

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**“OBTENCION DE HARINA DE SANGRE PARA EL  
MATADERO MUNICIPAL DE TARIJA”**

**Por:**

**ERIKA VANESA SANTOS TERRAZAS**

**Investigación Aplicada (Proyecto de grado) presentado a consideración de la  
“UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para  
optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Química.**

**Septiembre de 2014**

**TARIJA - BOLIVIA**

*A mi padre que ya partió a la presencia del Altísimo, quien permanentemente me apoya en espíritu, contribuyendo incondicionalmente a lograr mis metas y objetivos propuestos y que con su ejemplo a ser perseverante me da la fuerza que me impulsa a conseguirlo.*

*A mi mamá Ceferina, mi madre y hermanos con todo mi cariño y mi amor para las personas que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento.*

*A los docentes que me han acompañado durante el largo camino, brindándome siempre su orientación con profesionalismo ético en la adquisición de conocimientos y afianzando mi formación y por su apoyo en el desarrollo de este trabajo.*

*Y a todas las personas que no se mencionan pero que intervinieron de manera positiva para su consecución.*

*"Señor que tanto me has dado, sé misericordioso y concédeme algo más: Un corazón agradecido" – Apóstol Pablo*

*"Sólo hay un bien: el conocimiento. Sólo hay un mal: la ignorancia" - Sócrates*

## ÍNDICE

### Páginas

Advertencia.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Pensamiento.....	iv
Resumen.....	v

## INTRODUCCIÓN

Antecedentes.....	1
Objetivos.....	6
a) Objetivo General.....	6
b) Objetivos Específicos.....	6
Justificación.....	7

## CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO

1.1. Materia Prima.....	10
1.1.1 Composición de la sangre.....	10
1.1.2. Propiedades físicas de la sangre.....	11
1.1.2.1. Densidad de la sangre.....	11
1.1.2.2. Calor específico y conductividad térmica.....	12
1.1.3. Contenido de sangre por animal.....	13
1.1.4. Número de animales faenados.....	14
1.2. Descripción de la harina de sangre.....	17
1.2.1. Composición química de la harina de sangre.....	19
1.2.2. Digestibilidad de la harina de sangre.....	20
1.3. Control de calidad.....	21

1.3.1. Análisis de características organolépticas.....	21
1.3.2. Análisis Físicoquímico.....	22
1.3.3. Análisis Bacteriológico.....	23
1.4. Proceso para la obtención de harina de sangre.....	23
1.4.1. Recolección.....	23
1.4.2. Almacenamiento de la sangre.....	24
1.4.3. Proceso de Secado.....	25
1.4.3.1. Equipos para realizar el secado de la sangre.....	25
1.4.3.1.1. Secador de bandejas.....	25
1.4.3.1.2. Secado por Atomización o "SPRAY DRYER".....	25
1.4.3.1.3. Liofilización.....	27
1.4.3.1.4. Secado al vacío.....	29
1.4.3.1.5. Digestor (cooker).....	30
1.5. Curva de secado de la harina de sangre.....	31
1.6. Molienda.....	33
1.6.1. Equipo para la Reducción de tamaño.....	34
1.6.1.1. Molino de Martillo e Impactadores.....	34
1.6.1.2. Molino de Rodadura-compresión.....	34
1.6.1.3. Molino de Martillos.....	35
1.6.1.4. Molinos Giratorios.....	35
1.7. Tamizado.....	37
1.8. Selección del Proceso de Producción de harina de sangre.....	39

## CAPITULO II

## PARTE EXPERIMENTAL

2.1. Descripción y Análisis de la materia prima.....	42
2.1.1. Materia Prima para la Obtención de harina de sangre.....	42
2.2. Equipos.....	43
2.2.1. Digestor abierto.....	43
2.2.2. Balanza analítica.....	43
2.2.5. Secador de bandejas.....	44
2.2.4. Molino de bolas.....	44
2.2.5. Tamizador.....	46
2.2.6. Secador infrarrojo SARTORIUS.....	47
2.2.7. Balanza electrónica de humedad EURO THERM.....	48
2.2.8. Envasadora al vacío.....	49
2.2.9. Selladora.....	50
2.3. Materiales.....	51
2.4. Descripción del Método de Investigación.....	51
2.4.1. Recepción de la sangre.....	53
2.4.2. Cocción de la sangre.....	53
2.4.3. Secado de la sangre.....	54
2.4.4. Molienda de la harina de sangre.....	55
2.4.5. Tamizado.....	55
2.4.6. Envasado y Almacenamiento de la harina de sangre.....	57
2.5. Metodología de Obtención de Resultados.....	57
2.5.1. Análisis de la materia prima y producto final.....	57
2.5.1.1. Propiedades Físico-químicas.....	57

2.5.1.2. Características Organolépticas de la harina de sangre.....	59
2.6. Determinación de las Curvas de Secado.....	59
2.6.1. Selección del Modelo Matemático.....	59
2.7. Diseño Experimental.....	61
2.7.1. Planeamiento de Hipótesis.....	62

### **CAPITULO III**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

3.1. Análisis de la Materia Prima Sangre de vaca y sangre de cerdo.....	65
3.1.1. Características Físico-químicas.....	65
3.2. Análisis del producto final Harina de Sangre.....	65
3.2.1. Características Físico-químicas.....	65
3.2.2. Análisis Organoléptico.....	67
3.3. Comparación de Resultados.....	68
3.4. Resultados obtenidos del Proceso de Secado.....	69
3.4.1. Humedad de la Harina de Sangre de vaca y cerdo.....	74
3.4.2. Contenido de Humedad en Base Seca.....	76
3.4.3. Determinación del Agua Evaporada durante el Secado.....	77
3.5. Determinación de la Curva de Secado.....	81
3.6. Balance de Materia.....	90
3.6.1. Balance de Materia en el Digestor abierto.....	91
3.6.2. Balance de Materia en el Secador.....	92
3.6.3. Balance de Materia en el Molino.....	94
3.6.4. Balance de Materia en el Tamizador.....	96
3.6.5. Rendimiento del Proceso.....	97
3.6.5.1. Rendimiento en el Digestor abierto.....	97
3.6.5.2. Rendimiento en el Secador.....	98
3.6.5.3. Rendimiento en el Molino.....	98
3.6.5.4. Rendimiento en el Tamizador.....	98

3.7. Balance de Energía.....	99
3.7.1. Balance de Energía en el Digestor abierto.....	99
3.7.2. Balance de Energía en el secador.....	100
3.8. Determinación Aproximada de costos de producción.....	101
3.8.1. Consideraciones Asumidas.....	101
3.8.2. Costos de Producción.....	102

## **CAPITULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

4.1. Conclusiones.....	105
4.2. Recomendaciones.....	108
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>110</b>

## **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1 Desechos comestibles de matadero de mayor utilización en la alimentación animal.....	2
Tabla 2 Comparativa de propiedades de subproductos animales y vegetales.....	3
Tabla I-1 Componentes importantes de la sangre.....	10
Tabla I-2 Densidad de la sangre.....	12
Tabla I-3 Calor específico y conductividad térmica de subproductos cárnicos.....	13
Tabla I-4 Pesos más comunes al momento del faeneo, contenido de sangre y cantidad estimada de sangre escurrida por animal.....	14
Tabla I-5 Número de Cerdos Faenados en el Matadero Municipal.....	15
Tabla I-6 Número de Reses Faenadas en el Matadero Municipal.....	16
Tabla I-7 Aminoácidos esenciales presentes en varios productos (gramos/16 gramos de N2).....	18
Tabla I-8 Especificaciones de harinas de origen animal.....	19
Tabla I-9 Composición química de la harina de sangre vacuna.....	19
Tabla I-10 Coeficiente de digestibilidad de varias harinas de origen animal.....	20
Tabla I-11 Cantidad por animal vacuno. Secado Spray.....	27
Tabla I-12 Las temperaturas de secado, Secado Spray.....	27
Tabla I-13 Análisis de Sangre entera, Plasma y Hemoglobina secada por Spray.....	27
Tabla I-14 Las temperaturas de secado, Secado en Digestor.....	31
Tabla I-15 Cantidad de harina de sangre por animal vacuno. Secado en Digestor.....	31
Tabla I-16 Rendimientos del Secado.....	33
Tabla I-17 Ponderación de Costo.....	40
Tabla I-18 Ponderación de Proceso.....	40
Tabla I-19 Ponderación de Porcentaje de Proteínas.....	40

Tabla I-20 Ponderación de Disponibilidad.....	41
Tabla I-21 Ponderación de la Potencia del equipo.....	41
Tabla II-1 Composición de la Materia Prima.....	42
Tabla II-2 Equivalencias serie de tamices UNE con ASTM y Tyler.....	46
Tabla II-3 Materiales.....	51
Tabla II-4 Datos de Cocción de la Sangre.....	53
Tabla II-5 Pruebas realizadas en el Tamizador.....	56
Tabla II-6 Técnicas para la determinación de las propiedades químicas de la materia prima.....	58
Tabla II-7 Técnicas para la determinación de las propiedades físico-químicas del producto final.....	58
Tabla II-8 Características Organolépticas a determinar en la Harina de Sangre.....	59
Tabla II-9 Modelos Matemáticos aplicados para la predicción de curvas de secado...	61
Tabla II-10 Matriz de Diseño.....	63
Tabla II-11 Niveles de variación de los factores.....	63
Tabla II-12 Matriz de Ensayos.....	64
Tabla III-1 Características físico-químicas de la sangre (vaca y cerdo).....	65
Tabla III-2 Características físico-químicas de la Sangre Semi seca.....	66
Tabla III-3 Características físico-químicas de la Harina de Sangre.....	66
Tabla III-4 Análisis complementarios de la Harina de Sangre.....	67
Tabla III-5 Análisis Bacteriológico de la Harina de Sangre.....	67
Tabla III-6 Análisis Organoléptico de la Harina de Sangre.....	67
Tabla III-7 Comparación Materia Prima – Producto Final.....	68
Tabla III-8 Comparación de los Análisis Físicoquímicos de la Harina de Sangre.....	69

Tabla III-9 Promedio de pérdida de peso en el secado de la sangre.....	70
Tabla III-10 Porcentaje de humedad de la harina de sangre de vaca y cerdo.....	74
Tabla III-11 Contenido de Humedad en base seca de la harina de sangre de vaca y cerdo.....	76
Tabla III-12 Cantidad de Agua evaporada durante el secado de la sangre de vaca y cerdo.....	78
Tabla III-13 Datos del tiempo de secado.....	81
Tabla III-14 Razón de Humedad de la sangre a 45°C y 0,2 cm.....	82
Tabla III-15 Análisis Estadístico de la Harina de sangre.....	84
Tabla III-16 MR experimentales y MR predichos por el modelo Logarítmico.....	87
Tabla III-17 Datos de humedad del aire.....	93
Tabla III-18 Datos de pérdidas de la molienda.....	95
Tabla III-19 Datos de pérdidas en el Tamizado.....	97
Tabla III-20 Costo de energía eléctrica para 12 horas de trabajo.....	103
Tabla III-21 Costo de energía eléctrica para 13,50 horas de trabajo.....	103
Tabla III-22 Costo de energía eléctrica para 11,50 horas de trabajo.....	104
Tabla III-23 Costo de Gas natural.....	104

### ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1-1 Selección del tipo de tecnología más factible.....	40
Cuadro 1-2 Resultados Selección (sobre 50 puntos).....	41
Cuadro 3-1 Secado 45°C espesor 0,2cm.....	85

### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Composición general de la sangre entera.....	11
Figura 1-2 Diagrama de Bloques para la Obtención de Harina de Sangre.....	23
Figura 1-3 Molino de Rodillos.....	35
Figura 1-4 Molino de Bolas.....	36
Figura 1-5 Tamices Planos Giratorios.....	38
Figura 2-1 Proceso de obtención de harina de sangre.....	52
Figura 2-2 Cocción de la Sangre.....	54
Figura 2-3 Sangre Semi Seca.....	54
Figura 3-1 Balance de Materia.....	90

## **ÍNDICE DE GRÁFICAS**

Gráfica I-1 Cerdos Faenados en el Matadero Municipal.....	15
Gráfica I-2 Reses Faenados en el Matadero Municipal.....	16
Graficas I-3 Etapas del Proceso de Liofilización.....	28
Gráfica I-4 Curva de Secado de los Glóbulos Rojos y Blancos.....	32
Gráfica I-5 Curva de Secado del Plasma Sanguíneo.....	33
Grafica II-1 Curva de Tamizado.....	56
Gráfica III-1 Pérdida de peso de la sangre a 45°C y espesores de 0,2 cm y 0,5 cm...72	
Grafica III-2 Pérdida de peso de la sangre a 55°C y espesores de 0,2 cm y 0,5 cm...73	
Gráfica III-3 Masa de agua evaporada de la sangre.....	80
Grafica III-4 Secado a 45°C, espesor 0,2 cm Curva de Secado.....	89

## **ANEXOS**

ANEXO A

ANEXO B

ANEXO C

ANEXO D

ANEXO E

## RESUMEN

El presente Proyecto de Grado, tiene por objetivo principal obtener harina de sangre empleando el proceso de secado a escala laboratorio para el Matadero Municipal de la ciudad de Tarija, que cada día faena aproximadamente 55 reses y 92 porcinos y produce aproximadamente 1134,8 litros de sangre.

Se aplicó una tecnología de secado utilizando un secador de bandejas para producir un producto de calidad escala laboratorio. En el proceso de secado con el secador de bandejas se trabajó con un diseño factorial de dos factores a dos niveles; los factores elegidos, considerados los aspectos físicos del proceso, fueron temperatura (T) con dos niveles (45°C, 55 °C); el espesor de sangre (e) con dos niveles (0,2 cm, 0,5 cm). Previo al secado se deshidrató la sangre en un digestor abierto escala laboratorio; la cantidad de sangre a deshidratar fue de 5 kg obteniéndose del mismo 2,253 kg de sangre semi seca con una humedad de 59,36 %.; a la salida del secador de bandejas se obtiene 0,912 kg de harina de sangre con una humedad de 6,61%.

Las variables que se determinaron para las condiciones de operación en el proceso productivo, son aquellas obtenidas de acuerdo al diseño experimental para el proceso de secado, observándose en el secado de la sangre semi seca a la temperatura de 55 °C; a diferentes espesores (0,2 cm, 0,5 cm) se presenta costras en la superficie de la muestra lo cual puede causar la desnaturalización de proteínas, generando un pardeamiento de la muestra.

Como conclusión tenemos que la temperatura óptima de operación es de 45 °C y el espesor en las bandejas sea de 0.2 cm, con lo que alcanza un secado en un tiempo óptimo y se obtiene una harina de sangre de mejor aspecto, con pequeñas pérdidas en el momento del secado y con un contenido de proteínas adecuado del 77,91% .

## **ANTECEDENTES**

En muchos países, las empresas que conforman la industria cárnica y, en especial, los mataderos municipales o privados, son una fuente rica en residuos sólidos y líquidos de alto contenido orgánico, clasificándolas dentro del grupo de empresas que presentan una alternativa valiosa de recursos proteínicos para la alimentación animal por intermedio de los desechos comestibles, que en estos lugares se producen. (Wilma F. Gallardo, 1998)

Los residuos de los mataderos están constituidos por: sangre, estiércol, uñas, cascos, patas y restos de pelos y otros desechos.

Las deficiencias en proteínas que afronta el sector pecuario en varios países del mundo han sido y serán motivo de constante preocupación por parte de las autoridades con injerencia en el sector agropecuario. Esta problemática se ha hecho más evidente en aquellos países en vías de desarrollo, los cuales, en un alto porcentaje, no cuentan con las condiciones técnicas para desarrollar planes apropiados en la alimentación animal. El uso adecuado de estos desechos de mataderos, no solamente redundaría en beneficio de la producción pecuaria, sino que también va a contribuir a una mejor protección del ambiente, al evitar que desechos tales como la sangre y el contenido ruminal, sean vertidos a los arroyos y ríos sin ninguna consideración sanitaria previa.

Por tanto, el desechar la sangre sin ningún procesamiento es desperdiciar una fuente de alto nivel proteico. Al desechar la sangre a un tratamiento de efluentes requiere instalaciones, tiempo y sustancias especiales para su degradación o separación, todo esto apunta a un costo que asumen los mataderos y que se puede revertir en beneficio económico para el matadero y beneficio social para la comunidad.

Según el Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles (2010, Julio) se estima que en Bolivia, una planta de tratamiento final de efluentes líquidos tiene un costo anual de operación (mantenimiento, reactivos químicos, electricidad, etc.) que fluctúa entre el 10 y el 15% del monto que se requiere para su instalación. Por esta razón, es recomendable agotar todas las opciones de PML (Producción Más Limpia), incluyendo la valorización de residuos, antes de instalar un sistema de tratamiento final.

La recuperación y separación de los residuos de manera integral en el rastro es esencial, primeramente para valorarlos como un subproducto y poderlos utilizar en otras actividades como la elaboración de harinas y alimentos, compostaje o, incluso, generación de energía. Posteriormente, al separar los residuos se facilita el tratamiento

del agua residual que se debe realizar para cumplir con la normatividad en la materia (NOM-001-ECOL-1996 y NOM-002-ECOL-1996) y con ello también evitar la contaminación de cuerpos de agua que abastecen a la población (Mauricio B. Padilla, 2011).

En la tabla 1, se presenta un resumen de los desechos comestibles de los mataderos con mayor utilización en la alimentación animal. Estos desechos se obtienen, principalmente de los mataderos de vacunos, porcinos, aves y equinos.

**Tabla 1 Desechos comestibles de matadero de mayor utilización en la alimentación animal**

<b>Especie animal</b>	<b>Desecho de matadero</b>
<i>Vacuno</i>	<b>Sangre, Grasa, Huesos Fragmentos tisulares (Desperdicios de matanza) Decomisos Sanitarios Orejas, Cuernos*, Cascos*, Contenido Ruminal* Vísceras abdominales y torácicas</b>
<i>Porcino</i>	<b>Sangre, Grasas, Huesos Fragmentos tisulares (Desperdicios de matanza) Decomisos sanitarios, Cascos*, Pelos*, Vísceras abdominales y torácicas</b>
<i>Aves</i>	<b>Vísceras, Sangre, Plumas*</b>

\* En la actualidad, el uso de estos desechos en la alimentación animal está perdiendo vigencia debido a su bajo valor nutritivo.

**Fuente:** CARUSO, M. (2002)

Las fábricas de productos balanceados para animales utilizan el recurso de la importación de materias primas con el fin de disminuir costos de producción. Las materias primas usadas son aquellos productos obtenidos del procesamiento de subproductos de desecho de origen animal, como la harina de carne, harina de huesos y harina de sangre, etc. Los alimentos balanceados resultantes son usados para la alimentación de diferentes especies de animales, estos son incorporados a las diferentes dietas alimenticias, siguiendo patrones de balanceo previamente definidas por cada empresa productora y obrando de acuerdo con la composición bromatológica de cada producto en especial.

Es así como cada fábrica de alimentos balanceados se especializa en determinadas líneas de producción, compitiendo en el mercado nacional de acuerdo con el balanceo de sus

raciones. Las proteínas animales son ingredientes importantes para alimentos balanceados para un amplio rango de especies animales.

La economía de las industrias exige el aprovechamiento de los subproductos para competir con otras fuentes proteicas de origen vegetal.

**Tabla 2 Comparativa de propiedades de subproductos animales y vegetales**

<b>%</b>	<b>Harina de carne y huesos</b>	<b>Harina de subproductos de pollo</b>	<b>Harina de sangre</b>	<b>Harina de soya</b>	<b>Harina de gluten de maíz</b>
<i>Proteína cruda</i>	50.4	65.0	78.9	48.5	60.0
<i>Grasas</i>	8.6	13.0	1.0	1.0	1.0
<i>Humedad</i>	7.0	7.0	7.0	10.0	12.0
<i>Calcio</i>	10.1	3.0	0.3	0.27	0.16
<i>Fósforo disp.</i>	5.0	1.7	0.25	0.20	0.51
<i>Digestibilidad</i>	91.8	90.0	95.5	90.0	--

**Fuente:** CARUSO, M. (2002)

Tradicionalmente, las proteínas animales han sido fuentes importantes de proteína, otros nutrimentos para cerdos, ganado y aves en Europa, su aceptación en América Latina y Asia ha crecido de manera sustancial (Lorena M., Doris P., 2009, Junio).

En este proyecto se revaloriza tanto la sangre vacuna como porcina para obtener la harina de sangre que contiene proteína al 77,91%. El proceso de recuperación o reciclaje de la sangre como subproducto se lleva a cabo a través de una gran variedad de equipos y procesos en los cuales se produce una transformación física.

Todos los procesos de reciclaje incluyen una aplicación de calor, extracción de la humedad; el tiempo y la temperatura en que se tiene que llevar a cabo este proceso de cocción son importantes ya que al someter a la materia prima a este proceso térmico controlado se le proporciona la inactivación de bacterias, virus, protozoarios y organismos parasitarios; por lo tanto el tiempo y la temperatura son los determinantes primarios de la calidad del producto terminado. Las investigaciones han demostrado que la materia prima derivada del procesamiento de animales para consumo humano tiene una gran cantidad de microorganismos.

El Matadero Frigorífico Municipal de la ciudad de Tarija es una empresa descentralizada de la Honorable Alcaldía Municipal de esta ciudad; está ubicado al sureste de la ciudad, en el barrio Torrecilla sobre el Km 6 de la carretera al Chaco, su funcionamiento comenzó el año 1984 realizando el faeneo de reses y cerdos para la provisión de carne vacuna y porcina para consumo humano.

El matadero cuenta en sus instalaciones con: corrales de ayuno y descanso tanto para ganado vacuno como para porcino, sala de operaciones de faeneo debidamente equipadas, servicios de agua, de energía eléctrica y gas natural, sala de compresores, sala de caldero de vapor, oficinas administrativas, comedor, etc.

Una parte del volumen de sangre vacuna y porcina generada en la actualidad es utilizada para la elaboración de abono orgánico de lombrices mitigando el problema de contaminación ambiental, proliferación de plagas y desbalance ecológico debido a que la sangre, al descomponerse, consume oxígeno provocando contaminación hídrica.

El último dato registrado sobre el número de cabezas de bovinos y porcinos faenados por el Matadero Frigorífico Municipal de Tarija, corresponde a la gestión 2012.

Promedio de cabezas de reses faenadas al mes = 1155 cabezas

Cantidad de sangre de reses faenadas al día= 826.8 Lt.

Promedio de cabezas de cerdos faenados al mes = 1.934 cabezas

Cantidad de sangre de cerdos faenados al día= 308 Lt.

El volumen de sangre de cada animal depende del peso corporal en los bovinos el 7,70% de su peso es sangre, en los porcinos el 3-4 % de su peso es sangre. (Lorena M., Doris P., 2009, Junio)

El consumo de carne aumenta proporcionalmente con el crecimiento de la población de la ciudad de Tarija, pero gran parte de la carne de res es provista por carne faenada en la ciudad de Santa Cruz; siendo la carne de res y porcina cubierta por el Matadero, llegando a incrementar la cantidad de sangre desechada, por tanto obteniendo harina de sangre el matadero, disminuye el contenido de carga orgánica en sus aguas y aporta a mejorar la calidad de alimentación de mascotas y animales de engorde.

La sangre contiene el 80% de agua y el 20% de sólidos, de los cuales, la gran mayoría son proteínas. De manera general, se puede decir que de cada 1000 g de sangre, 185 g son proteínas. Por ello, al secar la sangre hasta con un 8 ó 10% de humedad, el contenido de

proteínas es del orden del 75 – 85%. El contenido de sólidos depende de la especie del animal; por ejemplo, en el porcino es de 21.00% y en ovino es de 18.00%. El pH de sangre cruda es de 7.20 (Lorena M., Doris P., 2009, Junio).

La sangre, al ser transformada en harina, posee un alto coeficiente de digestibilidad siendo del 99%, mientras que la harina de pescado es del 96 – 97%, el de la harina de carne y hueso de 87 a 89%, el de la harina de plumas, 53 – 55% (Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles, 2010, Julio).

La hemoglobina animal deshidratada aporta importantes niveles de hierro hemínico de alta absorción para un rápido crecimiento de animales en desarrollo.

