividad

Realizado por: Naula Jorge., ESPOCH/2017

3.6 ANÁLISIS DE COSTO/BENEFICIO DEL PROYECTO.

A continuación se presenta los costos reales de materia prima, materiales, suministros, equipos, los diversos análisis de laboratorio, mano de obra y producción en general, para la implementación de este proyecto técnico basado en la obtención de proteína en polvo a base de lactosuero por el proceso de secado por atomización.

Para la toma de decisiones nos basamos en los cálculos de ingeniería y en los costos de los materiales y equipos que se encuentran en el mercado considerando los de mejor calidad.

3.6.1 Análisis de costo de la materia prima e insumos

Tabla 30-3: Costos de materia prima, insumos y otros componentes para la elaboración de la proteína

Materias Primas	Costos	Unidad
Suero lácteo	\$0,03	Litro
Maltodextrina	\$2,00	Kg
H ₂ O	\$1,50	Galón

Realizado por: NAULA Jorge., ESPOCH/2017

Tabla 31-3: Costos de materia prima, insumos y otros componentes para elaboración de un lote de 560 L de lactosuero a proteína en polvo.

Materias Primas	Cantidad	Unidad	Costo/Lote
Suero lácteo	560	Litro	\$16.80
Maltodextrina	288	Kg	\$576
H ₂ O	5	Litros	\$7.50
Total			\$600.3

Realizado por: NAULA Jorge., ESPOCH/2017

3.6.2. Análisis de costos de equipos e instrumentos de laboratorio

Tabla 32-3: Costos reales de los equipos.

Equipo	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Ventilador	1	120,00	120,00
Compresor	1	490,00	490,00
Bomba	1	400,00	400,00
S. calentamiento	1	150,00	150,00
Cámara de secado	1	800,00	800,00
Atomizador	1	300,00	300,00
Ciclón	1	700,00	700,00
S. tubería	1	100,00	100,00
M. trabajo	1	380,00	380,00
T. control	1	600,00	600,00
T. alimentación	1	50,00	50,00
Balanza	1	50,00	50,00
TOTAL			4140,00

Realizado por: NAULA Jorge., ESPOCH/2017

Tabla 33-3: Costos de materiales para el control de calidad

MATERIALES	Costo (x/unid)	Cantidad	Total	
Vaso de precipitación	50 mL	\$3,00	3	\$9,00
	100 mL	\$5,00	3	\$15,00
	250 mL	\$8,00	3	\$24,00
	500 mL	\$12,00	3	\$36,00
	1000 mL	\$14,80	3	\$44,40
Probeta	50 mL	\$7,80	2	\$15,60
	100 mL	\$12,50	2	\$25,00
	500mL	\$14,80	2	\$29,60
Pipetas 10 mL	\$12,78	2	\$25,56	
Pipetas capilares	\$0,25	8	\$2,00	
Varilla de agitación	\$5,00	2	\$10,00	
Termómetro	\$18,00	1	\$18,00	
Tubos de ensayo	\$0,80	10	\$8,00	
Espátula	\$3,50	2	\$7,00	
Gradilla	\$11,00	1	\$11,00	
Piseta	\$8,00	2	\$16,00	
Costo total			\$296,16	

Realizado por: NAULA Jorge., ESPOCH/2017

Tabla 34-3: Costos de envases para la proteína en polvo.

ENVASE	COLOR	VOLUMEN	COSTO/unidad
Vidrio	transparente	90 g	\$0.40
Vidrio	transparente	200 g	\$0.60
Nota: Todos los envases incluyen tapa			

Realizado por: NAULA Jorge., ESPOCH/2017

3.6.3 Análisis de costos de producción

3.6.3.1 Análisis de costo para la implementación de una planta productora de proteína del lactosuero.

Tabla 35-3: Costos de implementación de una planta de producción de proteína.

PARÁMETRO de ANÁLISIS	COSTOS
Equipos de producción	\$4140
Instrumentos de laboratorio	\$296,16
Infraestructura	\$15000
Instalaciones	\$1000
Otros	\$1000
TOTAL de costo de una planta productora de proteína lactea.	\$21436.16

Realizado por: NAULA Jorge., ESPOCH/2017

3.6.3.1 Análisis de costo de producción de la proteína.

Tabla 36-3: Costos de producción semestral de proteína del lactosuero.

# alimentación al atomizador	Volumen	Tiempo	Costo
960 alimentación	560 L	2 meses	\$600.3
2880 alimentación	1680 L	6 meses	\$1800

Realizado por: NAULA Jorge., ESPOCH/2017

Tabla 37-3: Costo total de producción semestral de la proteína del lactosuero

PARÁMETRO		COSTO
Proteína en polvo		\$1800
	Operario 1	\$ 375
Servicios básicos	Electricidad	\$ 20,00
	Agua	\$ 10,00
Envases		\$840,00
Distribuidores	Vendedor 1	\$ 375
Transporte		\$500,00
Otros		\$500,00
TOTAL de costo por producción semestral.		\$4020

Realizado por: NAULA Jorge., ESPOCH/2017

Tabla 38-3: Costo de producción semestral con adición del % de ganancia.

COSTOS		Mes
Costo semestral de producción		\$4020
Porcentaje de ganancia	30 %	\$1206
Presupuesto total requerido por 6 meses de producción		\$5226

Realizado por: NAULA Jorge., ESPOCH/2017

Tabla 39-3: Costo de venta de la proteína

Volumen/botella	P.V.P	Unidades/mes	Estimación Total de venta
90 g	\$10	900	\$9000
200 g	\$22	300	\$6600
500 g	\$55	300	\$16500
Valor total de venta estimada en los 6 meses			\$32100

Realizado por: NAULA Jorge., ESPOCH/2017

Tabla 40-3: Relación costo-beneficio en la producción del proteína.