La digestibilidad es algo mayor en el caso de los bovinos, aunque no es recomendable poner este producto en su alimentación debido a que les provoca la Encefalopatía Espongiforme Bovina (EEB), también conocida como la enfermedad de la vaca loca, es una enfermedad neurológica, degenerativa, progresiva, transmisible y mortal del ganado bovino adulto

## **OBJETIVOS**

Los objetivos a cumplir con el siguiente proyecto de investigación son:

### **a) Objetivo General**

- Obtener harina de sangre empleando el proceso de secado a escala laboratorio para el Matadero Frigorífico Municipal de la ciudad de Tarija.

### **b) Objetivos Específicos**

1. Caracterizar mediante análisis físico-químico la sangre que se genera en el proceso de faeneo.
2. Cuantificar la cantidad de sangre que se genera en el proceso de faeneo.
3. Realizar el diseño factorial para la obtención de harina de sangre a escala laboratorio.
4. Describir la metodología y proceso para la obtención de harina de sangre a escala laboratorio.

5. Obtener la cinética de secado de la sangre con datos experimentales del secador del Laboratorio Taller de Alimentos.
6. Analizar y realizar el control de calidad al producto final obtenido en el laboratorio.

## **JUSTIFICACIÓN**

En la gran mayoría de los mataderos del país no se tiene la infraestructura necesaria para aprovechar los residuos orgánicos que se generan a partir del sacrificio de los animales (aves, ganado ovino, bovino, porcino, etc.). Es por esto que los ríos o fuentes superficiales más próximas son vertidos con aguas de alcantarillados municipales sin ningún tipo de tratamiento, entorpeciendo la vida acuática y degradando las corrientes que aguas abajo deben ser tomadas para abastecimiento de otros pueblos. De igual manera, a los suelos se riegan de manera directa los vertimientos provenientes de los mataderos ya sean trozos de carne, rumen o sangre, ocasionando contaminación de los suelos, de las aguas subterráneas y de las mismas fuentes superficiales donde se descargan.

### **Justificación Técnica:**

En la actualidad no se realiza ningún tipo de proceso de secado de sangre generada del faeneo de ganado en el Matadero Frigorífico Municipal de la ciudad de Tarija. Por lo tanto, es necesario desarrollar nuevas tecnologías y alternativas que permitan realizar el secado de la sangre en condiciones controladas para su posterior aplicación en alimento balanceado o abono. El presente trabajo de investigación plantea emplear un proceso de cocción previo al proceso de secado en el secador de bandejas para trabajar a temperaturas de operación adecuadas, obtener tiempos de secado óptimos y un producto de calidad.

### **Justificación Económica:**

Es importante remarcar que la harina de sangre contiene un 80% en proteínas y por tanto es muy rica en uno de los aminoácidos más importantes para el desarrollo humano y animal, la lisina. Por esta razón, al revalorizar la sangre vacuna y porcina, a treves del proceso de secado obtenemos harina de sangre que se comercializa como alimento balanceado de mascotas y animales de engorde, también como abono favoreciendo al crecimiento de las plantas y aumentando las defensas contra las plagas; de esta manera,

se generarán ingresos económicos adicionales para la empresa y reduciremos la cantidad de carga orgánica en sus aguas disminuyendo el costo del sistema de tratamiento de las aguas finales.

### **Justificación Ambiental:**

Debido a las características del proceso y operación, el Matadero Frigorífico Municipal de la ciudad de Tarija tiene como principal problema el elevado nivel de carga orgánica y el volumen considerable de su efluente de descarga, que es desechado, sin previo tratamiento, a la quebrada del Toro que luego, a pocos metros, llega al río Guadalquivir provocando una contaminación hídrica y de suelos.

El presente trabajo toma en cuenta los principios y exigencias de la Ley 1333 del Medio Ambiente y sus Reglamentos. La Ley, en su Art. 1 que dice: “La presente Ley tiene por objeto la protección y conservación del medio ambiente y los recursos naturales regulando las acciones del hombre con relación a la naturaleza y promoviendo el desarrollo sostenible con la finalidad de mejorar la calidad de vida de la población”. En su Art. 37 dice: “Constituye prioridad nacional la planificación, protección y conservación de las aguas en todos sus estados y el manejo integral y control de las cuencas donde nacen o se encuentran las mismas” (Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, 1992, Abril).

Al procesar la sangre vacuna y porcina se llega a disminuir la carga orgánica y el volumen del efluente de descarga, cuyo impacto ambiental negativo será también menor, para el suelo, la ecología y las aguas del río Guadalquivir

### **Justificación Social:**

Este trabajo de investigación contribuirá al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes que colindan con el Matadero Frigorífico Municipal, una mejor conservación de nuestras fuentes hídricas y generar ingresos para el Matadero Frigorífico Municipal debido a que la harina de sangre aporta a mejorar la calidad alimenticia de los animales y ayuda a que la agricultura aumente sin que sufra daños en su rendimiento.

Además, los resultados de la investigación constituirán un aporte técnico y científico para las futuras investigaciones buscando alternativas de aprovechamiento de los residuos de Mataderos.

### **Justificación Personal:**

El presente trabajo de investigación, representa el deseo de aportar dando una alternativa de aprovechamiento de la sangre para reducir la contaminación de los ríos de nuestra ciudad de Tarija y además obteniendo un producto con alto contenido en proteínas.

## CAPÍTULO I

### MARCO TEÓRICO

Dentro del planteamiento de esta alternativa se hará énfasis en el aprovechamiento de la sangre generada a lo largo del proceso de elaboración de la carne con el fin de obtener un subproducto con un valor agregado y, a su vez, evitar el impacto ambiental generado por este tipo de residuos cuando no se los aprovecha y, por el contrario, se dispone de ellos a través de las aguas residuales y los rellenos sanitarios en el mejor de los casos.

#### 1.1.MATERIA PRIMA

La sangre está constituida por elementos sólidos, eritrocitos o glóbulos rojos, leucocitos o glóbulos blancos y por trombocitos o plaquetas; elementos que se encuentran suspendidos en un medio líquido llamado plasma sanguíneo.

##### 1.1.1. COMPOSICIÓN DE LA SANGRE

La sangre de distintos animales se utiliza en la producción de harina de sangre, empleada en la fabricación de concentrados para animales, aportando minerales y proteínas. Aunque el trabajo de investigación se relaciona con la sangre bovina y porcina, en la tabla I-1 se presentan los componentes de otras especies.

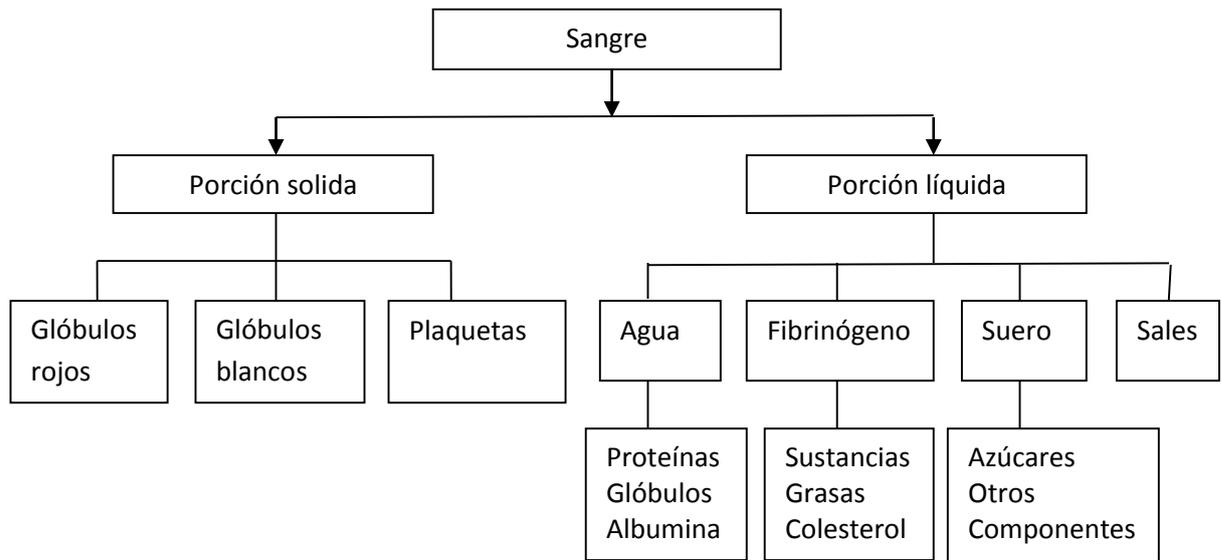
**Tabla I - 1 Componentes importantes de la sangre**

Componentes	Vacuno	Ovino	Porcino
Agua (g/100ml)	85	87	83
Calcio (mEq/L)	5,4	5,7	5,5 - 5,7*
Magnesio (mEq/L)	2.3	1 / 1.9	-
Fosfato(mEq/L) (Inorgánico)	5.6 – 6.5*	6.9	9.6
Proteínas Totales (g/100 ml)	6.9*	5.7	8.7
Albumina (g/100 ml)	3.1*	3.1	3.8
Globulina (g/ 100ml)	3.8*	2.3	4.9
Hemoglobina (g/ 100ml)	11.1	13.3	14
Fibrinógeno (g/ 100ml)	0.72	0.36	-
Colesterol (g/ 100ml)	0.11	0.16	-

**Fuente:** Silva Larrotta y Choconta, 2007, \*Valores para el suero.

En la figura I-1 se observan los principales componentes de la sangre y su fraccionamiento, el cual sirve de ayuda para determinar su posible utilización (Gustavo A. Guerrero, 2010, Julio).

**Figura 1- 1 Composición general de la sangre entera**



## 1.1.2. PROPIEDADES FISICAS DE LA SANGRE

### 1.1.2.1. Densidad de la sangre

Por su alto contenido de agua presenta una densidad muy similar a este líquido. En la tabla I-2 se presenta la densidad de la sangre para diversos animales (Lorena M., Doris P., 2009, Junio).

**Tabla I - 2 Densidad de la sangre**

Especie	Componente	Densidad (kg/dm <sup>3</sup> )
<b>Vacuno</b>	Sangre entera	1.052
	Glóbulos rojos	1.084
	Plasma	1.029
<b>Ovino</b>	Sangre entera	1.051
	Glóbulos rojos	1.098
	Plasma	1.028
<b>Caprino</b>	Sangre entera	1.042
	Plasma	1.022
<b>Porción</b>	Sangre entera	1.046
	Plasma	1.022
<b>Aves de Corral</b>	Sangre entera	1.056
	Plasma	1.019

**Fuente:** Silva, Larrotta y Choconta, 2007

<b>Propiedad</b>	<b>Ecuación</b>	<b>Unidades</b>
Calor específico por encima de la congelación	$c_p = \frac{P}{100} + 0.2 \frac{100 - P}{100}$	Kcal / Kg °C
Calor específico por debajo de la congelación	$c_p = \frac{0.5(P)}{100} + 0.2 \frac{(100 - P)}{100}$	Kcal / Kg °C
Calor latente	$c_p = \frac{8(P)}{100}$	Kcal / Kg
Conductividad térmica por encima de la congelación	$K = \frac{2.1(P)}{100} + 0.2 \frac{(100 - P)}{100}$	Kcal / mh°C
Conductividad térmica por debajo de la congelación	$K = \frac{0.8(P)}{100} + 0.2 \frac{(100 - P)}{100}$	Kcal / mh°C

### **1.1.2.2. Calor específico y conductividad térmica**

Los calores específicos, latentes de congelación y conductividades térmicas de los alimentos, se pueden calcular si se conoce su porcentaje de agua. En la tabla I-3, se muestran las ecuaciones para el cálculo de calor específico y conductividad térmica de subproductos cárnicos (Lorena M., Doris P., 2009, Junio).

**Tabla I - 3 Calor específico y conductividad térmica de subproductos cárnicos**

**Fuente:** Silva Larrotta y Choconta, 2007

### **1.1.3. CONTENIDO DE SANGRE POR ANIMAL**

De acuerdo al peso corporal de los bovinos, el 7,70% de su peso es sangre; sin embargo, a lo largo del proceso, durante el sangrado y escurrimiento, puede separarse tan solo un 40% de la sangre que contiene el animal en vida, y con el proceso de eviscerado, se puede obtener hasta un 60% de la sangre. Así, quedaría un 40% de sangre retenida: 20-25 % en las vísceras y 15-20 % en los músculos, grasa, huesos, carne (Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles, 2010, Julio).

En la siguiente tabla se muestra los pesos más comunes en kilogramos al momento del faeneo y los porcentajes aproximados de cantidad de sangre obtenible y la cantidad estimada de sangre escurrida por animal.

**Tabla I - 4 Pesos más comunes al momento del faeneo, contenido de sangre y cantidad estimada de sangre escurrida por animal.**

<b>Animal</b>	<b>Peso aproximado del animal (kg)</b>	<b>Contenido de sangre respecto al peso vivo (%)</b>	<b>Cantidad estimada de sangre escurrida (kg)</b>
Bovino	450	3,0 – 4,0	13,5 – 18
Ternero	200	5,0 – 6,0	10 – 12
Porcino	90	3,0 – 4,0	2,70 – 3,60

Ovino	35 – 60	4,0 – 4,50	1,40 – 2,70
Cordero	10 – 25	3,50 – 4,0	0,40 – 1,0
Aves	4,0 – 10	10	0,40 – 1,0

**Fuente:** Escuela Politécnica Nacional de Quito, 2010

En el proceso de abate, cuando se aturde al animal, se aumenta la presión sanguínea que va acompañada por un aumento transitorio de los latidos cardiacos, lo que facilita el desangrado, pero si se demora demasiado tiempo entre la insensibilización y el sangrado, pueden presentarse hemorragias musculares, y puede disminuir la cantidad de sangre obtenida por animal.

#### 1.1.4. NÚMERO DE ANIMALES FAENADOS

En las siguientes tablas se muestran las cantidades de reses y cerdos faenadas en el Matadero Frigorífico Municipal de la ciudad de Tarija, desde el año 2006 al 2012

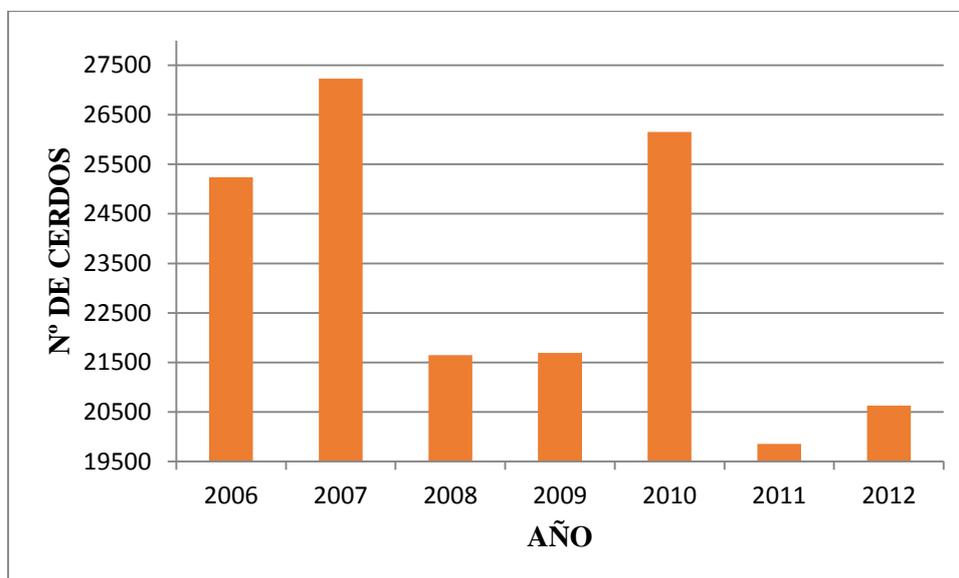
**Tabla I - 5 Número de Cerdos Faenados en el Matadero Municipal.  
Gestión 2006-2012**

Mes / Año	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Enero	1.288	1.956	1.844	1.685	1.650	1.752	1.820
Febrero	1.746	2.258	1.393	1.662	1.963	1.579	1.622
Marzo	1.763	2.096	1.549	1.500	2.001	1.820	1.783
Abril	1.730	1.941	1.888	1.645	2.004	1.170	1.444
Mayo	1.548	2.140	1.863	1.133	1.624	1.622	1.464
Junio	1.923	2.206	1.380	1.287	1.829	1.458	1.326
Julio	1.982	2.329	1.770	1.738	2.495	1.701	1.909
Agosto	2.159	2.609	1.561	1.748	1.615	1.481	1.244
Septiembre	2.624	2.614	1.645	1.923	2.750	1.695	1.813
Octubre	2.345	2.142	1.997	2.620	2.851	2099	2494
Noviembre	2.556	2.217	1.354	2.014	2.105	1566	1506

<b>Diciembre</b>	3.571	2.725	3.401	2.739	3.266	1908	2200
<b>TOTAL</b>	25.235	27.233	21.645	21.694	26.153	19851	20.625

Fuente: Matadero Municipal, (2006-2012)

**Gráfica I - 1 Cerdos Faenados en el Matadero Municipal**



Fuente: Elaboración Propia

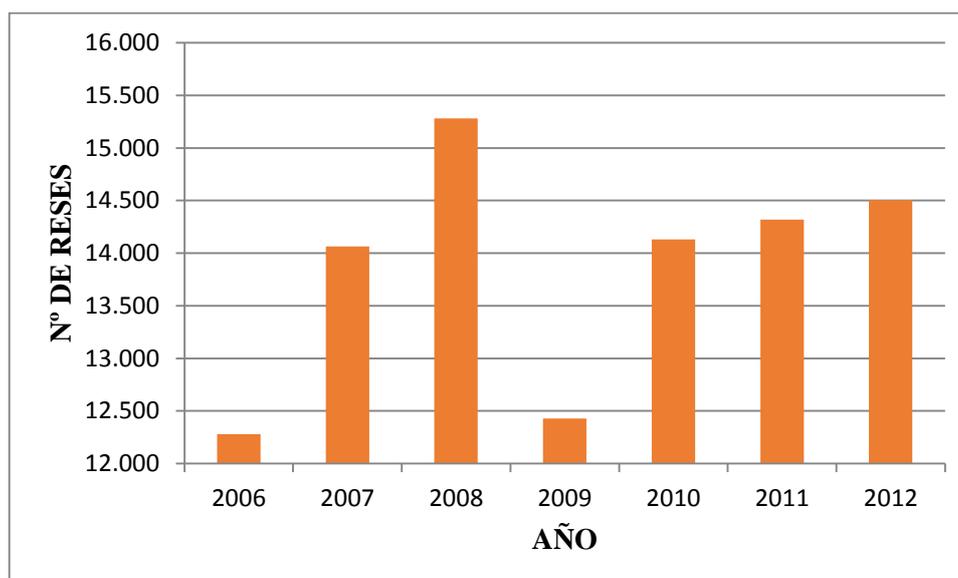
**Tabla I - 6 Número de Reses Faenadas en el Matadero Municipal.**

**Gestión 2006-2012**

Mes / Año	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
<b>Enero</b>	853	940	1.203	845	908	888	912
<b>Febrero</b>	713	1.090	1.113	849	876	1.010	1.000
<b>Marzo</b>	944	1.210	1.295	1.078	1.100	1.162	1.186
<b>Abril</b>	948	1.151	1.487	1.018	1.195	1.075	1.175
<b>Mayo</b>	1.113	1.146	1.347	1.059	1.175	1.360	1.303
<b>Junio</b>	1.112	1.263	1.372	1.253	1.300	1.380	1.413
<b>Julio</b>	968	1.217	1.520	1.189	1.425	1.445	1.562
<b>Agosto</b>	1.200	1.221	1.313	1.152	1.450	1.345	1.405
<b>Septiembre</b>	1.180	1.245	1.396	1.079	1.200	1.293	1.243
<b>Octubre</b>	1.363	1.245	1.259	1.108	1.225	1.186	1.121
<b>Noviembre</b>	906	1.154	1.020	915	1.132	1.113	1.126
<b>Diciembre</b>	980	1.181	956	884	1.145	1.062	1.058
<b>TOTAL</b>	12.280	14.063	15.281	12.429	14.131	14.319	14.504

Fuente: Matadero Municipal, (2006-2012)

**Gráfica I - 2 Reses Faenadas en el Matadero Municipal**



**Fuente:** Elaboración Propia

Mediante la información obtenida en las tablas **I-5** y **I-6** la cantidad de sangre de reses al día es de **826.8 Lt.** y la cantidad de sangre de cerdos al día es de **308 Lt.** Como se observa, la cantidad de sangre de cerdo es menor pero de igual manera significativa para la contaminación de la quebrada del Toro que desemboca al río Guadalquivir, siendo por tanto, una cantidad importante para recuperarla para la obtención de Harina de Sangre.

## **1.2.DESCRIPCIÓN DE LA HARINA DE SANGRE**

La harina de sangre se puede definir como el producto obtenido por deshidratación de la sangre de los animales de sangre caliente certificados. El producto debe encontrarse prácticamente exento de materias extrañas (Gustavo A. Guerrero, 2010, Julio).

La harina de sangre es muy rica en lisina, uno de los aminoácidos más importantes para el desarrollo humano y animal. Este aminoácido suele ser un factor limitante en el crecimiento de muchos seres vivos, y su contenido en los cereales (que constituyen el grueso de alimentación del ganado) es bajo. Por ello, suplementar la dieta del animal, con un pequeño porcentaje de harina de sangre es interesante desde el punto de vista del valor nutritivo agregado.

Los aminoácidos esenciales presentes en este producto son comúnmente usados para la elaboración de alimento balanceado para animales; en la siguiente tabla se muestra que la harina de sangre posee mayor contenido de lisina, leucina y valina respecto a los otros.

Se puede observar la cantidad de lisina que contiene la harina de sangre en comparación a otros tipos de harinas.

**Tabla I - 7 Aminoácidos esenciales presentes en varios productos (gramos/16 gramos de N2)**

Producto/Aminoácido	Triptófano	Metionina	Lisina	Leucina	Isoleucina	Valina	Treonina	Ácido Glutámico	Tirosina	Cistina
Harina de sangre	0,40	0,80	9,25	13,75	1,40	9,70	3,70	10,0	3,20	0,95
Harina de carne y Hueso	0,90	1,30	5,10	6,10	2,80	4,50	3,50	13,50	2,50	0,70
Harina de carne	1,45	2,25	8,50	8,25	4,50	4,90	4,00	12,75	2,40	0,55
Harina de pescado	1,20	2,80	7,90	7,95	4,80	5,75	5,00	14,90	3,10	1,00
Harina de plumas	-	0,70	1,95	8,55	4,85	7,70	5,20	11,60	2,10	6,10
Huevos	1,50	3,00	6,65	8,90	5,75	7,55	5,10	14,70	3,60	2,30
Cebada	-	1,80	3,30	6,60	3,40	6,60	3,20	23,50	2,80	2,60
Maíz	-	2,50	3,10	12,30	3,55	5,30	3,80	20,00	4,30	2,20

**Fuente:** Escuela Politécnica Nacional de Quito, 2010

La sangre se compone de un 80% de agua y un 20% de sólidos de los cuales la gran mayoría son proteínas. Como término medio podemos decir que de cada 1000gr de sangre 185 son de proteínas. Por ello, se debe secar la sangre hasta dejarla con un 8-10% de humedad, resultando con un contenido en proteínas del orden del 75-86%

En la tabla I-8 se dan datos comparativos sobre algunas especificaciones de diferentes variedades de harinas de origen animal, específicamente de subproductos de aves y cerdos, resultado del estudio de otro autor.

**Tabla I - 8 Especificaciones de harinas de origen animal**

	<b>Harina de sangre</b>	<b>Harina de plumas</b>	<b>Harina de vísceras aves (GLF<sup>1</sup>)</b>	
<b>Composición</b>	GLF <sup>1</sup>	GLF <sup>1</sup>	Bajo contenido de grasa	Alto contenido de grasa
<b>Humedad (máx. %)</b>	10	11	10	10
<b>Proteína (máx.%)</b>	80	80	60	56
<b>Dig. Prot. (min %)</b>	90	70	80	80
<b>Grasa (máx. %)</b>			< 12	>12
<b>Cenizas (máx.)</b>	4.5	3.4	3.3	3.3
<b>NaCl</b>			2	2
<b>Salmonella/Cl</b>	Ausencia			

Niveles permitidos por: <sup>1</sup> “German Feedstuff Legislation” Legislación alemana para piensos de origen animal, 1994.