Análisis costo-beneficio	Análisis de inversión
Costo de producción en 6 meses	\$5226
Estimación de beneficio por 6 meses	\$32100
Diferencia	\$26874
Costo de instalación de infraestructura y equipos	\$21,436.16
Valor de ganancia neta en los 6 meses de producción	\$5437,84

Realizado por: NAULA Jorge., ESPOCH/2017

La inversión realizada en la producción de proteína en polvo del lactosuero más la inversión en la instalación de infraestructura, equipos y accesorios es remunerada en los primeros seis meses, por lo tanto a más de ser un proyecto amigable con el ambiente por la reutilización de residuos orgánicos y la reducción de la contaminación que se generaba, es totalmente rentable.

Pero también es importante recalcar que la problemática que se produce en este proyecto es la venta y distribución del producto como proteína en polvo, debido a que es un producto nuevo, que a pesar de la información difundida sobre sus beneficios no conocemos la aceptación que tendrá dentro del ámbito de consumo humano.

3.7 CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO.

Tabla 41-3: Cronograma de actividades

ACTIVIDAD	TIEMPO																							
	1° mes				2° mes				3° mes				4° mes				5° mes				6° mes			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Desarrollo Tesis	■	■																						
Revisión General			■	■	■	■	■																	
Recopilación de información y revisión bibliográfica			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Determinar las operaciones unitarias							■	■	■															
Identificar las variables de proceso										■	■	■												
Realizar los cálculos de Ingeniería del proceso													■	■	■	■								
Validar el proceso industrial														■	■	■	■							
Análisis físico-químico y microbiológico de la proteína																	■	■	■					
Elaboración de borradores																					■			
Corrección borradores																					■			
Tipiado del trabajo final																						■		
Empastado y presentación del trabajo final																							■	
Auditoría académica																							■	
Defensa del trabajo																							■	

Realizado por: NAULA Jorge., ESPOCH/2017

3.8 ANÁLISIS Y RESULTADOS.

Para obtener la proteína del lactosuero en polvo se empleó maltodextrina como encapsulante, ya que el lactosuero presenta una elevada pegajosidad, a causa de su alto contenido en azúcares 6,6%. Es por esto que se realizó varios ensayos, con dos formulaciones, las cuales diferían en concentración de encapsulante y temperatura de secado.

Los resultados de los ensayos fueron comparados, dando como mejor opción parámetros específicos para trabajar con una alimentación de lactosuero con maltodextrina en una concentración del 50% P/P y a la temperatura de secado de 120°C, debido a que en estas condiciones se presentó un mayor rendimiento de producción del 34%, en un menor tiempo de 16 min.; esta temperatura de operación debe ser mayor a la de ebullición del agua en Riobamba, debido a que existen pérdidas de calor y variación de temperaturas en el sistema desde 120 a 70°C. El análisis de estos valores indica que no se obstruye la boquilla atomizadora y no hay pérdidas del producto.

Durante el proceso la humedad del aire de secado incrementó de 0,01 $\text{Kg } H_2O/\text{Kg as}$ hasta 0,029 $\text{Kg } H_2O/\text{Kg as}$, esto se debe a que la humedad de la gota es cedida al aire caliente, reduciendo su diámetro desde 314,3114 μ hasta obtener un polvo de 150 μ con una humedad de 0,03 $\text{Kg } H_2O/\text{Kg ss}$, como consecuencia de la alta eficiencia de evaporación del 73,08%, este porcentaje muestra la relación entre la capacidad de evaporación real con la capacidad que se obtendría en el caso ideal de que el aire de salida hubiese llegado hasta la saturación.

Con los parámetros seleccionados se llevó a cabo la producción de la proteína del lactosuero en polvo, con una alimentación de 0,2 Kg de suero y 0,1 Kg de maltodextrina, la producción se dio en 20 min., obteniendo 0,08 Kg de polvo del lactosuero, es decir un 72,73% de recuperación de sólidos. Este porcentaje se considera aceptable debido a que existe un 27,27% de pérdidas de las partículas más finas de la proteína en las paredes del equipo y en la corriente de aire de salida, además queda un residuo en el tanque de alimentación a causa de que el nivel del líquido no alcanza la succión del filtro.

A la proteína en polvo se le realizaron algunas pruebas físico-químicas dando como resultado un pH de 6,25 una higroscopia de 4,05% y fue soluble en agua. Además se enviaron muestras a un laboratorio certificado para que sean analizadas todas las especificaciones de la norma NTE INEN 2585: 2011, “suero de leche en polvo”; debido a que todos los parámetros analizados están dentro de los límites permitidos para la proteína, se garantizó la calidad y estabilidad del producto, haciéndolo así apto para el consumo o aplicación industrial.

CONCLUSIONES.

- Al lactosuero seleccionado se le realiza la caracterización físico-químico y microbiológico, dando como resultado (4,1% de lactosa; 0,87 proteína; 0,28 grasa; 0,55 ceniza; 0,421 acidez y un pH de 5,2 a 6,5 %).
- En el secador por atomización se obtiene la proteína en polvo del lactosuero con una alimentación de 0,3 Kg en concentración de maltodextrina 50%P/P, se tiene 0,08 Kg de proteína en polvo en 20 min, humedad de 0,03 Kg $H_2O/Kgss$.
- El sistema de pulverización requerido para este equipo fue un atomizador neumático con una boquilla de 0,002 m de diámetro, el cual genera gotas de 314,3148 μ empleando aire comprimido a una presión de 30 psi.
- Las variables de proceso para el secado por atomización del lactosuero son: un flujo de aire de 120°C, 30 psi de aire comprimido, 40% de la capacidad de la bomba, 50%P/P concentración inicial de lactosuero con encapsulante, pH 5,2 a 6,5 y un flujo de alimentación 0,25g/s.
- A fin de determinar el procedimiento más apropiado para la obtención de proteína en polvo a partir del lactosuero, se realizaron 26 pruebas de ensayo, modificando la concentración de maltodextrina con lactosuero de 10, 25, 50, 75, y 100%P/P, a temperatura de secado de 100, 120, 140, 160 y 180 °C; estableciendo que las condiciones óptimas del proceso de secado por atomización son: concentración inicial de lactosuero con maltodextrina de 50%P/P, temperatura de aire de secado de 120 °C y un tiempo promedio de 20 minutos hasta el punto de obtener los valores requeridos.
- Se validación el proceso tomando en cuenta el secador por atomización que se encuentra en el laboratorio de Procesos industriales con un rendimiento de recuperación de sólidos del 72,73%, con una eficiencia de evaporación del 73,08%. Evaluando así que el proceso de producción de proteína funciona de manera correcta.