**Fuente:** Gonzales, J.2006

### 1.2.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA HARINA DE SANGRE

La harina de sangre en base seca tiene un porcentaje elevado de proteína; como se puede observar en la siguiente tabla, su composición da grandes aportes a la alimentación de los animales.

**Tabla I - 9 Composición química de la harina de sangre vacuna.**

<b>ITEM</b>	<b>% EN BASE SECA</b>	
	<b>Escuela Politécnica Nacional de Quito</b>	<b>Proyecto de Investigación UMSA Ing. Mario Salinas</b>
<b>HUMEDAD</b>	8	7.4
<b>PROTEINA</b>	80.8	85
<b>FIBRA</b>	1.7	-
<b>GRASA</b>	0.4	2.8
<b>CENIZA</b>	4.0	4.6
<b>CALCIO</b>	0.3	-
<b>FÓSFORO</b>	0.2	-

**Fuente:** Escuela Politécnica Nacional de Quito, 2010.  
Ing. Mario Salinas UMSA 2004

### **1.2.2. DIGESTIBILIDAD DE LA HARINA DE SANGRE**

Según Gustavo A. Guerrero (2010) la digestibilidad es una forma de medir el aprovechamiento de un alimento, es decir, la facilidad con que es convertido en el aparato digestivo en sustancias útiles para la nutrición. Comprende dos procesos, la digestión que corresponde a la hidrólisis de las moléculas complejas de los alimentos, y la absorción de pequeñas moléculas (aminoácidos, ácidos grasos) en el intestino.

La digestibilidad constituye un indicador de la calidad de la materia prima que a veces varía notablemente de una especie a otra; a priori, se deberían esperar valores muy distintos en las especies carnívoras, herbívoras u omnívoras.

Una ventaja que tiene la harina de sangre es su alto coeficiente de digestibilidad, 99.00% comparado con otras harinas, como se muestra en la tabla I-10.

**Tabla I - 10 Coeficiente de digestibilidad de varias harinas de origen animal**

<b>Substancia</b>	<b>Coeficiente de digestibilidad</b>
Harina de sangre	0.99
Harina de pescado	0.96 – 0.97
Harina de carne y huesos	0.87 – 0.89
Harina de plumas	0.53 – 0.55

**Fuente:** Escuela Politécnica Nacional de Quito, 2010

Estos resultados de la harina de sangre hacen que sea un alimento muy requerido para la elaboración de alimentos balanceados de animales aunque el coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) de la proteína de la harina de sangre parece ser altamente dependiente del método usado en el secado. Los productos de sangre secados por aspersion son altamente digestibles, mientras que las harinas secadas con placa rotatoria, tubo al vapor y en anillo, parecen tener un CDA mucho más bajo para la proteína y energía (Gustavo A. Guerrero, 2010, Julio). Las diferentes técnicas de secado pueden imponer diferentes grados de daño térmico, un factor que previamente ha mostrado tener un efecto muy significativo sobre la digestibilidad de la harina de sangre.

### **1.3.CONTROL DE CALIDAD**

Para este fin, se debe planificar un muestreo adecuado que permita tener la certeza de la representatividad de la harina de sangre a analizar, por lo que las muestras deben ser lo más homogéneas posible, para que los estudios de laboratorio resultantes sean precisos y confiables. El método de homogenización depende del tipo de producto a analizar. Se dispone de varios aparatos electromecánicos para reducir el tamaño de partículas de los alimentos y mezclar íntimamente los productos alimentarios tales como: los picadores de carne, ralladores, mezcladores, homogeneizadores para alimentos secos, húmedos o mojados y molinos para polvos.

### **1.3.1. ANÁLISIS DE CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS**

- a. **Color:** La muestra proveniente del secado debe ser de una tonalidad pardo/rojo intenso. El color muy oscuro denota exceso de temperatura y por consiguiente desnaturalización de proteína.
- b. **Olor:** La muestra debe tener fuerte olor, característico del producto. La presencia de olor rancio indica la separación de ácidos grasos libres

Este análisis sensorial de la harina de sangre es un instrumento eficaz para el control de calidad y aceptabilidad del alimento, ya que cuando el alimento se quiere comercializar, debe cumplir los requisitos mínimos de higiene, inocuidad y calidad del producto, para que éste sea aceptado por el consumidor.

El tamaño y cantidad de la muestra para realizar el análisis debe ser suficiente como para que se pueda realizar la evaluación.

### **1.3.2. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO**

Los análisis físico-químicos que se deben efectuar son:

- a. **Proteínas:** Constituye la base de comercialización. Se expresa como PB (Proteína Bruta). Lo más importante es realizar un análisis de aminoácidos y en el caso de lisina determinar lisina disponible, pero debe tenerse en cuenta que estos análisis son costosos y complejos.

- b. **Grasa:** El contenido de grasa aumenta el valor energético del producto, pero como generalmente no van estabilizados, se oxidan fácilmente, pierden palatabilidad, aumentan la rancidez y dan origen a peróxidos que destruyen las vitaminas liposolubles. Por ello, que un exceso de grasa más del 12% debe desecharse, sobre todo en verano
- c. **Cenizas Totales:** Indica la riqueza en minerales que contiene el producto. Como determinación complementaria es útil conocer la cantidad de cenizas insolubles en ácido clorhídrico (arena). Como es de suponer, cuanto más bajo es el porcentaje de proteínas, más alto es el contenido de cenizas.
- d. **Humedad:** Un producto demasiado húmedo puede alterarse fácilmente y dar origen a la proliferación de bacterias y mohos peligrosos para la salud animal. Por el contrario, un producto demasiado seco puede ser indicio de un calentamiento excesivo y eventualmente tener parte de sus proteínas desnaturalizadas. Los límites de tolerancia son para todos los tipos de 6 al 9% respecto al peso seco.
- e. **Determinación Complementaria:**

**Acidez:** Expresada como ácido láctico.

**Digestibilidad:** Comprende dos procesos, la digestión que corresponde a la hidrólisis de las moléculas complejas de los alimentos y la absorción de pequeñas moléculas (aminoácidos, ácidos grasos) en el intestino (Gustavo A. Guerrero, 2010, Julio).

### 1.3.3. ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO

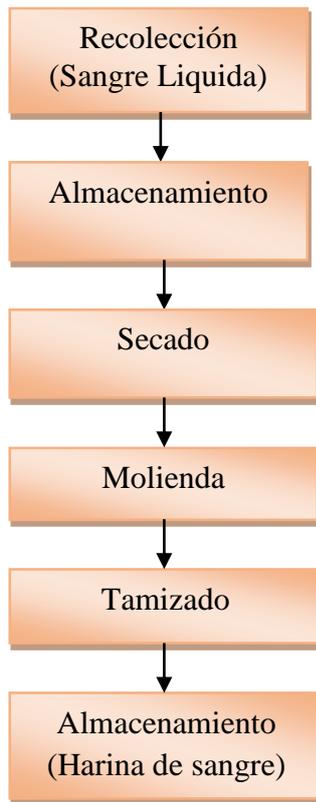
Este análisis está destinado a conocer la carga bacteriana de Coliformes presentes en la harina de sangre para evaluar la posibilidad de contaminación fecal y la consiguiente presencia de salmonellas.

Límites máximos: Carga total: 100.000 gérmenes por gramo

Coliformes: 100 por gramo

## 1.4. PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE HARINA DE SANGRE

**Figura 1- 2 Diagrama de Bloques para la Obtención de Harina de Sangre**



**Fuente:** Elaboración Propia

#### **1.4.1. RECOLECCIÓN.**

El sitio del desarrollo debe ser sobre una estructura adecuada para recoger la mayor cantidad de sangre lo menos contaminada posible evitando el contacto con el agua o trajín de los empleados con ésta. El piso debe ser inclinado lo suficiente para que no haya lugar a alguna coagulación; además de esto, el canal por donde fluya el líquido tiene que ser angosto para aumentar la velocidad del mismo, esto ayuda a protegerlo de la coagulación porque la transferencia de calor hacia el medio será más lenta.

En el proceso de faeneo se debe tener en cuenta que el animal sigue sangrando por lo cual se deben adecuar las instalaciones para que el despiece del animal ocurra en sitios higiénicos donde la sangre pueda ser recogida fácilmente y lo más pura para llevarla junto a la otra y seguir el tratamiento de esta.

Es muy importante darle un tiempo de desangrado al animal; esto tiene tres propósitos interesantes:

- 1) Disminuir el consumo de agua para lavar las vísceras.
- 2) Obtener el máximo volumen de sangre animal.
- 3) Desacelerar el proceso de descomposición de carne en canal.

En mataderos pequeños (con menos del 50 vacunos sacrificados/día), se puede disponer de recipientes pequeños llenados por gravedad y a medida que se llenan sean pasado manualmente a un recipiente grande de proceso. Para mataderos grandes (más de 50 sacrificios animales/día), la recolección se puede hacer por gravedad pero el paso al sitio de proceso debe ser por bombeo neumático (Mauricio B. Padilla, 2007).

#### **1.4.2. ALMACENAMIENTO DE LA SANGRE**

Inmediatamente después de ser recogida la sangre de cada animal, se mezcla con anticoagulante y se almacena en los depósitos de sangre cruda. No es conveniente poner el anticoagulante luego de mucho tiempo porque no se mezcla bien con la sangre.

El citrato trisódico (E-331c), con fórmula química  $\text{Na}(\text{C}_3\text{H}_5\text{O}(\text{COO}))_3$ , es usado básicamente como anticoagulante en la sangre y también como antioxidante y regulador de la acidez.

La proporción de solución de anticoagulante depende de las condiciones climáticas y del uso que se le vaya a dar, pero en la industrias las concentraciones son bajas, próximas a 0.29% (0.01 moles/kg de mezcla) hasta 5,90% (0.20 moles/kg).

Alternativamente se puede remplazar el citrato trisódico por una mezcla de sal común y fosfatos (fosfato trisódico al 8.00%), que contiene un pH mayor a 12, o también se utiliza cal que llega a actuar como un agente antimicrobiano y es mucho más económico (Mauricio B. Padilla, 2007).

La utilización de anticoagulante en el almacenamiento de la sangre es opcional, de acuerdo al tamaño de producción de los mataderos.

#### **1.4.3. PROCESO DE SECADO**

El proceso de secado se realiza para la eliminación de sustancias volátiles (humedad) para producir un producto sólido y seco. Lo que se pretende en este proceso es eliminar el agua de la sangre para obtener un producto en polvo como lo es la harina de sangre. Los parámetros a controlar en el proceso de secado son: la temperatura elevándola hasta

el punto de ebullición de la sangre pero no pasando de 120°C para no dañar las proteínas de la sangre.

#### **1.4.3.1. EQUIPOS PARA REALIZAR EL SECADO DE LA SANGRE.**

##### **1.4.3.1.1. Secador de Bandejas:**

Consiste en una cámara rectangular de chapa metálica que contiene dos carretones para soportar los bastidores. Cada bastidor lleva numerosas bandejas poco profundas, tal vez de forma cuadrada, que se cargan con el material a secar. Entre las bandejas se hace circular aire por medio del ventilador y el motor, pasando sobre los calentadores. Las placas deflectoras distribuyen el aire uniformemente sobre el conjunto de bandejas. Parte de aire húmedo se expulsa de forma continua a través del conducto de descarga, mientras que entra la reposición de aire fresco. Los bastidores van montados sobre las ruedas, de forma que al final del ciclo de secado se pueden retirar de la cámara y descargar el contenido de las bandejas (McCabe, Smith, Harriott, 1991).

##### **1.4.3.1.2. Secado por atomización o “Spray Dryer”**

También llamado secado por aspersión o de rocío, es una técnica de secado directo o por convección que generalmente utiliza el fuego directo producido por medio de quemadores con una alimentación de aire secundario para regular la cantidad del aire. Muy pocos productos son afectados por los gases de la combustión, aunque se han visto degradaciones debido a la alta concentración de sulfuros en el combustible.

Para este proceso se requiere de un pre-secado si la concentración de sólidos es baja (menos de 20.00%), ya que el exceso de agua no permite una correcta atomización del spray dryer y resulta muy costoso evaporar toda esa agua por tal método. Las ventajas del método Spray Dryer son:

- Alto rendimiento, pues el proceso es muy rápido.
- La evaporación del agua contenida, produce un efecto de enfriamiento de las partículas permitiendo usar altas temperaturas de aire de secado sin afectar las cualidades del producto.
- Homogeneidad de la producción.
- Inmejorable presentación del producto
- Un solo operario maneja la instalación.
- Fácil automatización

- Proceso continuo y constantemente controlado; puede trabajar continuamente las 24 horas.

Las desventajas son:

- Alto costo de la maquinaria.
- Todas las impurezas que pasan a la alimentación (de sangre o aire) quedan retenidas en el producto.
- Alto consumo de energía para evaporar el agua, pues el rendimiento térmico es bajo debido a la temperatura relativamente alta del aire de salida.

En las siguientes tablas se muestran resultados de la composición de harina de sangre utilizando un secador spray.

**Tabla I - 11 Cantidad por animal vacuno. Secado Spray:**

SUBSTANCIA	CANTIDAD DE PRODUCTO
Sangre entera	2,5 Kg. de polvo
Plasma	0,7 Kg. de polvo
Hemoglobina	1,8 Kg. de polvo

**Fuente:** Patricio Martínez Poveda.

**Tabla I - 12 Las temperaturas de secado, Secado Spray:**

SUBSTANCIA	Temperatura de aire de entrada	Temperatura de aire de salida
Sangre entera y/o hemoglobina	TE 350°C	TS 90°C
Plasma	TE 220°C	TS 80°C

**Fuente:** Patricio Martínez Poveda.

**Tabla I - 13 Análisis de Sangre entera, Plasma y Hemoglobina secada por Spray:**

SUBSTANCIA	% Proteínas	% Cenizas	% Humedad
Sangre entera	80 a 82	3 a 4	5 a 8
Plasma	70 a 72	8 a 10	5 a 6
Hemoglobina	90 a 92	2 a 6	6 a 7

**Fuente:** Patricio Martínez Poveda.

#### 1.4.3.1.3. Liofilización:

La liofilización es un método de desecación en el que se elimina el agua por congelación del producto húmedo y posterior sublimación del hielo en condiciones de vacío. Al suministrar calor el hielo sublima y se evita el paso por la fase líquida.

El proceso de secado como tal puede ocurrir o no a bajas presiones pero en tales condiciones es mucho más eficiente el proceso difusivo. El paso de hielo a vapor requiere gran cantidad de energía que suministrada en alto vacío pues la interfase de secado se mueve hacia el interior de la muestra y el calor tiene que atravesar capas congeladas (sistemas liofilizados en bandeja, sin granular) o secas (en granulados), generándose un considerable riesgo de fusión del material intersticial o quemar la superficie del producto que ya está seco.

Cuando se realiza el secado mediante la liofilización se distinguen tres fases o etapas que se esquematizan en la figura I-2.

**Gráfica I - 3 Etapas del Proceso de Liofilización**



Cuando el proceso de liofilización comienza en el calentamiento empieza a formarse un frente de sublimación o interfase entre la capa seca y la capa congelada de la muestra el cual avanza progresivamente, y para un determinado instante, a una temperatura de interfase ( $T_S$ ) le corresponde una determinada Presión de saturación ( $P_i$ ).

La transferencia de masa ocurre por la migración de vapores a través de la capa seca de la muestra bajo la acción de una diferencia de presión, esta transferencia es alta cuando la diferencia de presión es grande.

Las tres fases que se distinguen son

Fase 1: Llamada etapa conductiva. Inicialmente, por el calentamiento de la muestra, la velocidad de sublimación crece rápidamente hasta llegar a un máximo. El tiempo para agotar esta fase es relativamente corto; en ella se lleva a cabo la mayor parte de remoción de agua del producto (entre un 75-90%), siendo el mecanismo preponderante la transferencia de calor por conducción.

Fase 2: Primera etapa difusiva. Muestra un descenso importante de la velocidad de sublimación debido a la formación de una capa porosa de material seco que opone resistencia creciente al flujo de calor y al vapor a medida que procede el secado.

Fase 3: Segunda etapa difusiva. La velocidad de sublimación continúa decreciendo de forma que se aproxima a cero. Esto debido a que el calor necesario para retirar el agua ligada es más alto que el calor de sublimación. Puesto que la difusividad de los aromas disminuye sensiblemente cuando la humedad es pequeña es posible en esta etapa incrementar la temperatura de calefacción y del producto hasta valores del orden de 50°C, dependiendo del material que se trate.

La curva de velocidad de sublimación de la figura I-2, indica solo la transferencia de masa. Como en todo proceso de secado, coexisten los fenómenos de transferencia de masa y calor; la curva de transferencia de calor en función del tiempo se obtiene multiplicando la cantidad de agua sublimada por su correspondiente calor de sublimación o desorción.

$$q=G(t)*H_s$$

**q**= Transferencia de calor

**G(t)**= Cantidad de agua sublimada

**H<sub>s</sub>**=Calor de sublimación o desorción

En la transferencia de calor y masa se combinan la acción de la temperatura y los gradientes de presión como fuerzas impulsoras, que deben vencer las resistencias puestas por el espesor de la muestra y sus características físicas. El espesor es importante: mientras este es más delgado hay menor resistencia para que el flujo de calor y masa pase a través de la muestra.

La transferencia de calor se hace por conducción - convección gaseosa y radiación (o una combinación de ambos mecanismos) siendo esta última la preponderante cuando se opera a muy baja presión.

#### **1.4.3.1.4. Secado al vacío:**

Este tipo de técnica se está empezando a ocupar debido a que ha demostrado tener efectos positivos en el secado de partículas. Muchos de estos efectos se deben al uso al vacío en el proceso; uno de los efectos positivos es el hecho de que el riesgo de combustión por

mezcla de oxígeno y un gas inflamable por las altas temperaturas y presión es controlada y disminuido. Uno de los problemas en el secado es que se utilizan temperaturas relativamente altas para secar los alimentos y esto provoca degradación química de los alimentos. Al utilizar vacío el uso de temperaturas excesivas es eliminado ya que la evaporación puede ocurrir a más bajas temperaturas.

#### **1.4.3.1.5. Digestor (Cooker):**

Para que la sangre no sufra descomposición se le añade carbonato de calcio, obteniendo una reducción en la cantidad de humedad que posee la sangre, dándole características antimicrobianas permitiendo mayor duración del producto obtenido; la adición de carbonato de calcio es en un 3 -5 % en 100 kg de sangre.

El equipo se compone de un doble cilindro de acero, el interior de 5/8" y el exterior de 1/2" con tapas esféricas en los dos extremos. Una de las tapas es atornillada y la otra es fija.

En la parte superior, la entrada de la sangre, está construida en forma cilíndrica con tapa herméticamente sellada.

El diámetro de la compuerta de entrada es de 60 cm.

En la parte frontal o sea en la tapa atornillada se ubica la compuerta para expulsión de la harina al terminar el ciclo. En la misma parte, está ubicada la cuchara de muestreo.

El otro extremo, viene acoplado de motoreductor tipo extra pesado de 40 HP.

El eje central, construido en barras de acero SAE-1040 sólido, cuadrado de 5" soportado en ambos extremos en rodamientos sellados. Sobre el eje, en la parte interna, se ubican las paletas formadas en fuertes perfiles de acero que por su construcción especial al rodar a un lado remueven la carga y al cambiar de rotación expulsan la carga por la puerta frontal.

El cooker en toda su extensión cilíndrica viene cubierto con aislante de fibra de vidrio de 2" y lámina galvanizada.

En la parte interior del cooker recibe una trampa de condensado de 1 1/2". Lateralmente se conecta en forma simultánea en tres lugares vapor con tubo de 2".

Por uno de los extremos del eje hueco se realiza la introducción de vapor y la extracción del agua formada en el interior del mismo por la condensación del vapor.

El vapor introducido tiene la finalidad de calentar tanto el eje como los medios agitadores asociados al mismo, siendo estos los que transmiten el calor al subproducto por calefacción indirecta.

Sobre el mismo cooker están montados los siguientes elementos: termómetro, manómetro, válvula de seguridad.

Para la reducción de sus gases, a la salida se ubica un desodorizador que trabaja en contracorriente con agua (Lorena M., Doris P., 2009, Junio).

**Tabla I - 14 Las temperaturas de secado, Secado en Digestor:**

<b>Materia Prima</b>	<b>Temperatura de aire de entrada</b>	<b>Temperatura de aire de salida</b>
Sangre entera y/o hemoglobina	TE 120°C	TS 90°C

**Fuente:** Marco Flores, FRIDOSA (2010)

**Tabla I - 15 Cantidad de harina de sangre por animal vacuno. Secado en Digestor:**

<b>Materia Prima</b>	<b>Cantidad de Harina de Sangre</b>
Sangre entera	1,3 kg de polvo

**Fuente:** Marco Flores, FRIDOSA (2010)

### **1.5. CURVA DE SECADO DE LA HARINA DE SANGRE.-**

Para determinar la curva de secado, se realizan pruebas a una temperatura 55°C y a velocidad máxima permisible de 5,3 (m/s); estos datos son obtenidos de otro autor (Ing. Mario Salinas P., 2004).

Siendo los valores finales para los glóbulos rojos y blancos:

Humedad Inicial= 2.12 Kg de agua / Kg de sólido seco

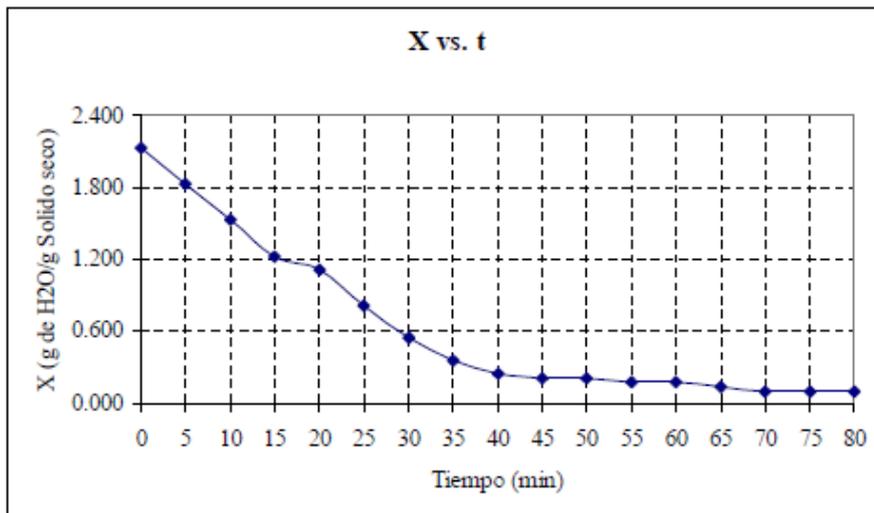
Humedad Crítica= 0.25 Kg de agua / Kg de sólido seco

Humedad Final= 0.08 Kg de agua / Kg de sólido seco

Humedad de Equilibrio= 0.06 Kg de agua / Kg de sólido seco

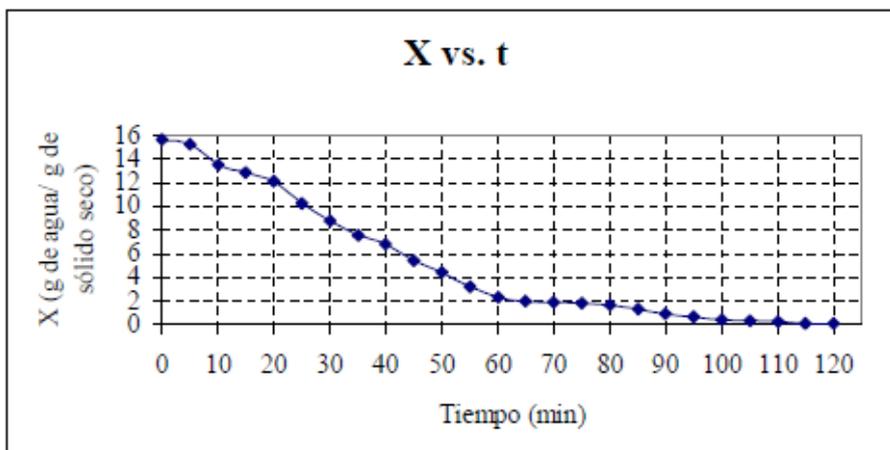
Todas las pruebas que se realizaron para ver la influencia de la temperatura de trabajo en el porcentaje final de proteínas fueron secadas hasta la humedad final de 0.02 Kg de agua / Kg de sólido seco, tal como se muestra en la figura siguiente.

**Gráfica I - 4 Curva de Secado de los Glóbulos Rojos y Blancos**



**Fuente:** Ing. Mario Salinas Pérez (2004).

**Gráfica I - 5 Curva de Secado del Plasma Sanguíneo**



**Fuente:** Ing. Mario Salinas Pérez (2004).

### **Rendimiento de los componentes deshidratado**

Los rendimientos del proceso de secado, se presentan en la siguiente tabla

**Tabla I - 16 Rendimientos del Secado**

<b>Sustancia</b>	<b>Porcentaje * (%)</b>
Glóbulos (Rojos + Blancos)	34
Plasma sanguíneo	7

\*Relación: masa deshidratada / masa centrifugada

## **1.6.MOLIENDA**

Muchos materiales sólidos se presentan con dimensiones demasiado grandes para su uso por lo que se deben reducir. En general, los términos trituración y molienda se usan para denotar la subdivisión de partículas sólidas grandes en partículas más pequeñas.

En la industria de procesamiento de alimentos, gran número de productos alimenticios se somete a una reducción de tamaño. Se usan molinos de rodillos para moler trigo y cebada y obtener harinas, también se usan molinos de martillos para procesar harina de patata, tapioca y otras harinas. El azúcar se pulveriza para la obtención de un producto más fino. Los sólidos se reducen de tamaño mediante diversos métodos. La compresión o trituración se usa para reducir sólidos duros a tamaños más o menos grandes. El impacto produce tamaños gruesos, medianos o finos, el desgaste o frotamiento produce materiales muy finos, el corte se usa para obtener tamaños prefijados (Christie J. Geankoplis, 1998).

### **1.6.1. Equipo para la reducción de tamaño**

#### **1.6.1.1. Molino de Martillo e Impactadores:**

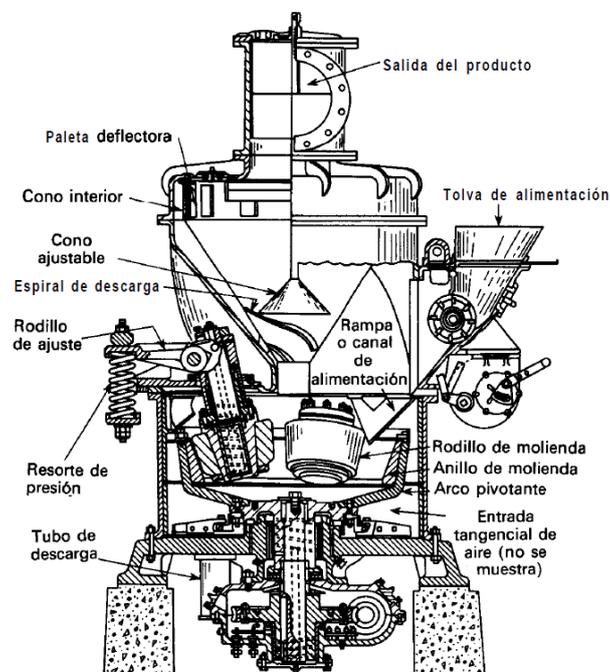
Todos estos molinos contienen un rotor que gira a alta velocidad en el interior de una carcasa cilíndrica. El eje generalmente es horizontal. La alimentación entra por la parte superior de la carcasa, se trocea y cae a través de una abertura situada en el fondo. En un molino de martillos las partículas se rompen por una serie de martillos giratorios acoplados a un disco rotor. Una partícula que entra en la zona de molienda no puede salir sin ser golpeada por los martillos. Se rompe en pedazos, se proyecta contra la placa estacionaria situada dentro de la carcasa rompiéndose todavía en fragmentos más pequeños. Estas a su vez son pulverizadas por los martillos y son impulsadas a través de una rejilla o tamiz que cubre la abertura de descarga (McCabe, Smith, Harrior, 1991).

#### **1.6.1.2. Molino de Rodadura-Compresión:**

En este tipo de molinos las partículas sólidas son captadas y trituradas entre un medio rodante y la superficie de un anillo o carcasa. Los tipos más frecuentes son los pulverizadores de rodadura-anillo, los molinos de rulos y los molinos de rodillos.

En el molino de rodillos que se ilustra en la Figura I-6, los rodillos cilíndricos verticales presionan con gran fuerza hacia afuera frente a un anillo estacionario (McCabe, Smith, Harriot, 1991)

**Figura 1- 3 Molino de Rodillos**



**Fuente:** McCabe, Smith, Harriott, (1991)

### **1.6.1.3. Molino de Martillos:**

Los molinos de martillos se usan para reducir partículas de tamaño intermedio a dimensiones pequeñas o a polvos. Con frecuencia, la alimentación de los molinos de martillos es el producto de trituradores giratorios o de quijadas. En el molino de martillos, un rotor de alta velocidad gira en el interior de una coraza cilíndrica. En el exterior del rotor se acopla una serie de martillos en los puntos de pivote. La alimentación entra por la parte superior de la coraza y las partículas se rompen a medida que caen por el cilindro. El material se rompe por el impacto de los martillos y se pulveriza al pasar por la estrecha

abertura entre los martillos y la coraza. Por último, el polvo pasa por un tamiz o malla en el extremo de descarga.

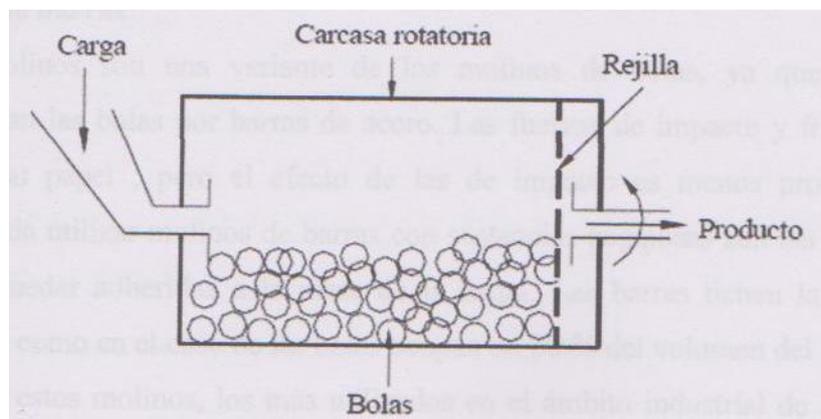
#### 1.6.1.4. Molinos Giratorios:

Los molinos giratorios se usan para reducir materiales a tamaños intermedios y finos. En este tipo de molinos, una coraza cilíndrica o cónica que gira sobre un eje horizontal, se carga con un medio de molienda, como bolas de acero, pedernal o porcelana, o bien cilindros sólidos de acero (Christie J. Geankoplis, 1998).

##### Molino de Bolas

En este tipo de molino, se utilizan a la vez fuerzas de cizalla e impacto para la reducción de tamaño. Este aparato está formado por un cilindro giratorio horizontal que se mueve a pequeña velocidad con cierto número de bolas o piedras duras. A medida que gira el cilindro las piedras se elevan por las paredes del cilindro y caen sobre los productos a triturar que está llenando el espacio libre entre las bolas. Las bolas rebasan a su vez entre sí produciendo el cizallamiento de la materia de partida. Esta combinación de fuerzas de impacto y cizalla produce una reducción de tamaño muy efectiva (Balcazar M. E. y Guamba J P. 2009).

**Figura 1- 4 Molino de Bolas**



**Fuente:** Balcazar M. E. y Guamba J. P. (2009)

**Capacidad y consumo de energía de los molinos de volteo:** La máxima cantidad de energía que se puede suministrar al sólido sometido a molienda se puede calcular a partir de la masa del medio de molienda, la velocidad de rotación y la máxima distancia de caída. En un molino real, la energía utilizada es mucho menor que ésta, mientras que la

energía mecánica total suministrada al molino es mucho mayor. Se requiere energía para hacer girar la carcasa en los cojinetes de soporte. Mucha de la energía suministrada al medio de la molienda es consumida en moler más las partículas que ya son suficientemente finas y en levantar bolas o guijarros que caen y realizan poca o ninguna molienda. Por supuesto que un buen diseño minimiza la cantidad de esta energía consumida. Un análisis teórico completo de las principales variables interrelacionadas es virtualmente imposible y el funcionamiento de los molinos de volteo se predice mejor a partir de simulaciones en ordenador basadas en ensayos de planta piloto. Los molinos de barras producen de 5 a 200 toneladas/h de un producto de 10 mallas; los molinos de bolas producen de 1 a 50 toneladas/h de polvo que tal vez del 70 al 90 por 100 pasa por un tamiz de 200 mallas. El consumo total de energía para un molino de barras típico operando con un material duro es del orden de 5 CV-h/ton (4 KWh/ton); para un molino de bolas es del orden de 20 CV-h/ton (16 KWh/ton). Los molinos tubulares y los compartimentados requieren una potencia algo mayor. A medida que aumenta la finura del producto la capacidad de un determinado molino disminuye y el consumo de energía aumenta.

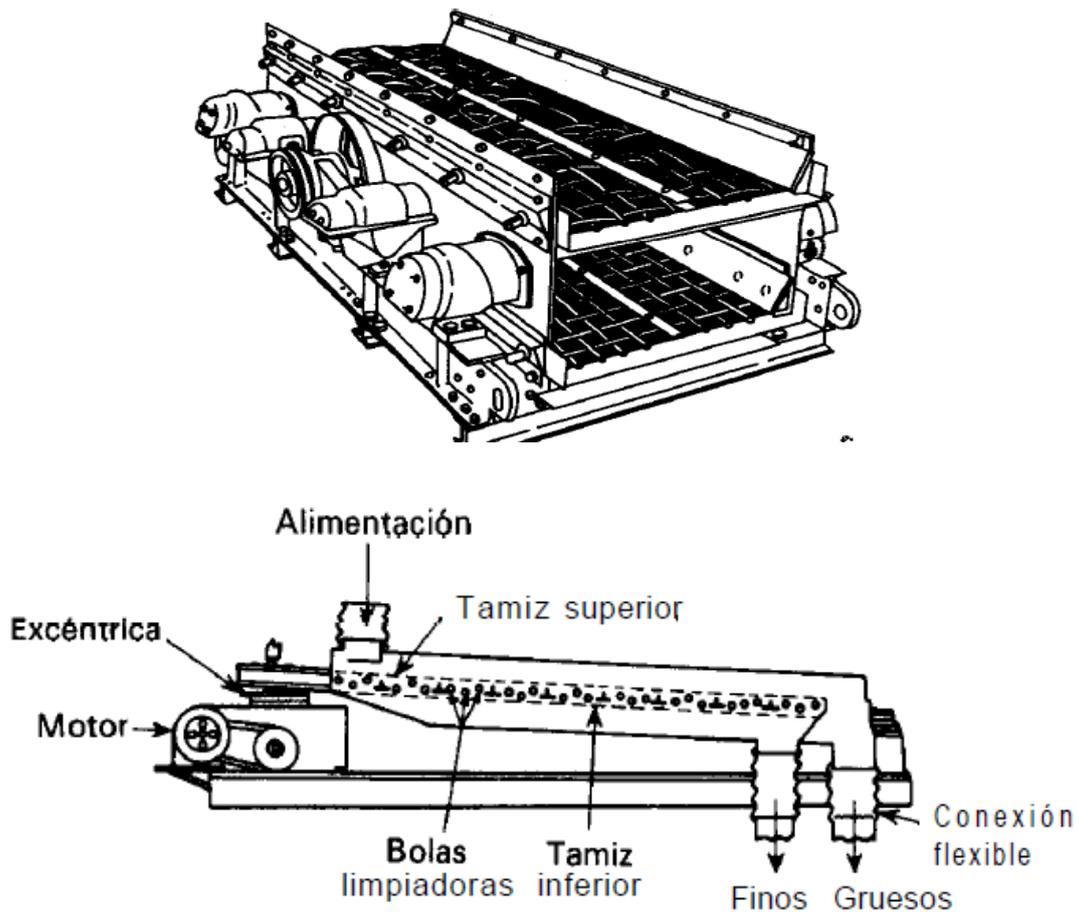
## **1.7. TAMIZADO**

El tamizado es un método de separación de partículas basado exclusivamente en el tamaño de las mismas. En el tamizado industrial los sólidos se sitúan sobre la superficie del tamiz. Los de menor tamaño, o finos, pasan a través del tamiz, mientras que los de mayor tamaño, o *colas*, no pasan. Un solo tamiz puede realizar una separación en dos fracciones. Dichas fracciones se dice que no están dimensionadas, ya que si bien se conocen los límites superior o inferior de los tamaños de partícula de cada una de las fracciones, no se conocen los demás límites de tamaños. El material que se hace pasar a través de una serie de tamices de diferentes tamaños se separa en fracciones clasificadas por tamaños, es decir, fracciones en las que se conocen los tamaños máximo y mínimo de las partículas. Ocasionalmente el tamizado se realiza en húmedo, si bien, lo más frecuente es operar en seco.

### **Tamices Giratorios**

En casi todos los tamices que producen fracciones clasificadas por tamaños, el material grueso es el primero que se separa mientras que el más fino es el último. Esto se ilustra en la Figura I-5 para tamices planos giratorios. Estos aparatos constan de varios tamices, acoplados unos encima de otros, formando una caja o carcasa (McCabe, Smith, Harriott, 1991).

**Figura 1- 5 Tamices Planos Giratorios**



**Fuente:** McCabe, Smith, Harriott, (1991)

### **Tamices Vibratorios**

Los tamices que vibran con rapidez y pequeña amplitud se obstruyen con menos facilidad que los tamices giratorios. Las vibraciones se pueden generar mecánica o eléctricamente. Las vibraciones mecánicas generalmente se transmiten desde excéntricas de alta

velocidad hasta la carcasa de la unidad y desde ésta hasta los tamices inclinados. Las vibraciones eléctricas generadas por grandes solenoides se transmiten a la carcasa o directamente a los tamices.

### **Tamiz Centrífugo**

El tamiz consiste en un cilindro horizontal de tela metálica o de material plástico. Palas helicoidales de alta velocidad dispuestas sobre un eje central impelen los sólidos contra la parte interior del tamiz estacionario, con lo cual las partículas finas pasan a través del tamiz mientras que el rechazo es transportado hasta el lugar de descarga. Los tamices de materiales plásticos se expansionan algo durante la operación y los pequeños cambios que se producen en las aberturas tienden a impedir la obstrucción o cegado. Algunos equipos incluyen cepillos adosados a las palas que colaboran con la acción centrífuga en hacer pasar los sólidos a través del tamiz.

## **1.8. SELECCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE HARINA DE SANGRE**

Para seleccionar la tecnología más factible, se aplica como medio de selección el método de factores de ponderación, calificando los factores: costo, proceso, porcentaje de proteínas, disponibilidad y potencia; para las diferentes alternativas.

**Cuadro 1 - 1 Selección del tipo de tecnología más factible**

<b>ALTERNATIVA</b>	<b>FACTORES DE PONDERACIÓN</b>				
	<b>Costo (\$us)</b>	<b>Proceso</b>	<b>Resultados % Proteínas</b>	<b>Disponibilidad</b>	<b>Potencia (Watts)</b>
<b>Secador de Bandeja</b>	1.400	Simple	89	Inmediata	74,57*
<b>Atomización</b>	15000	Complejo	95	No – disponible	8000

<b>Liofilización</b>	42.700	Complejo	95	No – disponible	6500
<b>Secado al Vacío</b>	7000	Complejo	89	No - disponible	6500
<b>Digestor (cooker)</b>	29.680	Semi - complejo	89	No - disponible	29828

Fuente: \* LTA, [www.http://buga.olx.com.co](http://buga.olx.com.co) (2014)

### Factores de Ponderación

**Tabla I - 17 Ponderación de Costo**

	<b>Ponderación</b>		
<b>Factor</b>	<b>Bajo</b>	<b>Mediano</b>	<b>Alto</b>
<b>Costo</b>	10	7	5

**Tabla I - 18 Ponderación de Proceso**

	<b>Ponderación</b>		
<b>Factor</b>	<b>Simple</b>	<b>Semi - complejo</b>	<b>Complejo</b>
<b>Proceso</b>	10	7	5

**Tabla I - 19 Ponderación de Porcentaje de Proteínas**

	<b>Ponderación</b>		
<b>Factor</b>	<b>Mayor a 90%</b>	<b>Mayor a 80%</b>	<b>Mayor a 70%</b>
<b>Resultados</b>	10	7	5

**Tabla I - 20 Ponderación de Disponibilidad**

	<b>Ponderación</b>	
<b>Factor</b>	<b>Disponible</b>	<b>No - Disponible</b>
<b>Disponibilidad</b>	10	0

**Tabla I - 21 Ponderación de la Potencia del equipo**

	<b>Ponderación</b>		
<b>Factor</b>	<b>Menor a 1000 W</b>	<b>Menor a 10000 W</b>	<b>Menor a 30000 W</b>
<b>Potencia</b>	10	7	5

**Cuadro I - 2 Resultados de Selección (sobre 50)**

ALTERNATIVA	Costo	Proceso	Resultados % Proteínas	Disponibilidad	Potencia (Watts)	Total
<b>Secador de Bandeja</b>	10	10	7	10	10	47
<b>Atomización</b>	5	5	10	0	7	27
<b>Liofilización</b>	5	5	10	0	7	27
<b>Secado al Vacío</b>	7	5	7	0	7	26
<b>Digestor (cooker)</b>	5	7	7	0	5	24

**Fuente:** Elaboración Propia

Mediante la información del cuadro I-1 se generan las tablas I-17, I-18, I-19, I-20 y I-21 que dan como resultados de selección en el cuadro I-2, donde la mejor alternativa es el secador de bandejas con 47 puntos sobre 50.

Como se observa en el cuadro I-2, en los resultados de selección, el factor de ponderación que más influyó en la selección del equipo es la disponibilidad del mismo.

## CAPÍTULO II

### PARTE EXPERIMENTAL

#### 2.1.DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LA MATERIA PRIMA

##### 2.1.1. MATERIA PRIMA PARA LA OBTENCIÓN DE HARINA DE SANGRE

La materia prima a usar en el presente proyecto, son la sangre del ganado bovino y la sangre del ganado porcino que llega al Matadero Frigorífico Municipal de Tarija de los diferentes municipios.

Se realizó un muestreo de sangre vacuna y porcina del matadero municipal para obtener los resultados del análisis de sangre de la siguiente tabla.

Este análisis se llevó a cabo en el Laboratorio de Análisis Químico Clínico “BIOMED” con el fin de obtener un diagnóstico nutritivo de la sangre para la obtención de harina de sangre.

**Tabla II - 1 Composición de la Materia Prima**

<b>COMPONENTES</b>	<b>VACUNOS</b>	<b>PORCINOS</b>
<b>Calcio (mg/dl)</b>	5.0	6.2
<b>Proteínas Totales (g/dl)</b>	7.4	6.3
<b>Albumina (g/dl)</b>	5.1	2.9
<b>Globulina (g/dl)</b>	2.3	3.4
<b>Colesterol (mg/dl)</b>	76.7	33.1

**Fuente:** Elaboración propia. BIOMED (2013).

## 2.2. EQUIPOS

Los equipos que se utilizarán para llevar a cabo la presente investigación se describen a continuación.

### 2.2.1. DIGESTOR ABIERTO

El digestor abierto se utiliza para eliminar un porcentaje de agua contenida en la sangre. El equipo se encuentra en el Laboratorio de Secado de la Carrera de Ingeniería de Alimentos.

Sus especificaciones técnicas se detallan a continuación:

**Modelo:** 2012

**Industria:** Boliviana

**Tensión:** 220 V

**Potencia:** 1 HP

**Capacidad:** 10Lt

### 2.2.2. BALANZA ANALÍTICA

La balanza analítica se utiliza para controlar los pesos de las muestras en el proceso de secado de la harina de sangre. La balanza se encuentra en el Laboratorio de Secado de la Carrera de Ingeniería de Alimentos; sus especificaciones técnicas son:

<b>Industria:</b> Switzerland	
<b>Marca:</b> Metter Toledo	
<b>Capacidad máx.:</b> 1510 g	
<b>Capacidad min:</b> 0.5 g	
e=0.1 g	

### 2.2.3. SECADOR DE BANDEJAS

El secador de bandejas se emplea para secar la cantidad de humedad excedente que tiene la materia prima al salir de la mezcladora y obtener una humedad del 10-12%

Sus especificaciones técnicas se detallan a continuación:

<b>Potencia:</b> 0.1 Hp	
<b>Rango de temperatura:</b> 40-140 °C	
<b>Capacidad:</b> 5 bandejas de 70 x 70 cm <sup>2</sup> = 0.49 m <sup>2</sup>	

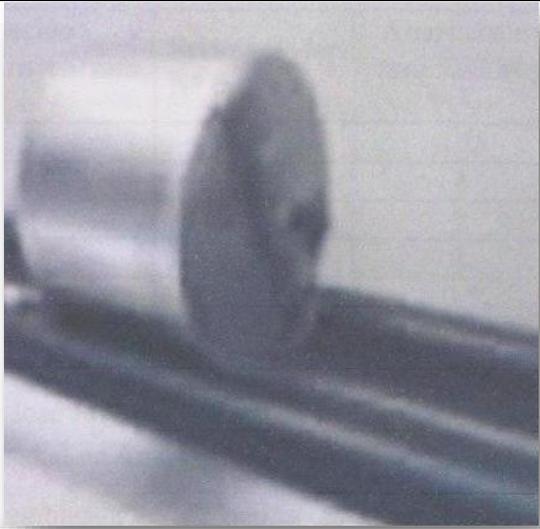
### 2.2.4. MOLINO DE BOLAS

El molino de bolas se utiliza para moler el producto final y obtener un producto homogéneo de harina de sangre.

El molino de bolas consta de dos cilindros de acero macizo recubiertos de material resistente elástico rectificado, idóneo para el empleo de jarros de porcelana, acero inoxidable, plásticos, etc. y una carga de bolas de acero inoxidable para cada cilindro.

El equipo tiene como capacidad de admitir jarros de entre 1 y 15 Lt. en las siguientes cantidades: 1x15 Lt 1x11 Lt 2x5 Lt 3x3 Lt 4x1Lt. El molino de bolas produce fraccionamiento por golpeteo de las bolas contra la muestra al describir una órbita semi-circular por arrastre del jarro por el cilindro motor. El equipo se encuentra en las instalaciones del LOU, perteneciente al departamento de Procesos Industriales de la Facultad de Ciencias y Tecnología.

Sus especificaciones técnicas del equipo se detallan a continuación:

<b>Modelo:</b> 2005	
<b>Marca:</b> ORTO ALRESA	
<b>Industria:</b> España	
<b>Tensión:</b> 230 V trifásico	
<b>RPM:</b> 227	
<b>Potencia:</b> 250 W	
	

### 2.2.5. TAMIZADOR

Se emplea el tamizador para determinar la granulometría de la harina de sangre; la serie de tamices empleada posee mallas de acero inoxidable de 5, 4, 2, 1, 0.5, 0.25 y 0.063 mm y se realizó el tamizado durante un tiempo programado de 30 min, obteniendo un producto más apto para su manipulación y consumo.

Es un equipo que tiene una carcasa exterior que está construida en acero laminado y recubierta de tratamiento de epoxi texturado al horno, lo que permite una buena resistencia a la corrosión. El selector de impulsos permite la forma de tamización, distinguiendo entre impulsos cortos e impulsos rápidos, el tiempo de programación será variable. Este equipo se encuentra en el LOU, perteneciente al departamento de Procesos Industriales de la Facultad Ciencias y Tecnología.