RECOMENDACIONES

- Verificar que el equipo estén en óptimas condiciones para su uso, manejar adecuadamente cada parte del equipo, terminada la practica limpiar el equipo correctamente.
- verificar que la conexión eléctrica este bien Para poder encender el equipo debido a que se utiliza 110 y 220 voltios trifásico y polarizado.
- Terminada la práctica correspondiente se recomienda mantener encendido el ventilador para evitar deformaciones de las resistencias.
- Utilizar las debidas normas de higiene para la toma de muestra ya que de eso dependerá los resultados de los análisis físico-químicos y microbiológicos.
- Pesarse correctamente la materia prima (lactosuero) y el encapsulante (maltodextrina) para poder obtener una homogenización compacta.
- Mantener en forma constante la temperatura para evitar obtener un producto grumoso.
- Ampliar la investigación sobre el uso del suero de leche y la aplicación del secado por atomización en otros productos a nivel industrial

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AITECO. Tormenta de ideas: creatividad para mejora.[En línea] 2015,

[consulta: 2016-06-13]

disponible en: <http://www.aiteco.com/tormenta-de-ideas/>.

ALONSO, Carlos. Concentraciones. [En línea] 2015.

[Consulta: 2016-06-13]

Disponible en: <http://www.alonsoformula.com/inorganica/concentraciones.htm>.

OSORIO, YESID. agitación y mezcla. [En línea] 29 de Diciembre de 2016.

[Consulta: 20 de Septiembre de 2016]

Disponible en: <https://unitarias2.wordpress.com/agitacion-y-mezcla/>.

BRITO, Hanníbal. Texto Básico de Operaciones Unitarias I. Transporte de Fluidos por Bombeo.

Riobamba-Ecuador: Editorial Politécnica de Chimborazo, 2000, p. 2.

BRITO, Hanníbal. Texto Básico de Operaciones Unitarias II. Proceso de Filtración. Quito-

Ecuador: Editorial Politécnica de Chimborazo, 2001, p. 24.

BRITO, Hanníbal. Texto Básico de Operaciones Unitarias III. Proceso de Secado. Riobamba-

Ecuador: Editorial Politécnica de Chimborazo, 2001, p. 16.

BAREA, José. En JIMENEZ, Luiz. Barea, pH-metria, 1^{ra} Edición, España Barcelona (1974). pp. 63.

CARRILO, Josue. Aprovechamiento del suero de leche para una bebida funcional [En línea] 13 de 12 de 2014.

[Consulta: 15 de Diciembre de 2017.].

Disponible en: <http://documents.mx/documents/aprovechamiento-del-suero-de-leche-para-una-bebida-funcionalpdf.html>.

CENGEL, Yonnus. & CIMBALA, John: Mecánica de Fluidos Fundamentals y Aplicaciones. 2^a ed. México: McGraw-Hill S.A. DE C.V, 2012, pp. 10-51.

CEVALLOS, Jorge. Ley del sistema ecuatoriano de calidad. [En línea] 2010.

[Consulta: 2016-06-13]

Disponible en: <http://www.acreditacion.gob.ec/wpcontent/uploads/2014/05/LSEC-3.pdf>.

DIAZ, florc. Secado por aspersión - leche en polvo. Obtenido de practicas de laboratorio ingenieria farmaceutica [En línea] 03 de 31 de 2015.

[Consulta: 2 de Enero de 2017].

<http://farmupibi.blogspot.com/2015/03/secado-por-aspersion-de-leche.html>.

EFT, (Especialistas Técnicos en Fluidos). Tuberías de acero inoxidable para conducción. [En línea], p.101

[Consulta: 20 de Enero de 2016],

<http://www.efcatalogo.com/productos-tuberias-de-acero-inoxidable-para-conduccion.html>.

ECUADOR. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA, (NTE INEN 2594:2011). Suero de leche líquido. Requisitos. Tecnología de los alimentos, leche y productos lácteos, [En línea]. 05 de enero de 2013.

[Consulta: 15 de Diciembre de 2016]:

Disponible: <http://normaspdf.inen.gob.ec/pdf/nte/2594.pdf>.

ECUADOR. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA, (NTE INEN 2585) Suero de leche en polvo. Tecnología de los alimentos, leche y productos lácteos, [En línea]. 05 de enero de 2013.

[Consulta: 15 de Diciembre de 2016]

Disponible en: <https://archive.org/details/ec.nte.2585.2011>.

FARIAS REYES, JOSÉ, URDANETA G. Eficiencia en la concentración de la proteína del lactosuero. 2^{da} Mexico: Revista Mundo Pecuario, (2003), pp. 11-16.

GEANKOPOLIS, Joel. Procesos de Transporte y Principios de Procesos de Separación, (1991), México: Continental S.A ,pp. 580.

GOOGLE.MAPS. Canton Chambo. Obtenido de informacion [En línea] 2016.

[Consulta: 5 de Diciembre de 2016.]

Disponible en: <https://www.google.com.mx/maps/place/Chambo,+Ecuador/@23>.

HINOJOSA, Lizeth. Técnica Guía Laboratorio Análisis Químico Instrumental I, ESPOCH/2015. Obtenido de diseño y construcción de un secador por atomización. [En línea] 2015.

[Consulta: 20 de Enero de 2016].

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

JAMES JAY., DAVID Alejo. GOLDEN: Microbiología Moderna de los Alimentos. 5ª ed. Zaragoza-España: Acribia, 2009, pp. 35-38.

BREANNAN; et al. J. R. BUTTERS: Las Operaciones de la ingeniería de Alimentos. 2ª ed. Zaragoza-España: Applied Science Publishers Ltd, 1980, pp. 129-138

KNEULE, Fausto. Enciclopedia de la Tecnología Química. En K. Friederich., Técnica de los procesos en las Industrias Químicas y Derivados. Madrid - España: URMO, (1976), pp. 347 - 360.

LUNA, Elma. Agitación y mezclado. [En línea] 2012.

[Consulta: 8 de Diciembre de 2016.].

Disponible en: <http://www.dcne.ugto.mx/Contenido/revista/numeros/41/A4.pdf>

MÉTODOS DE ENSAYO. Obtenido de Métodos de Ensayo. [En línea] 29 de Diciembre de 2016.

[Consulta: 1 de Diciembre de 2016.].

http://www.matematicasyoesia.com.es/metodos/melweb08_Brookfield.htm

MONTES, Elisa. A. Farmacia Profesional. [En línea] Febrero de 2003.

[Consulta: 8 de Diciembre de 2016.]

<http://www.elsevier.es/es-revista-farmacia-profesional-3-articulo-control-calidad-13044494>

MORRISON, ROBERT; & BOYD, Robert: Química Orgánica. Propiedades físicas de alcoholes. 5ª ed. México: Addison Wesley Iberoamericana S.A, 1990, pp. 625-630.

OCÓN, J & TOJO, G. Problemas de Ingeniería Química. Operaciones Básicas. 1era. Madrid: Aguilar, 1972. pp. 280-290.

PRODUCCION. Obtenido de proteína del suero de leche [En línea] 2017.

[Consulta: 8 de Diciembre de 2016.]

https://es.wikipedia.org/wiki/Prote%C3%ADna_de_suero_de_leche

PROTEINA DE SUERO DE LECHE . (s.f.). Obtenido de proteína [En línea] 2013.

[Consulta: 8 de Diciembre de 2016].

Disponible en: <http://cebp.aacrjournals.org/content/10/5/555.long>

PARRA, Rodrigo. Microencapsulacion de alimentos [En línea] 26 de 11 de 2014.

[Consultada: 3 de Diciembre de 2016.].

Disponible en:<http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v63n2/a20v63n01.pdf>

RODRIGUEZ, Gustavo. Propiedades Físico-Químicas y Aplicaciones Industriales de la Clinoptilolita Natural. Tesis de Doctorado. Cuba: Cenic, 1087.

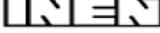
TIPOS DE SECADORES. [En línea] 14 de 03 de 2015. Obtenido de secador de solidos. (2013).

[Consulta: 28 de Noviembre de 2016].

<http://www.epsem.upc.edu/assecadordesolids/castella/introduccio%20tipus.html>

ANEXOS

ANEXO A1 Norma INEN para la caracterización del suero lácteo

<p>CDU: 637.142 ICS: 67.100.99</p>				<p>CIIU: 3112 AL.03.01-448</p>	
<p>Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria</p>		<p>SUERO DE LECHE LÍQUIDO. REQUISITOS.</p>		<p>NTE INEN 2594:2011 2011-08</p>	
<p>1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el suero de leche líquido, destinado a posterior procesamiento como materia prima o como ingrediente.</p>					
<p>2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma se aplica al suero de leche líquido, para uso en la industria alimenticia y otras como: higiene, cosméticos, farmacéutica. No se permite el uso, del suero de leche, en los productos lácteos en los que la norma pertinente lo considere como adulterante.</p>					
<p>3. DEFINICIONES</p> <p>3.1 Para los efectos de esta norma se adoptan las siguientes definiciones:</p> <p>3.1.1 <i>Suero de leche</i>. Es el producto lácteo líquido obtenido durante la elaboración del queso, la caseína o productos similares, mediante la separación de la cuajada, después de la coagulación de la leche pasteurizada y/o los productos derivados de la leche pasteurizada. La coagulación se obtiene mediante la acción de, principalmente, enzimas del tipo del cuajo.</p> <p>3.1.2 <i>Suero de leche ácido</i>. Es el producto lácteo líquido obtenido durante la elaboración del queso, la caseína o productos similares, mediante la separación de la cuajada después de la coagulación de la leche pasteurizada y/o los productos derivados de la leche pasteurizada. La coagulación se produce, principalmente, por acidificación química y/o bacteriana.</p> <p>3.1.3 <i>Suero de leche dulce</i>. Es el producto definido en 3.1.2, en el cual el contenido de lactosa es superior y la acidez es menor a la que presenta el suero de leche ácido.</p> <p>3.1.4 <i>Suero de leche concentrado</i>. Es el producto líquido obtenido por la remoción parcial de agua de los sueros, mientras permanecen todos los demás constituyentes en las mismas proporciones relativas.</p>					
<p>4. CLASIFICACIÓN</p> <p>4.1 Dependiendo de su acidez y del contenido de lactosa, el suero de leche líquido, se clasifica en:</p> <p>4.1.1 <i>Suero de leche ácido</i></p> <p>4.1.2 <i>Suero de leche dulce</i></p>					
<p>5. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS</p> <p>5.1 El suero de leche líquido, destinado a posterior procesamiento debe cumplir con los requisitos establecidos en el Reglamento de Buenas Prácticas de Manufactura, y provenir de productos que hayan utilizado leche pasteurizada para su elaboración.</p> <p>5.2 No debe contener sustancias extrañas a la naturaleza del producto y que no sean propias del procesamiento del queso.</p> <p>5.3 Los límites máximos de plaguicidas no deben superar los establecidos en el Codex Alimentarius CAC/ MRL 1 en su última edición.</p> <p>5.4 Los límites máximos de residuos de medicamentos veterinarios no deben superar los establecidos en el Codex Alimentario CAC/MRL 2 en su última edición.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continua)</i></p> <p>DESCRIPTORES: Tecnología de los alimentos, leche y productos lácteos, otros productos lácteos, suero de leche líquido, requisitos.</p>					
<p>-1- 2011-517</p>					
Notas	Categoría del diagrama	<p>ESPOCH</p> <p>Realizado por:</p> <p>NAULA JORGE</p>	<p>ENSAYO DE LOS PROCESOS DE ELABORACIÓN</p>		
<p>NTE INEN</p>	a) Por aprobar		Escala	Fecha	Lamina
	b) Por calificar		A4	2017	1
	c) Por certificar				

6. REQUISITOS

6.1 Requisitos físicos y químicos

6.1.1 El suero de leche líquido, ensayado de acuerdo con las normas correspondientes, debe cumplir con lo establecido en la tabla 1.