**Tabla II - 2 Equivalencias serie de tamices UNE con ASTM y Tyler**

<b>Designación y apertura en mm UNE</b>	<b>Serie Tyler N° tamiz</b>	<b>Abertura en mm ASTM y Tyler</b>
5	4	4.75
4	5	4
2	9	2
1	16	1
0.5	32	0.5
0.25	60	0.25
0.063	260	0.062

**Fuente:** Márquez José Javier (Universidad de Córdoba, Córdoba). 2006; Universidad de Antofagasta. Facultad de Ingeniería

Sus especificaciones técnicas se detallan a continuación:

<b>Modelo:</b> 2005	
<b>Marca:</b> ORTO ALRESA	
<b>Industria:</b> España	
<b>Potencia:</b> 92 W	
<b>Frecuencia:</b> 50Hz	
<b>RPM:</b> 2500	
<b>Peso aproximado:</b> 17 Kg	
<b>Dimensiones de carcasa:</b> Altura 80 cm Fondo 32 cm Ancho 30 cm	

### 2.2.6. SECADOR INFRARROJO SARTORIUS

El secador de infrarrojo se emplea para medir el porcentaje de humedad presente en el producto obtenido.

El secador infrarrojo dispone de un sistema de balanzas analíticas, posee un sistema de pesaje integrado con una resolución de 0.1 mg. Una cubierta calefactora movible por motor reduce las influencias ambientales mientras se coloca la muestra y se inicia la medición. Este equipo se encuentra en el LOU, perteneciente al departamento de Procesos Industriales de la Facultad Ciencias y Tecnología.

Sus especificaciones técnicas se detallan a continuación:

<b>Modelo:</b> MA 100	
<b>Marca:</b> SARTORIUS	
<b>Industria:</b> Alemana	
<b>Tensión:</b> 200V – 240 V CA	
<b>Capacidad Máxima:</b> 100g	
<b>Exactitud de medición del sistema:</b> 0.1 mg	
<b>Peso aproximado:</b> 8.0 Kg	
<b>Dimensiones de carcasa:</b> Altura 156 mm Profundidad 453 mm Ancho 350 mm	

### 2.2.7. BALANZA ELECTRÓNICA DE HUMEDAD EUROTHERM

Esta se utiliza para pesar la cantidad de humedad de las diferentes muestras de harina, necesarias para ser secadas en el secador de bandejas. Esta balanza cuenta con una pantalla digital nítida y su calibración es automática. Este equipo se encuentra en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, perteneciente al Departamento de Procesos Industriales de la Facultad Ciencias y Tecnología.

Sus especificaciones técnicas se detallan a continuación:

<b>Modelo:</b> 115724	
<b>Marca:</b> EUROTHERM	
<b>Industria:</b> Italiana	
<b>Tensión:</b> 200V – CA	
<b>Capacidad Máxima:</b> 200g	
<b>Precisión:</b> +/- 1 mg	
<b>Peso aproximado:</b> 9.0 Kg	
<b>Dimensiones de carcasa:</b> Altura 34 cm Fondo 33 cm Ancho 31 cm	

### 2.2.8. ENVASADORA AL VACIO

Envasar al vacío tiene por objeto generar una atmósfera libre de oxígeno para retardar la acción de las bacterias y hongos que de forma natural contiene el producto a envasar y para mantener las propiedades organolépticas del producto como color, sabor y aroma.

La envasadora al vacío se encuentra en el Laboratorio Taller de Alimentos (LTA) de la carrera de Ingeniería de Alimentos; sus especificaciones técnicas son:

<b>Marca:</b> ORION	
<b>Frecuencia:</b> 50 Hz	
<b>Potencia:</b> 0.75 KW	
<b>Voltaje:</b> 220 v	
<b>Motor:</b> 1500/2800 rpm	
<b>Amperaje:</b> 6 A	

### 2.2.9. SELLADORA

Es utilizada para sellar herméticamente bolsas de polietileno, polipropileno, PVC, bolsas de embalaje masivo continuo, empleadas comúnmente en industrias de alimentos, químico farmacéuticas, etc.

La selladora electrónica de bolsas utilizada para envasar la harina de sangre se encuentra en instalaciones del Laboratorio Taller de Alimentos (LTA) de la Carrera de Ingeniería de Alimentos; sus especificaciones técnicas son:

<b>Marca:</b> Electrónica 2011	
<b>Potencia:</b> 250W	
<b>Frecuencia:</b> 50Hz	
<b>Amperaje:</b> 5 A	
<b>Tiempo:</b> 0.2 a 1.5 seg.	

### 2.3.MATERIALES

Para la presente investigación se usarán los siguientes materiales:

**Tabla II - 3 Materiales**

<b>Material</b>	<b>Características</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Cantidad</b>
Balde	Plástico	3 Lt.	1
Botellas	Plásticas	2 Lt.	4
Espátula	Aluminio	.....	1
Termómetro	Vidrio	130 °C	1
Guantes	Goma	.....	1

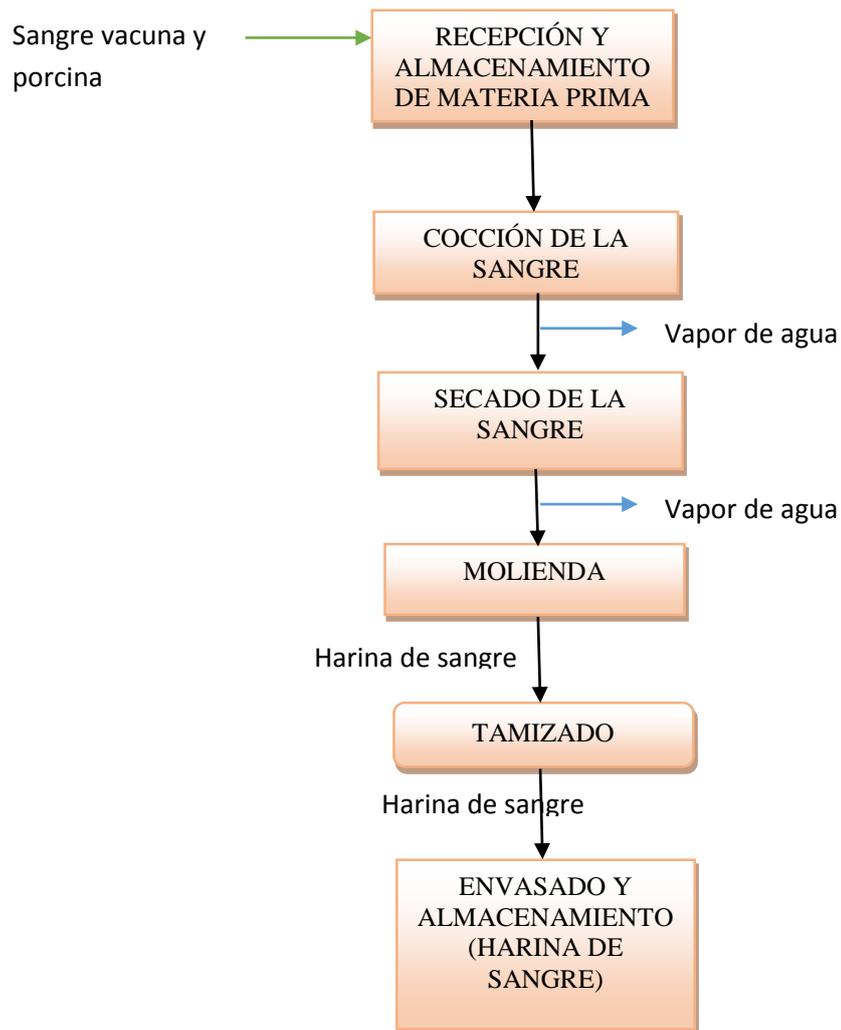
**Fuente:** Elaboración Propia

Los materiales mencionados en la tabla II-3 se usan durante la realización de las pruebas de cada muestra para poder transportar, manipular con mayor facilidad la sangre desde el Matadero Frigorífico Municipal hasta el Laboratorio de Secado de la Carrera de Ingeniería de Alimentos evitando contaminar la materia prima con cualquier residuo existente en el ambiente de trabajo.

## 2.4.DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Para la descripción del proceso del presente trabajo de investigación se muestra el siguiente diagrama de bloques en la figura 2-1

**Figura 2 - 1 PROCESO DE OBTENCIÓN DE HARINA DE SANGRE**



**Fuente:** Elaboración Propia

#### **2.4.1. RECEPCION DE LA SANGRE**

La materia prima que se utiliza para la presente investigación proviene del Matadero Frigorífico Municipal de Tarija como anteriormente mencionamos. Mientras se lleva a cabo el faeneo de las reses y cerdos la sangre que es desechada directamente del animal es recogida en baldes para evitar contaminación de la materia prima a procesar.

#### **2.4.2. COCCION DE LA SANGRE**

Una vez recepcionada se lleva la sangre al Laboratorio de Secado de la Carrera de Ingeniería de Alimentos. Posteriormente, se carga el digestor abierto con la sangre de vaca (2,5 lt) y la sangre de cerdo (2,5 lt) que se recepciona del matadero, se prosigue al encendido del equipo, accionando las paletas giratorias; es muy importante controlar el tiempo y la temperatura de cocción.

La finalidad de este proceso es eliminar determinado porcentaje de agua contenida en la materia prima y la cocción de la sangre.

El grado de cocción y pérdida de agua del producto dependerá de la temperatura y el tiempo de residencia en el digestor abierto, la humedad de la sangre con la que sale del digestor abierto es aún elevada, siendo de 59.36%; por lo que no es una humedad final óptima.

**Tabla II - 4 Datos de Cocción de la Sangre**

<b>Temperatura Inicial (°C)</b>	<b>Temperatura Final (°C)</b>	<b>Cantidad de Muestra Inicial (gr)</b>	<b>Cantidad de Muestra Final (gr)</b>	<b>Tiempo de cocción (hr)</b>
25	92	5000	2252.72	2

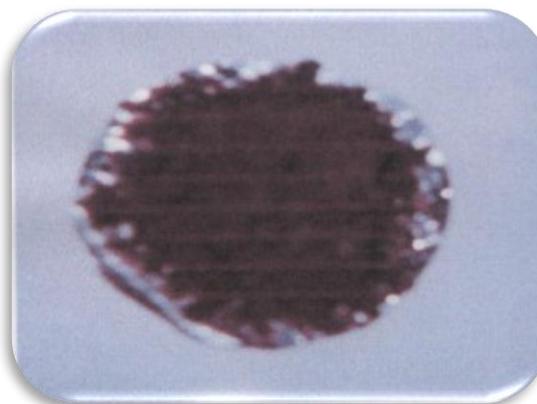
**Fuente:** Elaboración Propia

Como se observa en la tabla II-4, la temperatura máxima a la que llega la sangre durante la cocción es de 92 °C debido a que el 81% es agua por lo que su punto de ebullición es similar al del agua; durante este proceso se observa que el porcentaje en peso que se obtiene de la muestra es el 45.05% de la muestra inicial. El tiempo óptimo de cocción es de 2 hr, debido a que si se deja más tiempo durante la cocción la sangre se adhiere y forma costras al fondo del recipiente dañando las propiedades fisicoquímicas de la materia prima.

**Figura 2 - 2 Cocción de la Sangre**



**Figura 2 - 3 Sangre Semi Seca**



### **2.4.3. SECADO DE LA SANGRE**

Una vez que se concluye con la cocción, se procede a triturar algunos grumos de sangre formados durante la cocción para obtener una muestra homogénea de sangre semi seca e introducir al secador de bandejas. Este secador está provisto de una perilla de control que regula la temperatura para cada muestra de acuerdo al valor asignado a esta variable en el diseño experimental (45 °C o 55 °C); estas temperaturas se las verifica con un termómetro aparte, colocándolo dentro del secador.

El total de sangre obtenida de la cocción se distribuye en dos bandejas grandes de 70x70x5 cm cada una con 1029 g para colocar al secador de bandejas, donde se introduce un flujo de aire caliente con un valor constante de 3 m/s para quitar el exceso de humedad aún existente en la sangre. La humedad final del producto no debe exceder del 10% porque cuando el contenido de humedad es mayor, la sangre se recalienta y coagula, e incluso fermenta durante el almacenamiento; si es muy inferior, la falta de humedad produce una harina de sangre negra, debido a que el color rojo se destruye.

Durante el secado se registra las pérdidas de peso de la harina de sangre; se introduce una pequeña bandeja de 15x15 cm con 128 g de sangre semi seca para realizar las lecturaciones de datos cada 15 minutos. Para cada muestra se fijan las variables

temperatura y espesor de la muestra, de acuerdo al diseño factorial propuesto en este proyecto en la sección 2.6, la velocidad de circulación del aire para el secado se mantiene constante. En el anexo A se observa la pérdida de peso de la harina de sangre durante su secado a las diferentes temperaturas (45°C o 55°C) y espesores (0.2 cm o 0.5 cm) fijados en el diseño factorial.

#### **2.4.4. MOLIENDA DE LA HARINA DE SANGRE**

Después del secado de la sangre, se colocó al molino de bolas 381,16 g de sangre deshidratada durante un tiempo de 60 minutos para obtener una harina de sangre homogénea.

Se introducen las bolas al cilindro en una cantidad no superior a una cuarta parte de su capacidad, añadiendo la sangre deshidratada, se tapa el cilindro y se lo coloca en sentido horizontal encima de los cilindros ya regulados. Al hacer la fuerza de gravedad de las bolas con la sangre deshidratada se lleva a cabo la molienda de la misma, la cual nos da la harina de sangre.

#### **2.4.5. TAMIZADO**

Posteriormente a la molienda de la harina de sangre, se coloca al tamizador para obtener la clasificación de la harina de sangre.

Se utiliza tamices con diferentes aberturas de mallas de 4, 2, 1, 0.5, 0.25 y 0.063 mm para realizar el control granulométrico de la harina. Se programa el tiempo de tamizado a 30 min con una velocidad de 3 rpm. Cumplido el tiempo seleccionado el equipo se detiene automáticamente teniendo la granulometría deseada de la harina de sangre.

En la siguiente tabla se muestra datos promedio de las pruebas realizadas

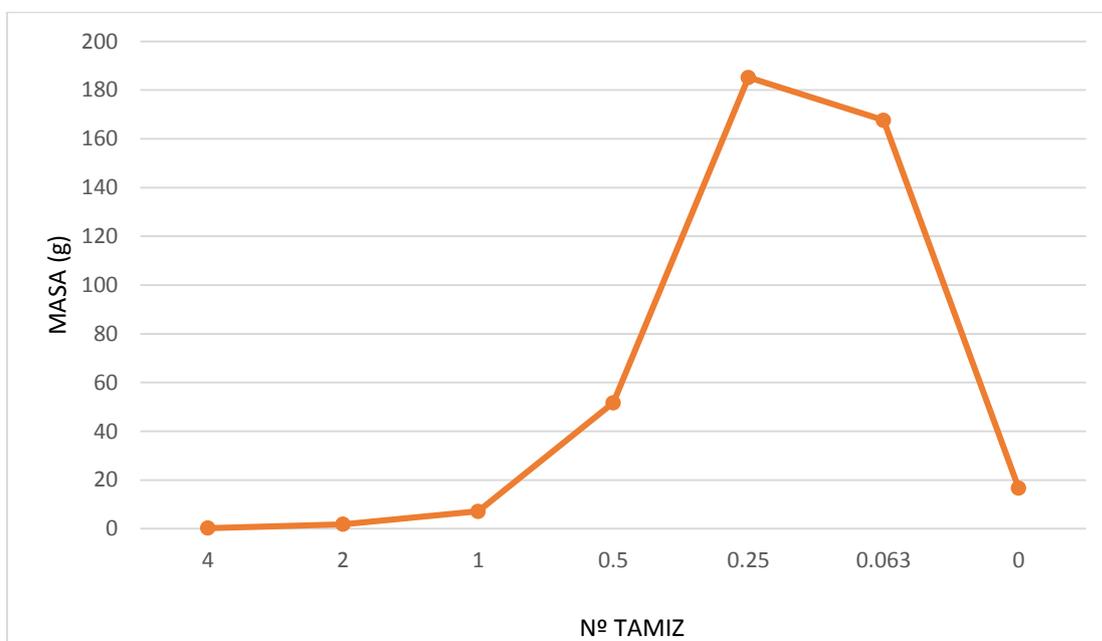
**Tabla II - 5 Pruebas realizadas en el Tamizador**

Nº de Tamiz	Masa (g)
4	0.25
2	1.8
1	7.12
0.5	51.68
0.25	185.2
0.063	167.62
0	16.62

**Fuente:** Elaboración Propia

Como se observa, se obtiene una mayor cantidad de harina de sangre retenida después del tamizado en la malla 0.25 mm.

**Gráfica II - 1 Curva de Tamizado**



**Fuente:** Elaboración Propia

#### **2.4.6. ENVASADO Y ALMACENAMIENTO DE LA HARINA DE SANGRE**

Una vez concluido el proceso de tamizado, se procede al envasado al vacío de la harina de sangre en bolsas de polipropileno para poder mantener sus propiedades organolépticas tales como olor y color por largo tiempo, evitando de esta manera que se dañe el producto con malos olores aportados en ciertas ocasiones por los envases, y tomando en cuenta los cambios o alteraciones a las cualidades del producto, como la humedad que es muy importante para su conservación, por lo que el almacenamiento debe ser en un lugar seco.

#### **2.5.METODOLOGIA DE OBTENCION DE RESULTTADOS**

La metodología usada para el presente trabajo de investigación se detalla a continuación:

##### **2.5.1. ANALISIS DE LA MATERIA PRIMA Y PRODUCTO FINAL**

##### **2.5.1.1. PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS**

Para la presente investigación se realizaron análisis de las propiedades físico-químicas de la materia prima en el laboratorio BIOMED y del producto final se realizaron en los laboratorios ITA y CEANID; los métodos utilizados para la determinación de los análisis se indican en las siguientes tablas:

**Tabla II - 6 Técnicas para la determinación de las propiedades químicas de la materia prima**

<b>METODOS</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>UNIDADES</b>
<b>Espectrofotométrico</b>	Calcio	mg/dl
<b>Espectrofotométrico</b>	Magnesio	g/dl
<b>Espectrofotométrico</b>	Proteínas Totales	g/dl
<b>Espectrofotométrico</b>	Albumina	g/dl
<b>Proteínas totales – Albumina</b>	Globulina	g/dl
<b>Enzimático por acción de Enzima</b>	Colesterol	mg/dl

**Fuente:** Elaboración Propia

**Tabla II - 7 Técnicas para la determinación de las propiedades físico-químicas del producto final**

<b>MÉTODOS</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>NORMAS</b>
Volumétrico	Proteínas	%	NB 076
Gravimétrico	Grasa	%	NB 103
Gravimétrico	Humedad	%	NB 312026
Gravimétrico	Cenizas	%	NB075

**Fuente:** Elaboración Propia

### **2.5.1.2. CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DE LA HARINA DE SANGRE**

Las características organolépticas de la harina de sangre permiten determinar sus principales propiedades, ya que este tipo de propiedades organolépticas son aquellas que se pueden percibir por los sentidos: color, olor y tamizaje.

Los análisis se realizaron en el LOU de la Facultad Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

**Tabla II - 8 Características Organolépticas a determinar en la Harina de Sangre**

<b>MÉTODO</b>	<b>INDICADORES</b>
Visual	Color
Organoléptico	Olor

**Fuente:** Elaboración Propia

### **2.6.DETERMINACIÓN DE LAS CURVAS DE SECADO**

Para realizar la determinación de las curvas de secado, se seleccionó los modelos matemáticos para aplicar a las curvas de secado de la sangre; posteriormente, se procedió a la generación de datos experimentales para construir dichas curvas, en base al diseño factorial formulado.

### 2.6.1. Selección del Modelo Matemático

La ingeniería de procesos moderna se basa en el uso de modelos matemáticos rigurosos para realizar tareas de análisis, diseño, optimización y control. En el caso de bioprocesos (industria alimentaria y biotecnológica) estos modelos suelen tener un carácter dinámico y no lineal.

El desarrollo de un modelo matemático puede considerarse como un ciclo: partiendo de unos objetivos (finalidad del modelo) y de unos conocimientos a priori (datos preliminares, análisis básico e hipótesis iniciales), se propone una estructura para el modelo. A partir de los datos experimentales, se realiza entonces la estimación de parámetros dando lugar a un modelo inicial que debe ser validado con nuevos experimentos, lo que en la mayoría de los casos revelará algunas deficiencias.

En ese caso, debe plantearse una nueva estructura del modelo o un nuevo diseño de experimentos. Este proceso debe repetirse de forma iterativa hasta que la etapa de validación se considere satisfactoria. (María Rodríguez, 2006).

Existen tres tipos de modelos matemáticos, teóricos, empíricos y semiempíricos. Los modelos teóricos solo consideran la resistencia interna, la transferencia de calor y agua entre el producto y el aire caliente (difusividad efectiva) mientras que los empíricos y semiempíricos, se construyen en base a la experiencia desarrollada por los productores y técnicos y presentan una relación directa entre la humedad del producto y el tiempo de secado. Estos modelos en algunos casos no dan información precisa de los procesos que ocurren durante el secado, pero sí generan información que permite describir la curva de secado para las condiciones en las que fue realizado el estudio (Aspurz T, Jon, 2011).

Como ejemplo de la aplicación de modelos matemáticos tenemos el “*Secado de Cajuil: Estudio Experimental y Modelado de la cinética de secado*” en Pernambuco, Brasil (Jacek S. Michalewicz\*, Jorge R. Henriquez y José C. Charamba, 2011, Abril); realizado en la Universidad Federal de Pernambuco-UFPE. Programa de Pos-Grado en Ingeniería, “*Deshidratado de Tomate Saladette en un secador de Bandejas*” en Huajuapán de León, Oaxaca, México, (Mayra Soledad Gómez Gómez, 2009, Diciembre) realizado en Universidad Tecnológica de la Mixteca

En dichos estudios, utilizaron un secador tipo bandeja, los datos de cinética de secado fueron ajustados a siete modelos matemáticos en el secado de Cajuil y a tres modelos matemáticos en el deshidratado de tomate y se calcularon dos tipos de errores, Chi

cuadrado ( $X^2$ ) y Raíz cuadrada del error cuadrático medio (RMSE), seleccionándose los modelos que presentaron menores errores.

A continuación, en la tabla II-9, se muestra los modelos matemáticos seleccionados para el modelado de la cinética de secado del cajuil y el deshidratado de tomate.

**Tabla II - 9 Modelos Matemáticos aplicados para la predicción de curvas de secado**

<i>Nombre del Modelo</i>	<i>Expresión</i>
Page*	$MR = \exp(-kt^n)$
Newton	$MR = \exp(-kt)$
Henderson & Pabis*	$MR = a \exp(-kt)$
Logarítmico	$MR = a \exp(-kt) + c$
Wang & Singh*	$MR = 1 + at + bt^2$
Midilli et al.	$MR = a \exp(-kt^n) + bt$
Two-term	$MR = a \exp(-kt) + b \exp(-k_1t)$

**Fuente:** S. Michalewicz, R. Henriquez y C. Charamba, (2011, Abril)

\* Mayra S. Gómez, (2009, Diciembre)

Donde:

MR= Razón de humedad, (adimensional)

a, b, c= Constantes de la ecuación

k= constante de secado, ( $\text{min}^{-1}$ )

t= Tiempo de secado, (min)

n= número entero positivo

## 2.7.DISEÑO EXPERIMENTAL

El Diseño de Experimentos hace referencia a una serie de técnicas estadísticas de investigación que permiten establecer diferencias o relaciones entre las variables de un problema a través de métodos científicos, buscando comprobar o rechazar hipótesis para la toma de decisiones.

Los diferentes modelos del diseño experimental desarrollados para el análisis de la variación se clasifican de acuerdo con el número de variables involucradas y la naturaleza de estas. En ese orden de ideas se pueden referenciar los modelos de una variable independiente y una dependiente, dos variables independientes y una dependiente y los modelos de múltiples variables (Ing. Mario Salinas P., 2004).