TABLA 1. Requisitos físico-químicos del suero de leche líquido

Requisitos	Suero de leche dulce		Suero de leche ácido		Método de ensayo
	Min.	Max.	Min.	Máx.	
Lactosa, % (m/m)	--	5,0	--	4,3	AOAC 984.15
Proteína láctea, % (m/m) ¹⁾	0,8	--	0,8	--	NTE INEN 16
Grasa láctea, % (m/m)	--	0,3	--	0,3	NTE INEN 12
Ceniza, % (m/m)	--	0,7	--	0,7	NTE INEN 14
Acidez titulable, % (calculada como ácido láctico)	--	0,16	0,35	--	NTE INEN 13
pH	6,8	6,4	5,5	4,8	AOAC 973.41

¹⁾ el contenido de proteína láctea es igual a 6,38 por el % nitrógeno total determinado

6.1.2 *Requisitos microbiológicos.* El suero de leche líquido ensayado de acuerdo con las normas correspondientes, debe cumplir con lo establecido en la tabla 2.

TABLA 2. Requisitos microbiológicos para el suero de leche líquido.

Requisito	n	m	M	c	Método de ensayo
Recuento de microorganismos aerobios mesófilos ufc/g	5	30 000	100 000	1	NTE INEN 1529-5
Recuento de <i>Escherichia coli</i> ufc/g	5	< 10	-	0	NTE INEN 1529-8
<i>Staphylococcus aureus</i> ufc/g	5	< 100	100	1	NTE INEN 1529-14
<i>Salmonella</i> /25g	5	ausencia	-	0	NTE INEN 1529-15
Detección de <i>Listeria monocytogenes</i> /25 g	5	ausencia	-	0	ISO 11290-1

Donde:

n = Número de muestras a examinar.

m = índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad.

M = índice máximo permisible para identificar nivel aceptable de calidad.

c = Número de muestras permisibles con resultados entre m y M.

6.1.3 *Aditivos.* Se permite el uso de los aditivos enlistados en la NTE INEN 2074.

6.1.4 *Contaminantes.* El límite máximo no debe superar lo establecido en el Codex Alimentarius CODEX STAN 193-1995, en su última edición.

6.2 **Requisitos complementarios.** El suero de leche líquido debe mantener la cadena de frío en el almacenamiento, y distribución a una temperatura de $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ y su transporte debe ser realizado en condiciones idóneas que garanticen el mantenimiento del producto.

7. INSPECCIÓN

7.1 **Muestreo.** El muestreo debe realizarse de acuerdo con lo establecido en la NTE INEN 4.

7.2 **Aceptación o rechazo.** Se acepta el lote si cumple con los requisitos establecidos en esta norma; caso contrario se rechaza.

7.2.1 El producto rechazado debe identificarse claramente para evitar el mal uso.

(Continúa)

Notas	Categoría del diagrama	ESPOCH Realizado por: NAULA JORGE	ENSAYO DE LOS PROCESOS DE ELABORACIÓN		
			Escala	Fecha	Lamina
NTE INEN	a) Por aprobar b) Por calificar c) Por certificar		A4	2017	1

ANEXO B1 Norma INEN para toma de muestras de productos lácteos

CDU: 637.127.6		AL 03.01-201														
Norma Técnica Ecuatoriana	LECHE Y PRODUCTOS LACTEOS. MUESTREO	INEN 4 Primera Revisión														
1. OBJETO																
1.1 Esta norma establece los procedimientos para la extracción de muestras de leche y productos lácteos.																
2. TERMINOLOGIA																
2.1 Partida. Es la cantidad de material de características similares que satisface totalmente un pedido.																
2.2 Lote. Es cualquier cantidad de material de características similares, provenientes de una fuente común.																
2.3 Unidad de muestreo. Es una porción de material o un artículo individual, extraído al azar de un lote.																
2.4 Muestra. Es el conjunto de unidades de muestreo que se usa como información de la calidad de un lote.																
3. DISPOSICIONES GENERALES																
3.1 Tamaño de la muestra																
3.1.1 En casos de discrepancia o litigio, deberán tomarse las muestras de un mismo lote.																
3.1.2 Podrá usarse como unidad de muestreo el contenido total de un envase pequeño destinado a la venta al por menor, en cuyo caso el envase original no deberá abrirse o alterarse.																
3.1.3 Para productos envasados en recipientes voluminosos, cada muestra deberá integrarse seleccionando al azar el número de recipientes indicados en la Tabla 1, extrayendo de cada uno de ellos una unidad de muestreo de masa o volumen igual al especificado para cada producto en el capítulo 5.																
TABLA 1. Muestreo para unidades voluminosas																
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="padding: 5px;">Tamaño del lote</th> <th style="padding: 5px;">Unidades para muestreo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">1</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">2 - 5</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">2</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">6 - 60</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">3</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">61 - 80</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">4</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">81 - 100</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">más de 100</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">*</td> </tr> </tbody> </table>			Tamaño del lote	Unidades para muestreo	1	1	2 - 5	2	6 - 60	3	61 - 80	4	81 - 100	5	más de 100	*
Tamaño del lote	Unidades para muestreo															
1	1															
2 - 5	2															
6 - 60	3															
61 - 80	4															
81 - 100	5															
más de 100	*															
* 4, más 1 por cada 2 500 unidades adicionales o fracción de tal cantidad.																
(Continúa)																

Notas	Categoría del diagrama	ESPOCH Realizado por: NAULA JORGE	ENSAYO DE LOS PROCESOS DE ELABORACIÓN		
NTE INEN	a) Por aprobar		Escala	Fecha	Lamina
	b) Por calificar		A4	2017	1
	c) Por certificar				

ANEXO B2 Norma INEN para toma de muestras de productos lácteos

NTE INEN 4

3.1.4 Para productos envasados o empacados en recipientes o unidades pequeñas, cada muestra deberá formarse extrayendo al azar el número de unidades o recipientes indicados en la Tabla 2; cada unidad -o envase constituirá una unidad de muestreo (ver 3.1.2).