De acuerdo al requerimiento de contar con una muestra promedio representativa para caracterizar la composición de la sangre de Res y de Cerdo en el Matadero Frigorífico Municipal de la ciudad de Tarija se realiza el muestreo compuesto (martes, jueves y viernes). El muestreo compuesto es la mezcla de muestras simples, recogidas en el mismo punto de muestreo a diferentes tiempos, durante un periodo de un día de trabajo.

### **2.7.1. PLANTEAMIENTO DE HIPOTESIS**

En el presente trabajo el tipo de diseño seleccionado para el secado es un diseño factorial de dos factores a dos niveles. Los factores o variables elegidas, considerando los aspectos físicos del proceso son, temperatura (T) con dos niveles (T1, T2 °C); el espesor de la sangre (e) con dos niveles (e1, e2, cm).

Como el experimento se limita a dos variables independientes, el diseño se fundamenta en un experimento factorial ( $2^k$ ), donde k corresponde a las variables. El tamaño de muestra para este experimento es:

$$2^2 = 4 \text{ filas y } 2 \text{ columnas}$$

Por lo tanto, se tiene 8 experimentos a realizar.

Las variables independientes del proceso son:

- Espesor de sangre en la bandeja de secado
- Temperatura de secado

Las variables dependientes del proceso son:

- Tiempo de secado
- Humedad
- Cantidad de Proteínas

**Tabla II - 10 Matriz de Diseño**

<b>Exp.</b>	<b>T (°C)</b>	<b>e (cm)</b>
1	-	-
2	+	-
3	-	+
4	+	+

Posteriormente se elabora el plan de experimentación que se obtiene al reemplazar los valores – y + por los valores de las variables reales que se desarrollan.

– = Valor bajo

+ = Valor alto

A continuación, en la Tabla II-11, se muestra los niveles de variación de las variables del proceso de secad.

**Tabla II - 11 Niveles de variación de las variables**

<b>Variables de Secado</b>	<b>Nivel Superior</b>	<b>Nivel Inferior</b>
<b>Variable Temperatura (° C)</b>	55	45
<b>Variable Espesor (cm)</b>	0.5	0.2

**Fuente:** Elaboración Propia

La siguiente tabla II-12 presenta la Matriz de Ensayos de las variables del proceso de secado de las muestras de sangre, en la misma se ensayan cuatro tratamientos, cada uno de los cuales tienen 2 repeticiones y en cada una de ellas se tiene como variable respuesta del ensayo, el contenido de humedad del producto.

**Tabla II - 12 Matriz de Ensayos**

	<b>Exp.</b>	<b>T (°C)</b>	<b>e(cm)</b>	<b>T-e</b>	<b>Humedad (%)</b>
<b>REPETICIÓN 1</b>	1	-	-	+	Y <sub>1</sub>
	2	-	+	-	Y <sub>2</sub>
	3	+	-	-	Y <sub>3</sub>
	4	+	+	+	Y <sub>4</sub>
<b>REPETICIÓN 2</b>	5	-	-	+	Y <sub>1</sub>
	6	-	+	-	Y <sub>2</sub>
	7	+	-	-	Y <sub>3</sub>
	8	+	+	+	Y <sub>4</sub>

**Fuente:** Elaboración Propia

Dónde:

**T (+)** y **T (-)** = Temperatura de secado (55 - 45) °C

**e (+)** y **e (-)** = Espesor de sangre en la bandeja de secado (0.5 – 0.2) cm

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 1.1. ANÁLISIS DE LA MATERIA PRIMA SANGRE DE VACA Y SANGRE DE CERDO

##### 1.1.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

En la siguiente tabla se observa el análisis físico-químico de la sangre de vaca y cerdo proveniente del Matadero Frigorífico Municipal de la ciudad de Tarija, realizado en el Laboratorio de Análisis Químico Clínico “BIOMED” según los métodos mencionados en el capítulo anterior.

**Tabla III - 1 Características físico-químicas de la sangre (vaca y cerdo)**

INDICADORES	UNIDADES	COMPOSICIÓN
<b>Proteínas</b>	%	15.45
<b>Grasa</b>	%	0.96
<b>Humedad</b>	%	81
<b>Cenizas</b>	%	1.18

**Fuente:** BIOMED (2013)

#### 1.2. ANÁLISIS DEL PRODUCTO FINAL HARINA DE SANGRE

##### 1.2.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

Primeramente se efectúa los exámenes físico-químicos en el producto “Sangre semi seca” según los métodos mencionados en el capítulo anterior; las características físico-químicas se detallan en la siguiente tabla III-2.

**Tabla III - 2 Características físico-químicas de la Sangre Semi seca**

INDICADORES	UNIDADES	COMPOSICIÓN	
<b>Proteínas</b>	<b>%</b>	35.27*	32**
<b>Materia Grasa</b>	<b>%</b>	0.13*	0.24**
<b>Humedad</b>	<b>%</b>	59.36*	65.6**
<b>Cenizas</b>	<b>%</b>	1.50*	1.50**

**Fuente:** \*CEANID (2013), \*\*ITA (2013)

Como se puede observar en la tabla III-2, el porcentaje de proteínas es menor debido a que el porcentaje de humedad presente en la sangre deshidratada aún es elevado.

Finalmente se efectúan los análisis físico-químicos en el producto final “Harina de sangre” según los métodos mencionados en el capítulo anterior; en la siguiente tabla se observa los resultados de los análisis físico-químicos.

**Tabla III - 3 Características físico-químicas de la Harina de Sangre**

INDICADORES	UNIDADES	COMPOSICIÓN
<b>Proteínas</b>	<b>%</b>	77.91
<b>Materia Grasa</b>	<b>%</b>	3.90
<b>Humedad</b>	<b>%</b>	6.61*
<b>Cenizas</b>	<b>%</b>	3.65

**Fuente:** CEANID (2013), \*LOU (2013)

Como se observa en la tabla III-3, el porcentaje de proteínas es mayor al igual que el porcentaje de materia grasa y cenizas debido a que la humedad es menor en la harina de sangre después del proceso de secado.

En las siguientes tablas III-4, III-5 se presenta los análisis de acidez, digestibilidad y bacteriológico de la harina de sangre obtenida.

**Tabla III - 4 Análisis complementarios de la Harina de Sangre**

INDICADORES	UNIDADES	COMPOSICIÓN
Acidez (como ac. Láctico)	%	0.18
Digestibilidad in vitro	%	91.77

Fuente: CEANID (2013)

**Tabla III - 5 Análisis Bacteriológico de la Harina de Sangre**

INDICADORES	UNIDADES	COMPOSICIÓN
Coliformes Fecales	NMP/g	< 3
Salmonella	p/a / 25g	Ausencia

Fuente: CEANID (2013)

Como se puede observar en la tabla III-4, el porcentaje de digestibilidad de la harina de sangre obtenida es 91.77% lo que indica que la harina de sangre es altamente digestible aunque este resultado sea menor a 99% de digestibilidad como se indicó en la sección 1.2.2 de este proyecto; la reducción del porcentaje de digestibilidad se debe al proceso de secado que se empleó en este trabajo de investigación.

### 1.2.2. ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO

En la siguiente tabla se presentan los resultados de las características organolépticas del producto final obtenido.

**Tabla III - 6 Análisis Organoléptico de la Harina de Sangre**

INDICADORES	COMPOSICIÓN
Color	Rojo / pardo
Olor	Fresco, no presenta rancidez

Fuente: LOU (2013)

Como se puede observar los resultados organolépticos de la harina de sangre obtenida son satisfactorios, ya que presenta las características que se especifican para este tipo de productos alimenticios.

### 1.3.COMPARACIÓN DE RESULTADOS

En la siguiente tabla III-7 se presenta, una comparación de los resultados obtenidos entre Materia Prima- Producto Final.

**Tabla III - 7 Comparación Materia Prima- Producto Final**

<b>INDICADORES</b>	<b>Sangre Entera</b>	<b>Harina de Sangre</b>
<b>Proteínas</b>	15.45	77.91
<b>Materia Grasa</b>	0.96	3.90
<b>Humedad</b>	81	6.61*
<b>Cenizas</b>	1.18	3.65

**Fuente:** BIOMED, CEANID,\*LOU

Como se observa en los resultados de la tabla III-7, el porcentaje de proteínas de la sangre aumenta cuando se reduce la cantidad de agua existente en la sangre, debido que en la sangre el 81 % es agua que contiene el plasma sanguíneo y lo restante son nutrientes (*glucosa, grasas, proteínas, vitaminas, minerales*) disueltos; el porcentaje de materia grasa también aumenta en la harina de sangre; el porcentaje de ceniza en la harina de sangre no aumentó significativamente en comparación del porcentaje inicial.

En la siguiente tabla III-8 se muestra una comparación de resultados de los análisis fisicoquímicos de la harina de sangre obtenida, con los resultados de referencia bibliográfica que se tiene del Proyecto de Investigación de la UMSA realizado por el Ing. Mario Salinas y el de la Escuela Politécnica Nacional de Quito.

**Tabla III - 8 Comparación de los Análisis Fisicoquímicos de la Harina de Sangre**

<b>INDICADORES</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>Datos Experimentales (CEANID)</b>	<b>Proyecto de Investigación UMSA Ing. Mario Salinas</b>	<b>Escuela Politécnica Nacional de Quito</b>
<b>Proteína</b>	<b>%</b>	77.91	85	80.8
<b>Materia Grasa</b>	<b>%</b>	3.90	2.8	0.4
<b>Humedad</b>	<b>%</b>	6.61	7.4	8
<b>Cenizas</b>	<b>%</b>	3.65	4.6	4.0

**Fuente:** Elaboración Propia

Se puede observar que la harina de sangre que se obtuvo experimentalmente comparada con los datos de referencia bibliográfica, contiene mayor cantidad de materia grasa, menor porcentaje de proteínas y menor porcentaje de humedad; estos resultados fueron obtenidos por el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID).

Se debe tomar en cuenta que la harina de sangre obtenida en cada lugar depende del método empleado para su obtención; el proyecto de investigación de la UMSA utilizó para el proceso de secado un secador de bandejas. También se conoce que la Escuela Politécnica Nacional de Quito usó un secador spray para la obtención de la harina de sangre; se debe tomar en cuenta que las condiciones de trabajo como la temperatura de secado y el tiempo de secado con la que ellos trabajaron son diferentes a los empleados en el presente proyecto.

#### **1.4. RESULTADOS OBTENIDOS DEL PROCESO DE SECADO**

En el análisis de la pérdida de peso de la harina de sangre a diferentes espesores y temperaturas, como se muestran en el anexo A se observa que los resultados del ensayo I son bastante similares a los del ensayo II; esto ayuda a verificar que cuando se lleva adelante ensayos en las mismas condiciones, existe correlación en los resultados obtenidos.

En la siguiente tabla III-9 se muestra los datos promedio de pérdida de peso que se leen de la bandeja pequeña que se introduce con 128 g de sangre semi seca, a las temperaturas y espesores ya determinados anteriormente.

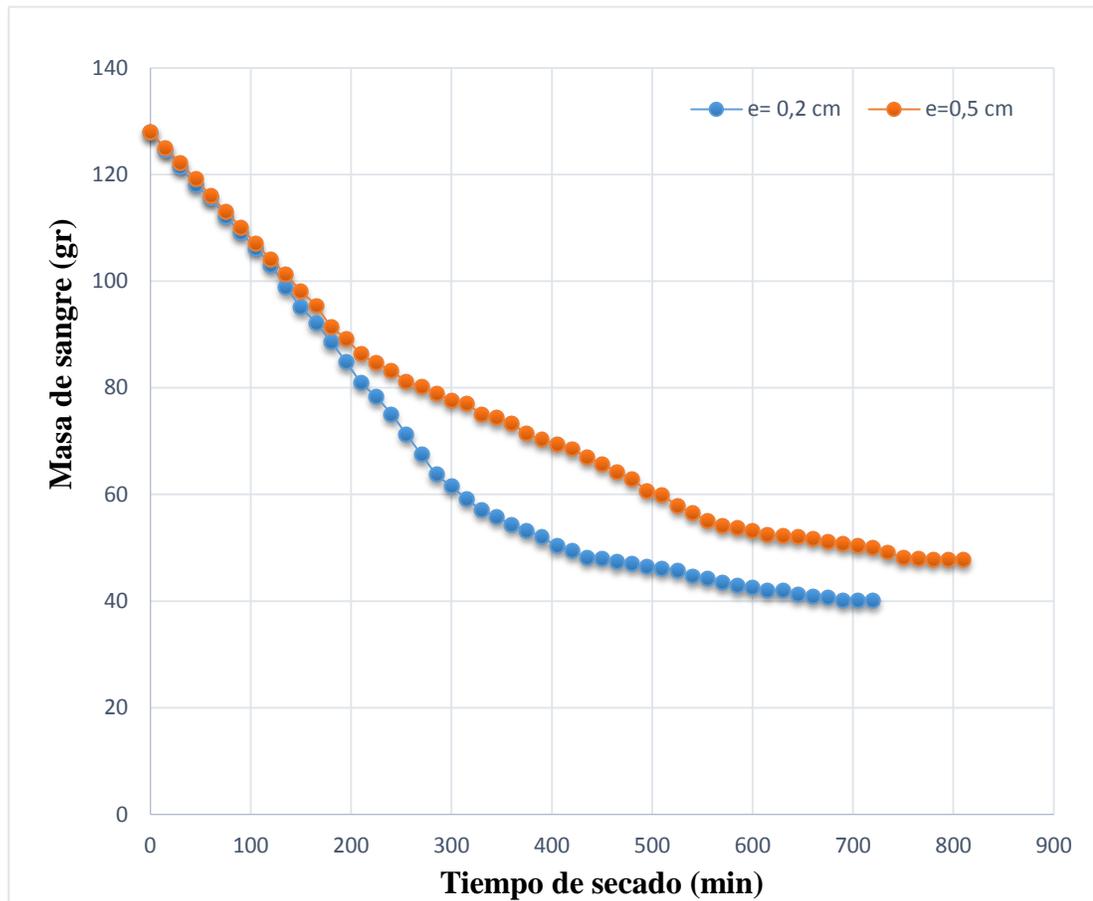
**Tabla III - 9 Promedio de pérdida de peso en el secado de la sangre**

Tiempo (min)	T 45 °C		T 55 °C	
	e= 0.2 cm	e= 0.5 cm	e= 0.2 cm	e= 0.5 cm
	Promedio (g)	Promedio (g)	Promedio (g)	Promedio (g)
0	128,000	128,000	128,000	128,000
15	124,625	124,935	125,605	126,385
30	121,500	122,120	123,090	124,550
45	118,045	119,115	120,385	122,275
60	115,595	116,020	117,335	120,065
75	112,155	113,065	115,275	117,500
90	109,195	110,095	112,505	115,330
105	106,145	107,000	110,205	113,280
120	103,060	104,105	107,385	111,505
135	98,895	101,275	104,555	109,040
150	95,115	98,110	102,285	106,835
165	92,170	95,420	99,405	104,430
180	88,585	91,495	97,385	102,555
195	84,855	89,200	94,410	100,495
210	80,970	86,340	91,790	98,285
225	78,290	84,625	89,305	95,700
240	75,085	83,245	86,610	93,375
255	71,295	81,200	84,000	91,660
270	67,480	80,245	81,615	90,270
285	63,780	78,902	79,470	88,210
300	61,500	77,705	77,770	86,290
315	59,170	77,101	75,420	83,745
330	57,075	75,030	73,265	81,320
345	55,780	74,360	70,655	79,480
360	54,350	73,330	68,830	77,255
375	53,245	71,355	67,610	74,835
390	51,990	70,320	66,035	72,795
405	50,345	69,455	64,215	70,175
420	49,465	68,570	63,170	68,535
435	48,120	66,944	61,950	67,180
450	48,030	65,780	60,700	66,450
465	47,335	64,230	58,890	65,260

Tiempo (min)	T 45 °C		T 55 °C	
	e= 0.2 cm	e= 0.5 cm	e= 0.2 cm	e= 0.5 cm
	Promedio (g)	Promedio (g)	Promedio (g)	Promedio (g)
480	47,020	62,905	57,005	64,605
495	46,465	60,680	54,795	63,445
510	46,125	59,860	52,980	63,025
525	45,775	57,870	51,515	62,605
540	44,670	56,520	49,755	62,050
555	44,205	55,085	48,115	61,780
570	43,405	54,090	47,495	61,125
585	42,810	53,695	47,130	61,025
600	42,465	53,120	46,965	60,325
615	42,025	52,515	46,805	59,710
630	41,975	52,180	46,560	59,185
645	41,300	52,023	46,320	58,660
660	40,805	51,675	46,135	58,090
675	40,660	51,180	46,070	57,675
690	40,075	50,695	46,070	57,260
705	40,065	50,370		56,520
720	40,065	50,035		55,590
735		49,190		54,430
750		48,210		53,915
765		47,975		53,595
780		47,80		53,310
795		47,710		53,105
810		47,710		53,105

**Fuente:** Elaboración Propia

**Gráfica III - 1 Pérdida de peso de la sangre a 45°C y espesores de 0,2 cm y 0,5 cm**



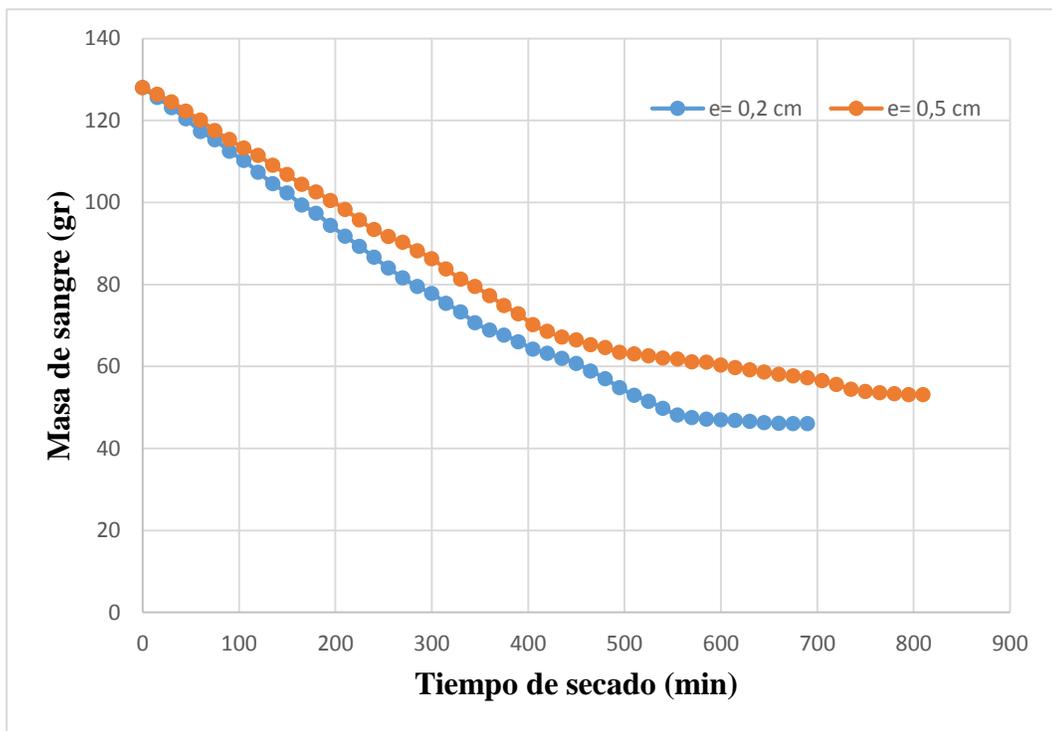
**Fuente:** Elaboración Propia

En la gráfica III-1 se compara las curvas que operan a dos diferentes espesores y a una misma temperatura; se puede observar que en el inicio del secado hasta los 120 minutos las curvas de pérdida de peso disminuyen linealmente con el tiempo de secado formando una sola pendiente recta donde la velocidad de secado permanece constante; después de este tiempo las curvas se separan proporcionando distintas velocidades de secado de acuerdo al comportamiento que tienen cada muestra con relación a sus espesores.

Mientras más pequeño sea el espesor de muestra el tiempo de secado será más rápido por lo que reduce la distancia que el calor tiene que recorrer hacia el centro de la muestra a fin de llegar a la superficie y escaparse en forma de vapor de agua, por lo

que se observa, es mejor trabajar con espesores pequeños con el fin de acelerar la velocidad de secado tratando así de exponer una mayor área de superficie lo que facilitara la transferencia de masa y de calor.

**Gráfica III - 2 Pérdida de peso de la sangre a 55°C y espesores de 0,2 cm y 0,5 cm**



**Fuente:** Elaboración Propia

En esta gráfica III-2 se observa que en el inicio del secado hasta los 45 minutos se produce una sola pendiente recta, lo cual significa que las dos curvas en este tiempo tienen una misma velocidad de secado; después de este tiempo las dos curvas se separan obteniendo cada curva una distinta velocidad de secado

Al observar las dos gráficas anteriores se determina que el espesor de la muestra y la superficie de la bandeja influyen en el tiempo de secado, porque para una misma cantidad de masa las muestras que se colocaron en bandejas de mayor superficie y menor espesor secaron más rápido que las muestras colocadas en bandejas de menor superficie y mayor espesor debido a que se puede eliminar humedad más fácilmente cuando hay mayor superficie de contacto y menor espesor.

### 1.4.1. HUMEDAD DE LA HARINA DE SANGRE

Mediante la siguiente ecuación se realiza el cálculo de la humedad de la harina de sangre.

$$\text{Humedad} = \frac{m_0 - SS}{m_0} * 100 \% \quad (3-1)$$

Donde:

$m_0$  = Masa inicial

SS = Sólido seco

Este cálculo lo realizamos con los datos de la tabla III-9 para poder conocer el porcentaje de humedad contenida en la muestra al inicio del secado y el contenido de humedad al final del proceso de secado.

**Tabla III - 10 Porcentaje de humedad de la harina de sangre**

Tiempo (min)	T 45 °C		T 55 °C	
	e= 0.2 cm	e= 0.5 cm	e= 0.2 cm	e= 0.5 cm
	H (%)	H (%)	H (%)	H (%)
0	68,699	62,727	64,008	58,512
15	67,852	61,812	63,322	57,982
30	67,025	60,932	62,572	57,363
45	66,060	59,946	61,731	56,569
60	65,340	58,878	60,736	55,770
75	64,277	57,803	60,035	54,804
90	63,309	56,665	59,051	53,954
105	62,254	55,411	58,196	53,121
120	61,125	54,171	57,098	52,374
135	59,487	52,891	55,937	51,298
150	57,877	51,371	54,959	50,293
165	56,531	50,000	53,654	49,148
180	54,772	47,855	52,693	48,218
195	52,784	46,513	51,202	47,157
210	50,519	44,742	49,809	45,968
225	48,825	43,622	48,413	44,509
240	46,640	42,687	46,808	43,127
255	43,804	41,244	45,155	42,063
270	40,627	40,545	43,552	41,171

Tiempo (min)	T 45 °C		T 55 °C	
	e= 0.2 cm	e= 0.5 cm	e= 0.2 cm	e= 0.5 cm
	H (%)	H (%)	H (%)	H (%)
285	37,183	39,533	42,028	39,797
300	34,854	38,601	40,761	38,458
315	32,288	38,120	38,915	36,587
330	29,803	36,412	37,119	34,696
345	28,173	35,839	34,796	33,184
360	26,283	34,938	33,067	31,260
375	24,753	33,137	31,859	29,037
390	22,937	32,153	30,234	27,049
405	20,419	31,308	28,257	24,325
420	19,003	30,421	27,070	22,514
435	16,739	28,731	25,634	20,951
450	16,583	27,470	24,102	20,083
465	15,359	25,720	21,769	18,625
480	14,792	24,155	19,183	17,800
495	13,774	21,374	15,923	16,298
510	13,138	20,297	13,043	15,740
525	12,474	17,557	10,570	15,175
540	10,309	15,587	7,406	14,416
555	9,365	13,388	4,250	14,042
570	7,695	11,795	3,000	13,121
585	6,412	11,146	2,249	12,978
600	5,652	10,184	1,906	11,969
615	4,664	9,150	1,570	11,062
630	4,550	8,567	1,052	10,273
645	2,990	8,291	0,540	9,470
660	1,814	7,673	0,141	8,582
675	1,463	6,780	0,000	7,924
690	0,025	5,888	0,000	7,256
705	0,000	5,281		6,042
720	0,000	4,647		4,470
735		3,009		2,434
750		1,037		1,502
765		0,552		0,914
780		0,188		0,385
795		0,000		0,000
810		0,000		0,000

**Fuente:** Elaboración Propia

En la tabla III-10 se observa que la humedad de la muestra va disminuyendo conforme se va secando la sangre obtenida de la cocción hasta alcanzar un equilibrio donde ya no puede perder más humedad de la que contiene la muestra.

#### 1.4.2. CONTENIDO DE HUMEDAD EN BASE SECA

Para el cálculo de la humedad en base seca de la harina de sangre se utilizan los datos de la tabla III-9 donde se presentan los promedios de pérdida de peso en el secado de la harina de sangre, estos datos se reemplazan en la siguiente ecuación:

$$X_s = \frac{m_0 - SS}{SS} \quad (3-2)$$

Donde:

$m_0$  = Masa inicial

SS = Sólido seco

**Tabla III - 11 Contenido de Humedad en base seca de la harina de sangre**

Tiempo (min)	T 45 °C		T 55 °C	
	e= 0.2 cm	e= 0.5 cm	e= 0.2 cm	e= 0.5 cm
	X (kg H2O/kgSS)	X (kg H2O/kgSS)	X (kg H2O/kgSS)	X (kg H2O/kgSS)
0	1,53641	1,68288	1,77828	1,41032
15	1,46953	1,61863	1,72639	1,37991
30	1,40761	1,55963	1,67180	1,34535
45	1,33915	1,49665	1,61309	1,30251
60	1,29060	1,43178	1,54689	1,26090
75	1,22243	1,36984	1,50217	1,21260
90	1,16378	1,30759	1,44204	1,17174
105	1,10334	1,24272	1,39212	1,13313
120	1,04221	1,18204	1,33091	1,09971
135	0,98484	1,12272	1,26948	1,05329
150	0,92440	1,05638	1,22021	1,01177
165	0,88586	0,97904	1,15769	0,96554
180	0,84455	0,89581	1,11385	0,93117
195	0,80036	0,82867	1,04927	0,89238
210	0,76499	0,78968	0,99240	0,85077
225	0,73368	0,75374	0,93846	0,80209
240	0,69791	0,71481	0,87997	0,75831

Tiempo (min)	T 45 °C		T 55 °C	
	e= 0.2 cm	e= 0.5 cm	e= 0.2 cm	e= 0.5 cm
	X (kg H2O/kgSS)	X (kg H2O/kgSS)	X (kg H2O/kgSS)	X (kg H2O/kgSS)
255	0,66037	0,68195	0,82331	0,72485
270	0,62422	0,64403	0,77154	0,67244
285	0,59034	0,61045	0,72498	0,61229
300	0,55098	0,57442	0,68808	0,57239
315	0,52263	0,55178	0,63707	0,53012
330	0,49103	0,52078	0,59030	0,49706
345	0,46017	0,50054	0,53364	0,45081
360	0,43293	0,47395	0,49403	0,41663
375	0,40103	0,44752	0,46665	0,38756
390	0,37116	0,43002	0,45677	0,34261
405	0,34255	0,40469	0,40766	0,30855
420	0,30813	0,39140	0,37234	0,26854
435	0,28048	0,37146	0,31322	0,24621
450	0,24920	0,35215	0,26678	0,23041
465	0,22429	0,33052	0,22189	0,22589
480	0,20118	0,31185	0,19252	0,21655
495	0,17054	0,28965	0,15545	0,20977
510	0,14088	0,26846	0,13193	0,20063
525	0,12402	0,24957	0,10532	0,19149
540	0,09594	0,22988	0,07534	0,17691
555	0,07954	0,20913	0,04439	0,17315
570	0,05998	0,19044	0,03093	0,15102
585	0,04972	0,17959	0,02301	0,14914
600	0,03926	0,16915	0,01943	0,13596
615	0,03369	0,14709	0,01595	0,12438
630	0,02992	0,13749	0,01064	0,11449
645	0,02447	0,12816	0,00543	0,10460
660	0,01861	0,11647	0,00141	0,09387
675	0,01237	0,10061	0,00000	0,08606
690	0,00614	0,08706	0,00000	0,07824
705	0,00000	0,06667		0,05996
720	0,00000	0,04950		0,04679
735		0,03102		0,02495
750		0,01048		0,01525
765		0,00555		0,00923
780		0,00189		0,00386
795		0,00000		0,00000
810		0,00000		0,00000

**Fuente:** Elaboración Propia

### 1.4.3. DETERMINACIÓN DEL AGUA EVAPORADA DURANTE EL SECADO

Para determinar la cantidad de agua que se va evaporando durante el proceso de secado se aplica la siguiente ecuación:

$$\text{Masa de agua evaporada} = m_0 - m_f \quad (3-3)$$

Donde:

$m_0$  = Masa inicial

$m_f$  = Masa final

**Tabla III - 12 Cantidad de Agua evaporada durante el secado de la harina de sangre**

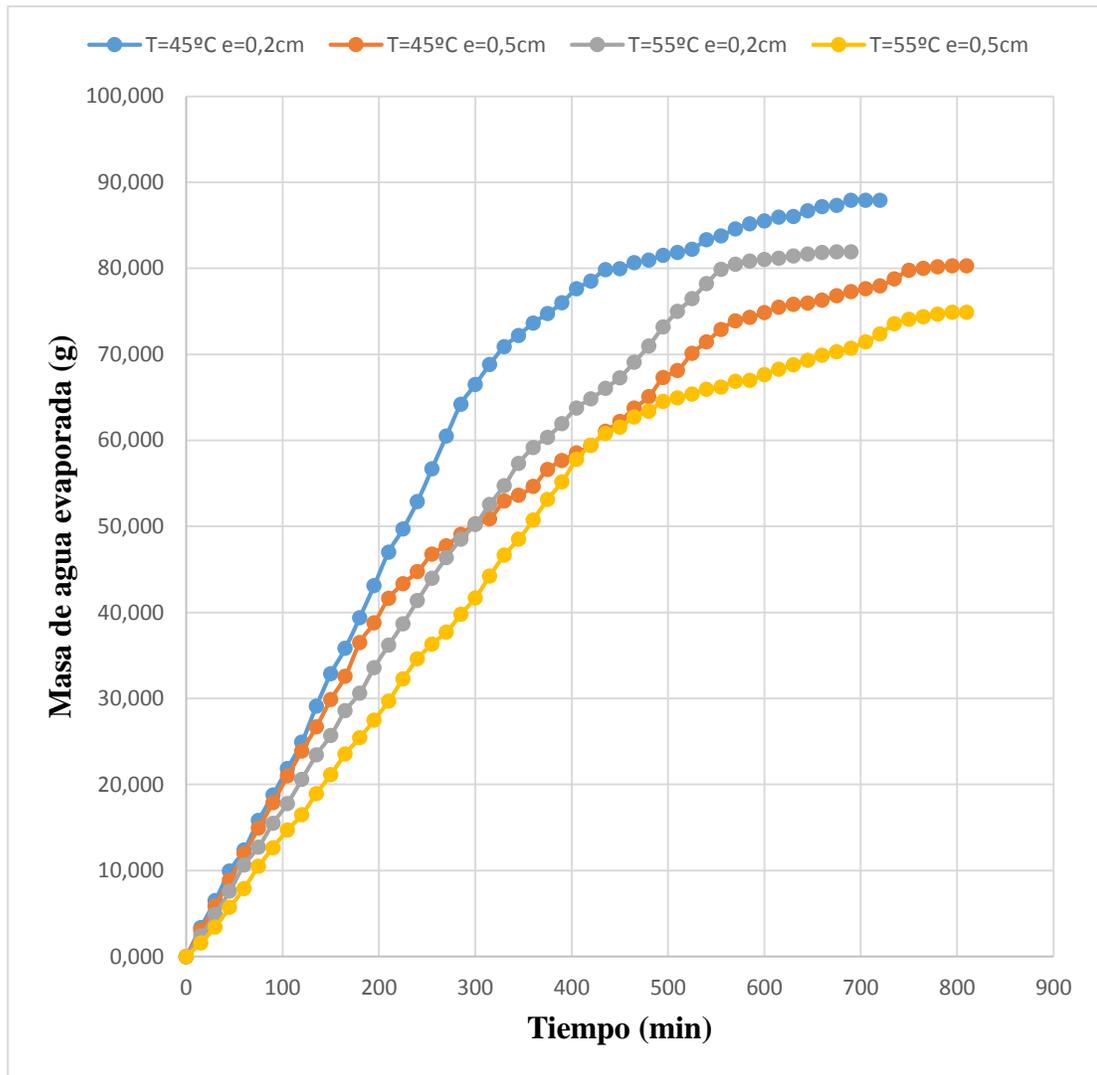
Tiempo (min)	Masa de agua evaporada (g)			
	T 45 °C		T 55 °C	
	e= 0.2 cm	e= 0.5 cm	e= 0.2 cm	e= 0.5 cm
0	0,000	0,000	0,000	0,000
15	3,375	3,065	2,395	1,615
30	6,500	5,880	4,910	3,450
45	9,955	8,885	7,615	5,725
60	12,405	11,980	10,665	7,935
75	15,845	14,935	12,725	10,500
90	18,805	17,905	15,495	12,670
105	21,855	21,000	17,795	14,720
120	24,940	23,895	20,615	16,495
135	29,105	26,725	23,445	18,960
150	32,885	29,890	25,715	21,165
165	35,830	32,580	28,595	23,570
180	39,415	36,505	30,615	25,445
195	43,145	38,800	33,590	27,505
210	47,030	41,660	36,210	29,715
225	49,710	43,375	38,695	32,300
240	52,915	44,755	41,390	34,625
255	56,705	46,800	44,000	36,340
270	60,520	47,755	46,385	37,730
285	64,220	49,098	48,530	39,790
300	66,500	50,295	50,230	41,710
315	68,830	50,899	52,580	44,255
330	70,925	52,970	54,735	46,680
345	72,220	53,640	57,345	48,520

Tiempo (min)	Masa de agua evaporada (g)			
	T 45 °C		T 55 °C	
	e= 0.2 cm	e= 0.5 cm	e= 0.2 cm	e= 0.5 cm
360	73,650	54,670	59,170	50,745
375	74,755	56,645	60,390	53,165
390	76,010	57,680	61,965	55,205
405	77,655	58,545	63,785	57,825
420	78,535	59,430	64,830	59,465
435	79,880	61,056	66,050	60,820
450	79,970	62,220	67,300	61,550
465	80,665	63,770	69,110	62,740
480	80,980	65,095	70,995	63,395
495	81,535	67,320	73,205	64,555
510	81,875	68,140	75,020	64,975
525	82,225	70,130	76,485	65,395
540	83,330	71,480	78,245	65,950
555	83,795	72,915	79,885	66,220
570	84,595	73,910	80,505	66,875
585	85,190	74,305	80,870	66,975
600	85,535	74,880	81,035	67,675
615	85,975	75,485	81,195	68,290
630	86,025	75,820	81,440	68,815
645	86,700	75,977	81,680	69,340
660	87,195	76,325	81,865	69,910
675	87,340	76,820	81,930	70,325
690	87,925	77,305	81,930	70,740
705	87,935	77,630		71,480
720	87,935	77,965		72,410
735		78,810		73,570
750		79,790		74,085
765		80,025		74,405
780		80,200		74,690
795		80,290		74,895
810		80,290		74,895

**Fuente:** Elaboración Propia

Como se puede observar en la tabla III-12, la cantidad de agua evaporada durante el secado de la sangre aumenta a medida que avanza el tiempo y es mayor dependiendo de las condiciones de temperatura y espesor a las que se está secando la muestra; también se observa que a mayor temperatura de secado es más rápida la evaporación y aún más cuando los espesores son pequeños.

**Gráfica III - 3 Masa de agua evaporada de la sangre**



**Fuente:** Elaboración Propia

En la gráfica III-3 se observa la evaporación del agua a medida que pasa el tiempo; se nota que al inicio de la curva no se evapora gran cantidad de agua ya que en esta etapa recién se está calentando la muestra, pero a medida que pasa el tiempo se va eliminando cada vez más cantidad de agua, hasta alcanzar un punto de equilibrio donde ya no hay agua que eliminar.

Con los datos de agua evaporada durante el secado se observa que en un tiempo prolongado solo se pierde pequeñas cantidades de masa de agua; por tanto, se puede

despreciar este tiempo inútil y podemos hallar un tiempo óptimo de secado evitando de esta manera un gasto energético inútil en el secado.

**Tabla III - 13 Datos del tiempo de secado**

<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Espesor (cm)</b>	<b>Tiempo Real (min)</b>	<b>Tiempo Óptimo (min)</b>	<b>Humedad relativa inicial (%)</b>	<b>Humedad relativa final (%)</b>
45	0.2	720	600	68.69	5.65
	0.5	810	720	62.73	4.65
55	0.2	690	555	64.01	4.25
	0.5	810	720	58.51	4.47

**Fuente:** Elaboración Propia

Como se observa en la tabla III-13, hay una diferencia entre el tiempo real el cual se obtiene al realizar las diferentes pruebas para cada condición; con los resultados que obtuvimos al determinar la cantidad de agua evaporada durante el secado se obtienen nuevos resultados del tiempo de secado para cada prueba.

Este tiempo óptimo se obtiene despreciando el tiempo inútil donde la disminución de agua es mínima generando un gasto energético innecesario; por ejemplo, en el secado de la harina de sangre semi seca a 45°C con 0.2 cm de espesor se reduce su tiempo a 600 min en lo que se pierde 2.75 gramos de agua.

### **1.5. DETERMINACION DE LA CURVA DE SECADO**

Los datos experimentales obtenidos de humedad en base seca en las pruebas realizadas en laboratorio se muestran en la tabla III-11. Los siete modelos matemáticos seleccionados e indicados en la sección 2.6.1, tabla II-9 se aplicaron a los datos de la siguiente tabla:

**Tabla III - 14 Razón de Humedad de la sangre a 45°C y 0,2 cm**

<b>Tiempo (min)</b>	<b>X (kg H<sub>2</sub>O/kgSS)</b>	<b>MR=X<sub>t</sub>/X<sub>0</sub></b>
0	1,54	1,00
15	1,47	0,96
30	1,41	0,92
45	1,34	0,87
60	1,29	0,84
75	1,22	0,80
90	1,16	0,76
105	1,10	0,72
120	1,04	0,68
135	0,98	0,64
150	0,92	0,60
165	0,89	0,58
180	0,84	0,55
195	0,80	0,52
210	0,76	0,50
225	0,73	0,48
240	0,70	0,45
255	0,66	0,43
270	0,62	0,41
285	0,59	0,38
300	0,55	0,36
315	0,52	0,34
330	0,49	0,32
345	0,46	0,30
360	0,43	0,28
375	0,40	0,26
390	0,37	0,24
405	0,34	0,22
420	0,31	0,20
435	0,28	0,18

Tiempo (min)	X (kg H <sub>2</sub> O/kgSS)	MR=X <sub>t</sub> /X <sub>0</sub>
450	0,25	0,16
465	0,22	0,15
480	0,20	0,13
495	0,17	0,11
510	0,14	0,09
525	0,12	0,08
540	0,10	0,06
555	0,08	0,05
570	0,06	0,04
585	0,05	0,03
600	0,04	0,03
615	0,03	0,02
630	0,03	0,02
645	0,02	0,02
660	0,02	0,01
675	0,01	0,01
690	0,01	0,00
705	0,00	0,00
720	0,00	0,00

**Fuente:** Elaboración Propia

A través del software SPSS 22, se hace uso de las ecuaciones matemáticas de los modelos mencionados en la tabla II-9. La estimación de los modelos se realiza a través de una regresión no lineal, que consiste en la estimación de las constantes que están establecidas en cada uno de los modelos. Los valores de las constantes de cada modelo y el resultado de los parámetros estadísticos calculados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla III - 15 Análisis Estadístico de la Harina de sangre

Modelo	T 45°C		
	Espesor 0,2 cm		
	Constantes	R2	SCR
<b>Page</b>	k= 0,035 n= -2,220	0,973	0,116
<b>Newton</b>	k= 0,04	0,973	0,116
<b>Henderson &amp; Pabis</b>	k= 0,04 a= 1,068	0,979	0,93
<b>Logarítmico</b>	k= 0,002 a= 1,241 c= -0,237	0,998	0,007
<b>Wang &amp; Singh</b>	a= -0,003 b= 1,835E-6	0,998	0,008
<b>Two - term</b>	k= 0,007 k1= 0,007 a= -65,220 b= 66,189	0,991	0,038

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a los resultados de la tabla III-15, el modelo que mejor ajuste presenta para el secado de la sangre a 45 °C y espesores de 0,2 cm es el modelo logarítmico, el cual tiene un R2 de 0,998 y un SCR de 0,007; siendo la ecuación que describe el secado, la siguiente:

$$MR = 1,241 * \exp (-0,002 * t) + (-0,237) \quad (3-4)$$

Mientras que los resultados del valor predicho por cada modelo se muestran en el siguiente cuadro 3-1.

**Cuadro 3 - 1 Secado 45°C espesor 0,2cm.**

**Aplicación de Modelos Matemáticos**

TIEMPO (min)	MR	PAGE		NEWTON		HENDERSON & PABIS		LOGARÍTMICO		WANG & SINGH		TWO - TERM	
		Predicho	Residual	Predicho	Residual	Predicho	Residual	Predicho	Residual	Predicho	Residual	Predicho	Residual
0	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,07	-0,07	1,00	0,00	1,00	0,00	0,97	0,03
15	0,96	0,95	0,01	0,95	0,01	1,01	-0,05	0,96	0,00	0,96	0,00	0,94	0,01
30	0,92	0,89	0,02	0,89	0,02	0,95	-0,03	0,91	0,00	0,92	0,00	0,91	0,00
45	0,87	0,84	0,03	0,84	0,03	0,89	-0,02	0,87	0,00	0,88	-0,01	0,88	-0,01
60	0,84	0,80	0,04	0,80	0,04	0,84	0,00	0,83	0,01	0,84	0,00	0,85	-0,01
75	0,80	0,75	0,04	0,75	0,04	0,79	0,00	0,79	0,00	0,81	-0,01	0,81	-0,02
90	0,76	0,71	0,04	0,71	0,04	0,74	0,01	0,75	0,00	0,77	-0,01	0,78	-0,02
105	0,72	0,67	0,04	0,67	0,04	0,70	0,02	0,72	0,00	0,74	-0,02	0,74	-0,02
120	0,68	0,64	0,04	0,64	0,04	0,66	0,02	0,68	0,00	0,70	-0,02	0,70	-0,02
135	0,64	0,60	0,04	0,60	0,04	0,62	0,02	0,65	-0,01	0,67	-0,03	0,66	-0,02
150	0,60	0,57	0,03	0,57	0,03	0,59	0,02	0,62	-0,02	0,63	-0,03	0,63	-0,03
165	0,58	0,54	0,04	0,54	0,04	0,55	0,03	0,59	-0,01	0,60	-0,03	0,59	-0,02
180	0,55	0,51	0,04	0,51	0,04	0,52	0,03	0,56	-0,01	0,57	-0,02	0,56	-0,01
195	0,52	0,48	0,04	0,48	0,04	0,49	0,03	0,53	-0,01	0,54	-0,02	0,53	0,00
210	0,50	0,45	0,04	0,45	0,04	0,46	0,04	0,50	0,00	0,51	-0,01	0,49	0,00
225	0,48	0,43	0,05	0,43	0,05	0,43	0,04	0,47	0,01	0,48	-0,01	0,46	0,01
240	0,45	0,41	0,05	0,41	0,05	0,41	0,05	0,45	0,01	0,46	0,00	0,43	0,02
255	0,43	0,38	0,05	0,38	0,05	0,38	0,05	0,42	0,01	0,43	0,00	0,41	0,02
270	0,41	0,36	0,04	0,36	0,04	0,36	0,04	0,40	0,01	0,40	0,00	0,38	0,03
285	0,38	0,34	0,04	0,34	0,04	0,34	0,04	0,37	0,01	0,38	0,01	0,35	0,03
300	0,36	0,32	0,04	0,32	0,04	0,32	0,04	0,35	0,01	0,35	0,01	0,33	0,03
315	0,34	0,31	0,03	0,31	0,03	0,30	0,04	0,33	0,01	0,33	0,01	0,31	0,03
330	0,32	0,29	0,03	0,29	0,03	0,28	0,04	0,31	0,01	0,31	0,01	0,29	0,03
345	0,30	0,27	0,03	0,27	0,03	0,27	0,03	0,29	0,01	0,28	0,02	0,27	0,03
360	0,28	0,26	0,02	0,26	0,02	0,25	0,03	0,27	0,01	0,26	0,02	0,25	0,03
TIEMPO	MR	PAGE		NEWTON		HENDERSON & PABIS		LOGARÍTMICO		WANG & SINGH		TWO - TERM	

(min)		Predicho	Residual										
375	0,26	0,24	0,02	0,24	0,02	0,24	0,02	0,25	0,01	0,24	0,02	0,23	0,03
390	0,24	0,23	0,01	0,23	0,01	0,22	0,02	0,23	0,01	0,22	0,02	0,21	0,03
405	0,22	0,22	0,00	0,22	0,00	0,21	0,01	0,22	0,01	0,20	0,02	0,20	0,03
420	0,20	0,21	-0,01	0,21	-0,01	0,20	0,00	0,20	0,00	0,19	0,01	0,18	0,02
435	0,18	0,19	-0,01	0,19	-0,01	0,19	0,00	0,18	0,00	0,17	0,01	0,17	0,01
450	0,16	0,18	-0,02	0,18	-0,02	0,18	-0,01	0,17	-0,01	0,15	0,01	0,16	0,01
465	0,15	0,17	-0,03	0,17	-0,03	0,17	-0,02	0,15	-0,01	0,14	0,01	0,15	0,00
480	0,13	0,16	-0,03	0,16	-0,03	0,16	-0,02	0,14	-0,01	0,12	0,01	0,13	0,00
495	0,11	0,16	-0,04	0,16	-0,04	0,15	-0,04	0,12	-0,01	0,11	0,00	0,12	-0,01
510	0,09	0,15	-0,06	0,15	-0,06	0,14	-0,05	0,11	-0,02	0,10	0,00	0,11	-0,02
525	0,08	0,14	-0,06	0,14	-0,06	0,13	-0,05	0,10	-0,02	0,08	0,00	0,11	-0,03
540	0,06	0,13	-0,07	0,13	-0,07	0,12	-0,06	0,09	-0,02	0,07	-0,01	0,10	-0,04
555	0,05	0,12	-0,07	0,12	-0,07	0,12	-0,06	0,07	-0,02	0,06	-0,01	0,09	-0,04
570	0,04	0,12	-0,08	0,12	-0,08	0,11	-0,07	0,06	-0,02	0,05	-0,01	0,08	-0,04
585	0,03	0,11	-0,08	0,11	-0,08	0,10	-0,07	0,05	-0,02	0,04	-0,01	0,08	-0,04
600	0,03	0,10	-0,08	0,10	-0,08	0,10	-0,07	0,04	-0,02	0,04	-0,01	0,07	-0,05
615	0,02	0,10	-0,08	0,10	-0,08	0,09	-0,07	0,03	-0,01	0,03	-0,01	0,07	-0,04
630	0,02	0,09	-0,07	0,09	-0,07	0,09	-0,07	0,02	0,00	0,02	0,00	0,06	-0,04
645	0,02	0,09	-0,07	0,09	-0,07	0,08	-0,06	0,01	0,00	0,02	0,00	0,06	-0,04
660	0,01	0,08	-0,07	0,08	-0,07	0,08	-0,06	0,00	0,01	0,01	0,00	0,05	-0,04
675	0,01	0,08	-0,07	0,08	-0,07	0,07	-0,06	-0,01	0,01	0,01	0,00	0,05	-0,04
690	0,00	0,07	-0,07	0,07	-0,07	0,07	-0,06	-0,01	0,02	0,00	0,00	0,04	-0,04
705	0,00	0,07	-0,07	0,07	-0,07	0,06	-0,06	-0,02	0,02	0,00	0,00	0,04	-0,04
720	0,00	0,07	-0,07	0,07	-0,07	0,06	-0,06	-0,03	0,03	0,00	0,00	0,04	-0,04

Fuente: Elaboración Propia

Con la ecuación 3-4 se obtiene los valores utilizados para graficar la curva de secado de la harina de sangre a 45°C y un espesor de 0,2 cm. Dichos valores se muestran en la siguiente tabla III-16.