TABLA 2. Muestreo para unidades pequeñas

Tamaño del lote	Unidades para muestreo
menos de 100	1
101 - 1 000	2
1 001 - 10 000	3
más de 10 000	*
* 4, más 1 por cada 2 500 unidades adicionales o fracción de tal cantidad	

3.2 Condiciones pequeñas al muestreo

3.2.1 Deberá fijarse a cada muestra una tarjeta que incluya un número de identificación y la fecha de muestreo.

3.2.2 Los envases o empaques que contengan las unidades de muestreo deberán sellarse y marcarse con las rúbricas de las partes interesadas, y deberá suscribirse una acta de muestreo que incluya la siguiente información:

- a) número de la norma INEN de referencia: INEN 4.
- b) número de identificación de la muestra,
- c) fecha de muestreo,
- d) nombre del producto y marca comercial,
- e) identificación del lote o de la partida;
- f) masa o volumen total del lote o de la partida;
- g) número de unidades de muestreo obtenidas;
- h) lugar de procedencia del producto,
- i) lugar de toma de las muestras,
- j) observaciones que se consideren necesarias, y
- k) nombres, firmas y direcciones de las partes interesadas.

3.2.3 Las tres muestras deberán destinarse, respectivamente, al fabricante o distribuidor, a un laboratorio de análisis y a la entidad que deba actuar en caso de discrepancia.

3.2.4 La muestra destinada al laboratorio deberá enviarse tan pronto como sea obtenida, tomando precauciones durante el transporte para que no haya exposición directa del producto a la luz y para que la temperatura no sea menor de 0°C ni mayor de 10°C. Cuando las muestras sean destinadas a examen microbiológico, deberá usarse un recipiente aislado que permita mantener una temperatura comprendida entre 0°C y 5°C, excepto en el caso de productos lácteos en conserva envasados en sus recipientes originales, o en el caso de distancias cortas de transporte. Las muestras de queso deberán mantenerse en condiciones que eviten la separación de grasa o humedad, y el queso fresco deberá mantenerse siempre a una temperatura comprendida entre 0°C y 5°C.

(Continúa)

Notas	Categoría del diagrama	ESPOCH Realizado por: NAULA JORGE	ENSAYO DE LOS PROCESOS DE ELABORACIÓN		
			Escala	Fecha	Lamina
NTE INEN	a) Por aprobar b) Por calificar c) Por certificar		A4	2017	1

4.2.8 *Espátulas*, de acero inoxidable.

4.2.9 *Cuchillos*, de acero inoxidable, con hoja terminada en punta.

5. PROCEDIMIENTO

5.1 Leche y productos lácteos líquidos. (exceptuando la leche condensada y la leche evaporada). Debe aplicarse el siguiente procedimiento:

5.1.1 Mezclar completamente el producto, transvasándolo varias veces de un recipiente a otro, o agitándolo adecuadamente con un agitador de disco (ver 4.2.1 y 4.2.2).

5.1.2 En el caso de muestrear crema, debe usarse uno de los agitadores de disco (ver 4.2.1 y 4.2.2), según el tamaño del recipiente, sumergiéndolo un número suficiente de veces para asegurar una mezcla completa del producto. El agitador debe moverse cuidadosamente para evitar la formación de espuma o el efecto del batido.

5.1.3 Inmediatamente después de la agitación, tomar una unidad de muestreo no menor de 200 cm³ mediante un cucharón y transferirla a un envase adecuado (ver 4.1.4).

5.1.4 Si hay dificultades para homogeneizar el producto, deben mostrarse porciones de diferentes lugares del recipiente hasta totalizar la cantidad requerida.

5.1.5 Si el producto está envasado en recipientes pequeños para la venta, la muestra debe formarse de acuerdo con lo indicado en 3.1.4, y los recipientes no deben abrirse hasta el momento del análisis.

5.2 Leche condensada y leche envasada. Debe aplicarse el siguiente procedimiento:

5.2.1 Si el producto está contenido en recipientes voluminosos, mezclar el contenido del recipiente usando un agitador de disco (ver 4.2.1 y 4.2.2) u otro dispositivo adecuado, cuidando de raspar e incorporar el material adherido a la pared y al fondo del recipiente. Extraer, con un cucharón o un dispositivo adecuado, 2 a 3 litros del producto y transferirlos a un recipiente más pequeño, repetir la agitación, tomar una unidad de muestreo no menor de 200 cm³ y guardarla en un envase adecuado (ver 4.1.4).

5.2.2 Si el producto está envasado en recipientes pequeños para la venta, la muestra debe formarse de acuerdo con lo indicado en 3.1.4 y los recipientes no deben abrirse hasta el momento del análisis.

Notas	Categoría del diagrama	ESPOCH Realizado por: NAULA JORGE	ENSAYO DE LOS PROCESOS DE ELABORACIÓN		
			Escala	Fecha	Lamina
NTE INEN	a) Por aprobar b) Por calificar c) Por certificar		A4	2017	1



LABORATORIOS GUIMO
Control de calidad

INFORME DE ANÁLISIS N°. ALS – 160921 – M56

ÁREA MICROBIOLÓGICA

DATOS INFORMATIVO	
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	lactosuero
LOTE NO	LS16921
PRESENTACIÓN	N.A
ELABORADO POR	Empresa quesera San José
FECHA DE ELABORACIÓN	ND
FECHA DE CADUCIDAD	ND
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	liquido, color verdoso, de olor lácteo
CONTENIDO DECLARADO	100 ml
RESPONSABLE DE MUESTREO	Jorge Naula
FECHA DE RECEPCIÓN	2016 / 09 / 21
FECHA DE ENSAYO	2016 / 09 / 21
FECHA DE REPORTE	2016 / 09 / 23
OBSERVACIÓN	Ninguna

RESULTADOS

PARAMETRO	METODO	RESULTADOS	UNIDAD
Recuento de m.o Aerobios mesofilos Totales	Nte inen 1529-5	97 x 10 ³	Ufc/g
Recursos de escherichia coli	Nte inen 152-8	8	Ufc/g
Staphylococcus aureus	Nte inen 1529-14	75	Ufc/g
Salmonella/ 25 g	Nte inen 1529-15	Ausencia	Ausencia/presencia
Deteccion de listeria monocytogenes/ 25 g	Iso 11290-1	Ausencia	Ausencia/presencia


Responsable de análisis


LABORATORIO
CONTROL DE CALIDAD


B.Q.F. Daniela Acosta
Responsable de supervisión
GUIMO

Este informe no podrá ser reproducido total, parcialmente, sin autorización escrita del laboratorio

Parroquia Huambalo, sector la Florida

Pelileo – Ecuador

Telfs: (03)2864722/2864709

Notas	Categoría del diagrama	ESPOCH Realizado por: NAULA JORGE	ENSAYO DE LOS PROCESOS DE ELABORACIÓN		
			Escala	Fecha	Lamina
NTE INEN	a) Por aprobar b) Por calificar c) Por certificar		A4	2017	1

ANEXO C2 Análisis físico-químicos para la caracterización del lactosuero.



LABORATORIOS GUIMO
Control de calidad

INFORME DE ANÁLISIS N°. ALS – 160921 – FQ

EXAMEN BROMATOLÓGICO DE ALIMENTO

CLIENTE: Jorge Naula

TIPO DE MUESTRA: Suero Lácteo

FECHA DE MUESTREO: 22 de noviembre del 2016

FECHA DE RECEPCIÓN: 22 de noviembre del 2016

EXAMEN FISICO:

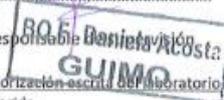
- COLOR: amarillento
- OLOR: lacteo
- ASPECTO: homogéneo, libre de sustancias extrañas

DETERMINACIONES	UNIDAD	MÉTODOS DE ANÁLISIS	VALOR ENCONTRADO
Lactosa	%	AOAC 984.15	4.1
Proteína	%	NTE INEN 16	0.87
Grasa	%	NTE INEN 12	0.28
Ceniza	%	NTE INEN 14	0.55
Acidez	%	NTE INEN13	0.421
PH	Unidad	AOAC 973.41	6.4
*Brix	%	NTE INEN 398	7.0


 Responsable de análisis


 LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD


 Responsable de emisión


 BOE Daniela Acosta

Este informe no podrá ser reproducido total, parcialmente, sin autorización escrita del laboratorio.
 Parroquia Huambalo, sector la Florida
 Pellileo – Ecuador
 Telfs: (03)2864722/2864709

Notas	Categoría del diagrama	ESPOCH	ENSAYO DE LOS PROCESOS DE ELABORACIÓN		
			Escala	Fecha	Lamina
NTE INEN	a) Por aprobar	Realizado por: NAULA JORGE	A4	2017	1
	b) Por calificar				
	c) Por certificar				

ANEXO D1 Análisis para la determinación de proteína.

Cliente	NAULA SÁEZ JORGE ROLANDO	lote	--
Dirección	Barro la libertad	Fecha de elaboración:	--
		Fecha de vencimiento:	--
Muestreado por	El cliente	Fecha recepción	10/03/2017
Muestra de	Lactosuero en polvo	hora recepción	10.11
Descripción	proteína	Fecha análisis:	13/03/2017
		Fecha entrega:	13/03/2017
		Código:	--

Característica Muestra	
Color:	Característico (blanco amarillento)
Olor:	Característico (lacteo)
Estado:	Sólido
Contenido declarado:	90 g
Contenido encontrado:	--
Observaciones:	Los resultados reportados en el presente informe se refieren las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio




Ing. Gertrud Guisasa
JEFE DIVISIÓN FÍSICO-QUÍMICO

Notas	Categoría del diagrama	ESPOCH Realizado por: NAULA JORGE	ENSAYO DE LOS PROCESOS DE ELABORACIÓN		
NTE INEN	a) Por aprobar b) Por calificar c) Por certificar		Escala	Fecha	Lamina
			A4	2017	1

ANEXO D2 Análisis para la determinación de proteína.



Resultado físico-químico del suero de leche en polvo

REQUISITOS	Suero de leche dulce en polvo		Análisis de laboratorio	Suero de leche ácido en polvo		Análisis de laboratorio	MÉTODO DE ENSAYO
	Min	Max	Valor	Min	Max	Valor	
Lactosa % (m/m)	86.2	-	87.0	-	87.2	86.22	AOAC 984.16
Proteína total % (m/m)	11.0	-	14.22	7.0	-	12.33	NTE INEN 301
Grasa total % (m/m)	-	2.0	-	-	2.0	-	NTE INEN 302
Humedad % (m/m)	-	8.0	-	-	4.9	-	NTE INEN 204
Cenizas % (m/m)	-	8.0	-	-	18.0	-	NTE INEN 302
Acidez titulable calculada como ácido tartárico	-	+0.10	0.13	+0.08	-	0.30	NTE INEN 303

Resultado microbiológicos para el suero de leche en polvo.

Requisitos	n	c	m	M	Método de ensayo
Microorganismos aerobios mesófilos, REP u/g	5	2	5.0×10^3	1.0×10^4	NTE INEN 1 529-5
Enterobacteriaceas MPN/g	5	-	+ 3	-	ISO 21528-1
Enterobacteriaceas UFC/g	5	-	ausencia	-	NTE INEN 1 529-13
Mohos y levaduras UFC/g	5	0	+ 10.0	-	NTE INEN 1 529-10
Escherichia coli MPN/g	5	1	1.0×10^3	1.0×10^4	NTE INEN 1 529-14
Salmonella en 25g	10	0	ausencia	-	NTE INEN 1 529-15

Donde:

n = Número de muestras a examinar.

c = Índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad.

M = Índice máximo permisible para identificar nivel aceptable de calidad.

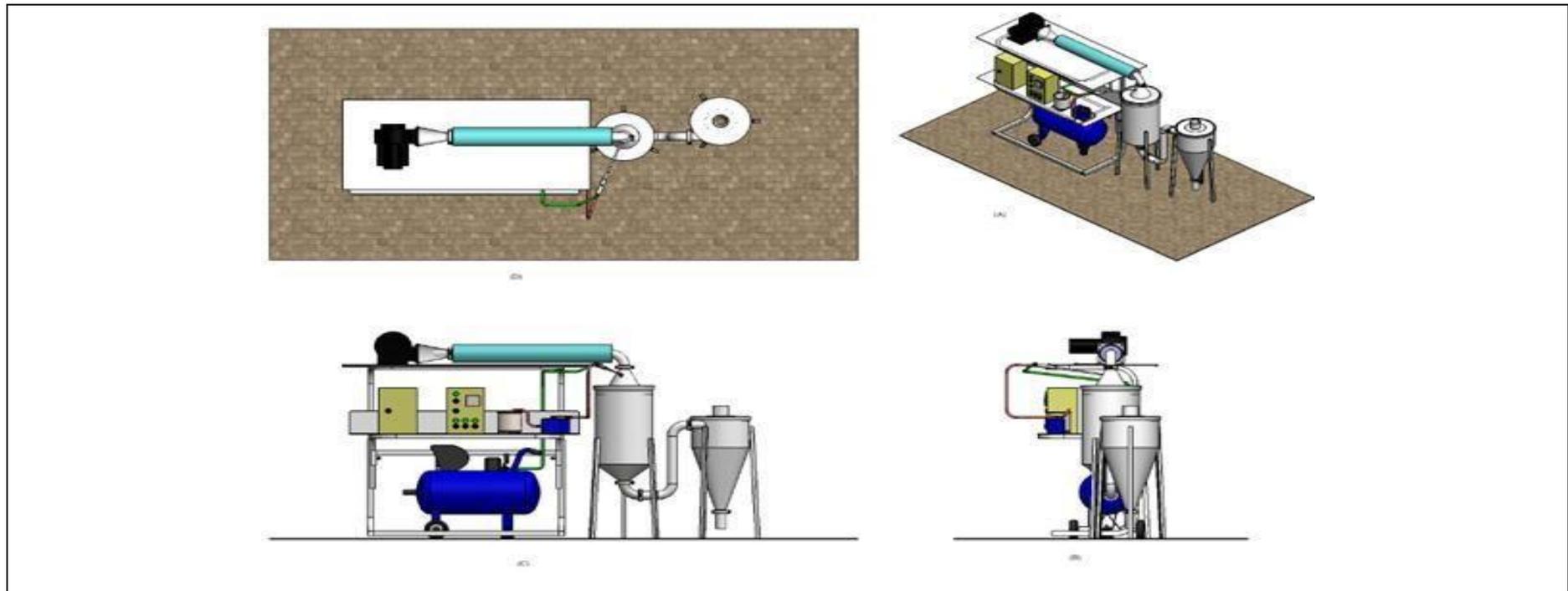
m = Número de muestras permitidas con resultados entre m y M.



Jng. Andrés Salmerón
JEFE DE DIVISION MICROBIOLOGIA

Notas	Categoría del diagrama	ESPOCH Realizado por: NAULA JORGE	ENSAYO DE LOS PROCESOS DE ELABORACIÓN		
NTE INEN	a) Por aprobar b) Por calificar c) Por certificar		Escala	Fecha	Lamina
			A4	2017	1

ANEXO E Secador por atomización vista de diferentes ángulos



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	SECADOR POR ATOMIZACIÓN		
a. Secador por atomización	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS	Lámina	Escala	Fecha
b. Vista lateral	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar	ESCUELA DE ING. QUÍMICA			
c. Vista frontal	<input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/> Para Información	NAULA JORGE	1	A4	10/03/2017
d. Vista superior					

ANEXO F1 Análisis físico-químico y microbiológico del suero



a)



b)



c)

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	ANÁLISIS		
a. Viscosidad del suero	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS			
b. Grados Brix del suero	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar	ESCUELA DE ING. QUÍMICA	Lámina	Escala	Fecha
c. pH del suero	<input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/> Para Información	NAULA JORGE	1	A4	10/03/2017

ANEXO F2 Análisis físico-químico y microbiológico del suero



a)



b)



c)

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	ANÁLISIS		
a. Viscosidad del suero	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS			
b. Grados Brix del suero	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar	ESCUELA DE ING. QUÍMICA	Lámina	Escala	Fecha
c. pH del suero	<input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/> Para Información	NAULA JORGE	1	A4	10/03/2017

ANEXO G1 Determinación del tamaño de partícula por tamizado



a)



b)

NOTAS: A. Montar el juego de tamices B. Agitar los tamices y Pesar el polvo retenido en cada tamiz	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/> Para Información	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA NAULA JORGE	TAMIZADO		
			Lámina	Escala	Fecha
			1	A4	10/03/2017

ANEXO G2 Envasado del producto.



a)



b)

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	ENVASADO DEL PRODUCTO		
a) Peso de frasco vacío	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS			
b) Peso de frasco con producto	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar	ESCUELA DE ING. QUÍMICA	Lámina	Escala	Fecha
	<input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/> Para Información	NAULA JORGE	1	A4	10/03/2017