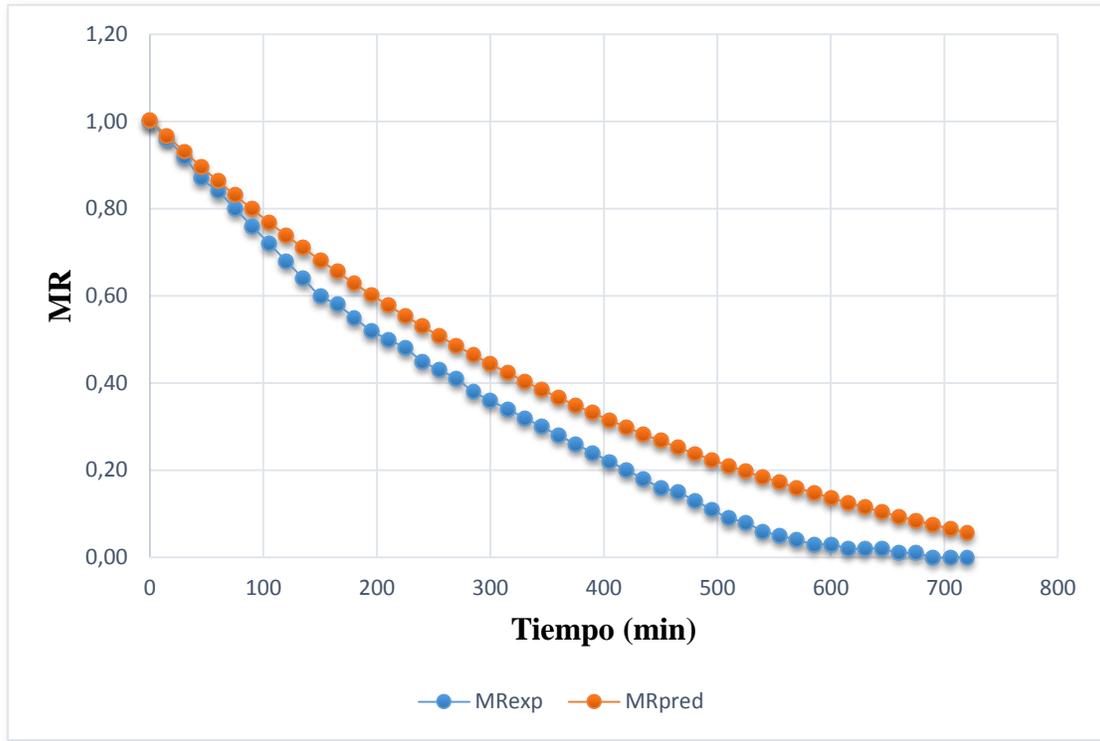
**Tabla III - 16 MR experimentales y MR predichos por el modelo Logarítmico**

<b>Tiempo (min)</b>	<b>MR experimental</b>	<b>MR predicho</b>
0	1,00	1,00
15	0,96	0,97
30	0,92	0,93
45	0,87	0,90
60	0,84	0,86
75	0,80	0,83
90	0,76	0,80
105	0,72	0,77
120	0,68	0,74
135	0,64	0,71
150	0,60	0,68
165	0,58	0,66
180	0,55	0,63
195	0,52	0,60
210	0,50	0,58
225	0,48	0,55
240	0,45	0,53
255	0,43	0,51
270	0,41	0,49
285	0,38	0,46
300	0,36	0,44
315	0,34	0,42
330	0,32	0,40
345	0,30	0,39
360	0,28	0,37
375	0,26	0,35
390	0,24	0,33
405	0,22	0,32
420	0,20	0,30
435	0,18	0,28

<b>Tiempo (min)</b>	<b>MR experimental</b>	<b>MR predicho</b>
450	0,16	0,27
465	0,15	0,25
480	0,13	0,24
495	0,11	0,22
510	0,09	0,21
525	0,08	0,20
540	0,06	0,18
555	0,05	0,17
570	0,04	0,16
585	0,03	0,15
600	0,03	0,14
615	0,02	0,13
630	0,02	0,12
645	0,02	0,10
660	0,01	0,09
675	0,01	0,08
690	0,00	0,08
705	0,00	0,07
720	0,00	0,06

**Fuente:** Elaboración Propia

**Gráfica III - 4 Secado a 45°C, espesor 0,2 cm**  
**Curva de Secado**



**Fuente:** Elaboración Propia

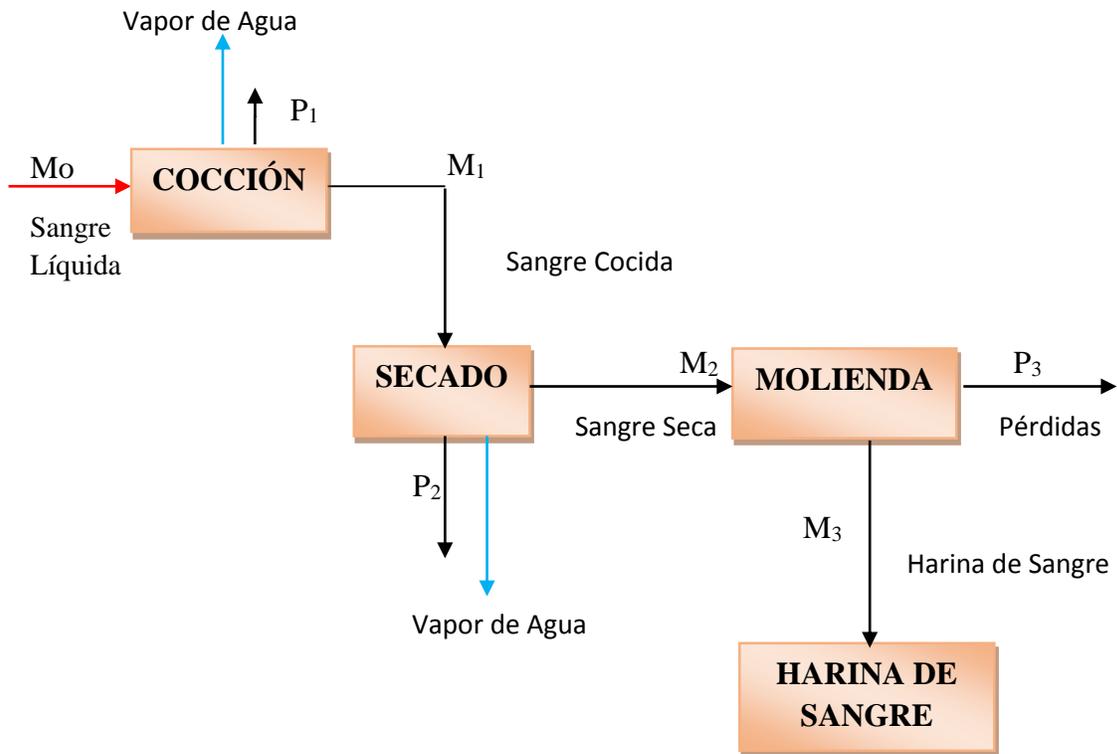
La gráfica III-4 muestra la aproximación entre el modelo logarítmico con los datos experimentales obtenidos; se observa en la gráfica que existe una correlación a través del modelo logarítmico, lo cual está reflejado en la aproximación de los datos respecto a los datos experimentales; de esta manera se concluye que la pérdida de humedad en la sangre corresponde a un modelo logarítmico.

En el anexo D se muestran las curvas de secado para las otras pruebas realizadas y los modelos que mejor describen el secado a las temperaturas (45°C, 55°C) y espesores (0,2cm, 0,5cm) planteadas en el diseño experimental.

## 1.6. BALANCE DE MATERIA

En la siguiente figura 3-1 se muestra el diagrama de bloques para realizar el balance de materia general del proceso de elaboración de “Harina de Sangre”.

**Figura 3 - 1 Balance de Materia**

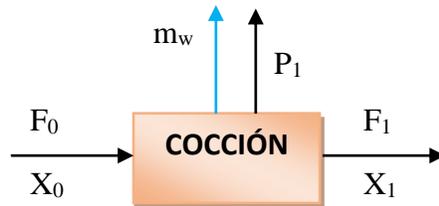


**Fuente:** Elaboración Propia

### 1.6.1. BALANCE DE MATERIA EN EL DIGESTOR ABIERTO

Para realizar las pruebas de secado inicialmente se utiliza una masa de sangre de 5 kg.

En el proceso de cocción se considera un 5,2% de pérdidas al momento de sacar la sangre cocida del digestor abierto.



#### Donde:

$F_0$ = Sangre Líquida= 5 kg

$X_0$ = Humedad de  $F_0$ = 81%

$F_1$ = Sangre cocida= 2,058 kg<sup>(\*)</sup>

$X_1$ = Humedad de  $F_1$

$m_w$ = Agua eliminada

$P_1$ = Pérdidas= 0,26 kg

#### *Cálculo de las Pérdidas*

Para determinar las pérdidas durante el secado de la sangre en el digestor abierto se basaron en el promedio de las mediciones realizadas con este fin de evaluar las pérdidas como un porcentaje de la sangre deshidratada.

**Tabla III-18 Datos de pérdidas del secado**

<b>Masa Total Obtenida (kg)</b>	<b>Pérdidas en el secado (kg)</b>	<b>Porcentaje de pérdidas en el secado (%)</b>
2,058	0,1008	4,9
2,125	0,1147	5,4
2,072	0,1098	5,3
2,035	0,1037	5,1

**Fuente:** Elaboración Propia

Con los datos obtenidos se calcula un promedio de los porcentajes de pérdidas en el secado, el cual es 5,2 %.

#### **Balance de Materia Global**

$$F_0 = F_1 + m_w + P_1 \quad (3-5)$$

#### **Balance de Materia Parcial para el agua**

$$F_0 * X_0 = F_1 * X_1 + m_w \quad (3-6)$$

#### **Cálculo de la masa de agua que se pierde en el proceso de cocción**

Despejando  $m_w$  de la ec. (3-5)

$$m_w = 5 \text{ kg} - 2,058 \text{ kg} - 0,26 \text{ kg} = 2,682 \text{ kg}$$

#### **Cálculo del Porcentaje de Humedad a la salida**

Despejamos  $X_1$  de la ec. (3-6)

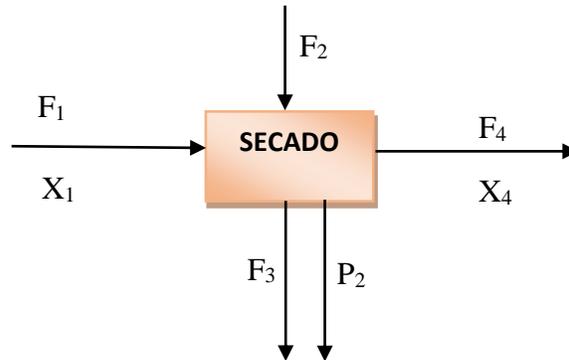
$$X_1 = \frac{F_0 * X_0 - m_w}{F_1}$$

$$X_1 = \frac{(5 * 0,81) - 2,682}{2,058}$$

$$X_1 = 0,6647 \approx 66,47 \%$$

### 1.6.2. BALANCE DE MATERIA EN EL SECADOR

Las cantidades de materia prima utilizada para el secado de la sangre cocida obtenida del proceso de cocción fue distribuida en 2 bandejas grandes de 70x70x5 cm, estableciéndose una carga de masa por bandeja de 1,029 kg; por lo tanto, la cantidad de masa total de entrada al secador es de 2,058 kg del total de la masa obtenida en el digestor abierto. En este proceso se considera un 6% de pérdidas al momento de sacar la sangre seca de las bandejas.



**Donde:**

$F_1$ = Sangre Cocida= 2,058 kg

$X_1$ = Humedad de  $F_1$ = 66,47%

$F_2$ = Aire de entrada

$F_3$ = Aire de salida

$F_4$ = Sangre Seca

$X_4$ = Humedad de  $F_4$ = 6,61%

$P_2$ = Pérdidas en el secado= 0,124 kg

$X_P$ = Humedad de  $P_2$ = 19,94%

$T_{bs}$ = Temperatura de bulbo seco

$T_{bh}$ = Temperatura de bulbo húmedo

$Y$ = Contenido de humedad, kg de agua/kg de aire seco

$H$ = Entalpía del aire, kcal/kg de aire seco

Para encontrar la humedad absoluta de aire de entrada y salida se utilizan los datos de  $T_{bs}$  y  $T_{bh}$  (ver anexo C), donde estos datos se introducen en el diagrama psicométrico y se da lectura de las humedades absolutas del aire y entalpía de entrada y salida del secador.

**Tabla III - 17 Datos de humedad del aire**

<b>Entrada del aire</b>	<b>Salida del aire</b>
<b>T<sub>bs</sub></b> = 39,44°C	<b>T<sub>bs</sub></b> = 27,94°C
<b>T<sub>bh</sub></b> = 21,63°C	<b>T<sub>bh</sub></b> = 25,01°C
<b>HR</b> = 26%	<b>HR</b> = 69%
<b>Y<sub>2</sub></b> = 0,014 kg vapor / kg de aire seco	<b>Y<sub>3</sub></b> = 0,023 kg vapor / kg aire seco
<b>H<sub>2</sub></b> = 7 kcal / kg aire seco	<b>H<sub>3</sub></b> = 12 kcal / kg aire seco

**Fuente:** Elaboración Propia

### *Cálculo de las Pérdidas*

Para determinar las pérdidas durante el secado de la sangre en el secador de bandejas se basaron en el promedio de las mediciones realizadas con este fin de evaluar las pérdidas como un porcentaje de la sangre deshidratada.

**Tabla III-18 Datos de pérdidas en el secador de bandejas**

<b>Masa Total Obtenida (kg)</b>	<b>Pérdidas en el secado (kg)</b>	<b>Porcentaje de pérdidas en el secado (%)</b>
0,9431	0,0547	5,8
0,9466	0,0577	6,1
0,9514	0,0542	5,7
0,9784	0,0616	6,3

**Fuente:** Elaboración Propia

Con los datos obtenidos se calcula un promedio de los porcentajes de pérdidas en el secado, el cual es  $5,97 \approx 6\%$ .

### *Balance de Materia Global*

$$F_1 + F_2 = F_4 + F_3 + P_2 \quad (3-7)$$

### *Balance de Materia Parcial para el agua*

$$F_1 \cdot X_1 + F_2 \cdot Y_2 = F_4 \cdot X_4 + F_3 \cdot Y_3 + P_2 \cdot X_P \quad (3-8)$$

### *Balance de Materia Parcial para el sólido seco (sangre)*

$$F_1 * X_{1s} = F_4 * X_{4s} + P_2 * X_{ps} \quad (3-9)$$

De la ec. (3-9) se despeja  $F_4$ :

$$F_4 = \frac{F_1 * X_{1s} - P_2 * X_{ps}}{X_{4s}}$$

$$F_4 = \frac{2,058 \text{ kg} * 0,3353 - 0,124 \text{ kg} * 0,801}{0,934}$$

$$F_4 = 0,6325 \text{ kg}$$

De la ec. (3-7) se despeja  $F_3$ :

$$F_3 = F_1 + F_2 - F_4 - P_2 \rightarrow F_3 = 2,058 - 0,6325 - 0,124 + F_2$$

$$F_3 = 1,3015 \text{ kg} + F_2 \quad (3-10)$$

Se reemplaza la ec. (3-10) en la ec. (3-8)

$$F_1 * X_1 + F_2 * Y_2 = (1,3015 + F_2) * Y_3 + F_4 * X_4 + P_2 * X_P$$

$$2,058 * 0,6647 + F_2 * 0,014 = (1,3015 + F_2) * 0,023 + 0,6325 * 0,0661 + 0,124 * 0,1994$$

$$F_2 = 141,33 \text{ kg}$$

Reemplazando  $F_2$  en la ec. (3-10)

$$F_3 = 142,63 \text{ kg}$$

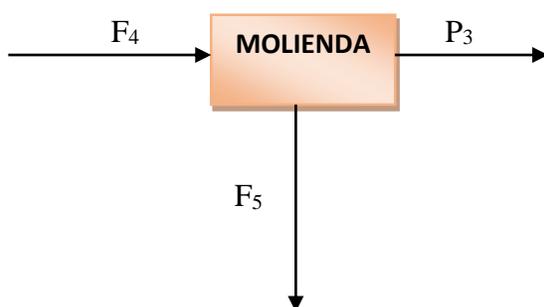
**Cantidad de agua evaporada**

$$m_w = F_3 - F_2 \rightarrow m_w = 142,63 \text{ kg} - 141,33 \text{ kg}$$

$$m_w = 1,3 \text{ kg}$$

Como se observa del balance de energía se obtiene que 141,33 kg de aire es necesario para evaporar 1,3 kg de agua de la sangre semi seca que entra al secador de bandejas.

### 1.6.3. BALANCE DE MATERIA EN EL MOLINO



**Donde:**

**F<sub>4</sub>**= Sangre seca

**F<sub>5</sub>**= Harina de sangre

**P<sub>3</sub>**= Pérdidas

***Balance de Materia General***

$$\mathbf{F_4 = F_5 + P_3}$$

***Cálculo de las Pérdidas***

Para determinar las pérdidas por el molido de la sangre deshidratada se basaron en el promedio de las mediciones realizadas con este fin de evaluar las pérdidas como un porcentaje de la sangre deshidratada, para lo cual se utilizó la siguiente ecuación:

Pérdidas durante la molienda para de sangre deshidratada.

***Harina de sangre molida = Pérdidas en el molido \* 100 / sangre deshidratada***

**Tabla III - 18 Datos de pérdidas de la molienda**

<b>Pérdidas en la molienda (kg)</b>	<b>Porcentaje de pérdidas en la molienda (%)</b>
0,02	4,12
0,012	2,47
0,015	3,08
0,028	5,76

**Fuente:** Elaboración propia

Con los datos obtenidos se calcula un promedio de los porcentajes de pérdidas en la molienda, el cual es 3,86 %

$$P_3 = 3.86\%$$

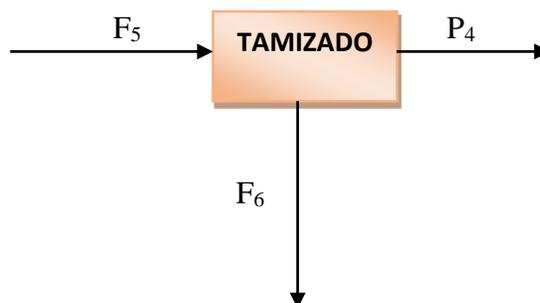
$$F_4 = 0,6325 \text{ kg}$$

$$P_4 = 0,6325 \text{ kg} * 0,0386 = 0,024 \text{ kg}$$

$$F_5 = F_4 - P_3 \rightarrow F_5 = 0,6325 \text{ kg} - 0,024 \text{ kg}$$

$$F_5 = \mathbf{0.6085 \text{ kg}}$$

#### 1.6.4. BALANCE DE MATERIA EN EL TAMIZADOR



**Donde:**

**F<sub>5</sub>**= Harina de sangre molida

**F<sub>6</sub>**= Harina de sangre tamizada

**P<sub>4</sub>**= Pérdidas

**Balance de Materia General**

$$F_5 = F_6 + P_4$$

*Cálculo de las Pérdidas*

Se realiza el cálculo para las pérdidas en el tamizado con una masa de 0,367 kg de harina de sangre molida.

Harina de sangre tamizada= Pérdidas en el tamizado \* 100 / Harina de sangre molida.

**Tabla III - 19 Datos de pérdidas en el tamizado**

<b>Pérdidas en el tamizado (kg)</b>	<b>Porcentaje de pérdidas en el tamizado (%)</b>
0,0016	0,43
0,0055	1,49
0,0223	6,07
0,0125	3,40

**Fuente:** Elaboración propia

Con los datos obtenidos se calcula un promedio de los porcentajes de pérdidas en la molienda, el cual es 2,85 %

$$P_4 = 2,85\%$$

$$F_6 = F_5 - P_4$$

$$F_5 = 0,6085 \text{ kg}$$

$$F_6 = 0,6085 \text{ kg} - 0,0173 \text{ kg}$$

$$P_4 = 0,6085 \text{ kg} * 0,0285 = 0,0173 \text{ kg}$$

$$F_6 = 0,5912 \text{ kg}$$

### 1.6.5. RENDIMIENTO DEL PROCESO

$$\eta = \frac{M_f}{M_0} * 100 \quad (3-11)$$

#### 1.6.5.1. Rendimiento en el Digestor Abierto

En este proceso la masa inicial es de 5 kg y la masa de salida es de 2,058 kg como se observa en el balance de materia 3.7.1.

$$\eta = \frac{2,058}{5} * 100 \quad \eta = 41,16 \%$$

#### 1.6.5.2. Rendimiento en el Secador

Como se indica en el balance de materia, la masa de entrada en el proceso es 2,058 kg obteniendo una masa de salida de 0,6325 kg.

$$\eta = \frac{0,6325}{2,058} * 100 \quad \eta = 30,73 \%$$

#### 1.6.5.3. Rendimiento en el Molino

Como se indica en el balance de materia, la masa de entrada es 0,6325 kg obteniendo una masa de salida de 0,6085 kg.

$$\eta = \frac{0,6085}{0,6325} * 100 \quad \eta = 96,20 \%$$

#### 1.6.5.4. Rendimiento en el Tamizador

Como se indica en el balance de materia, la masa de entrada es 0,6085 kg obteniendo una masa de salida en el proceso de 0,5912 kg.

$$\eta = \frac{0,5912}{0,6085} * 100 \quad \eta = 97,15 \%$$

## RENDIMIENTO TOTAL DEL PROCESO

$$\eta = \frac{M_f}{M_{0SS}} * 100$$

$$\eta = \frac{0,6325}{0,950} * 100 \quad \eta = 66,58 \%$$

### 1.7. BALANCE DE ENERGÍA

#### 1.7.1. BALANCE DE ENERGÍA EN EL DIGESTOR ABIERTO

Materia Prima	Alimentación (F <sub>0</sub> )kg	T <sub>inicial</sub> °C	T <sub>final</sub> °C	Agua Evaporada m <sub>w</sub> kg	C <sub>p</sub> sangre Kcal / kg °C	λ <sub>vapor</sub> Kcal / kg
Sangre Líquida	5	25	92	2,682	0.848	544.75

Fuente: Elaboración Propia



El digestor abierto está provisto de una hornilla que calienta a fuego directo, con el objetivo de alcanzar una temperatura no mayor a los 100 °C; se trabajó a presión atmosférica 610.05 mmHg = 0.803 atm logrando una temperatura máxima de 92 °C, de este modo se redujo el contenido de humedad de la sangre vacuna y porcina de 81 % hasta un 66,47 %.

El calor latente de vaporización del agua a 92 °C es 544.75 Kcal/ Kg que puede obtenerse directamente a partir de las tablas de vapor de agua del **McCabe, Smith, Harriott, (1991)**.

El calor específico de la sangre se puede calcular mediante la siguiente ecuación para subproductos cárnicos que se muestra en la tabla I-3.

$$C_p = \frac{P}{100} + 0,2 \frac{100 - P}{100} \quad (3-12)$$

Donde P es el porcentaje contenido en agua 81%.

$$C_p = 0,848 \text{ Kcal/ Kg } ^\circ\text{C}$$

Para disoluciones cuyos calores de dilución son despreciables, los balances de entalpía pueden calcularse a partir de los calores específicos y las temperaturas de las disoluciones.

$$Q = F_o C_{p_{\text{sangre}}} (T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}}) + m_w \lambda_{\text{vapor}} \quad (3-13)$$

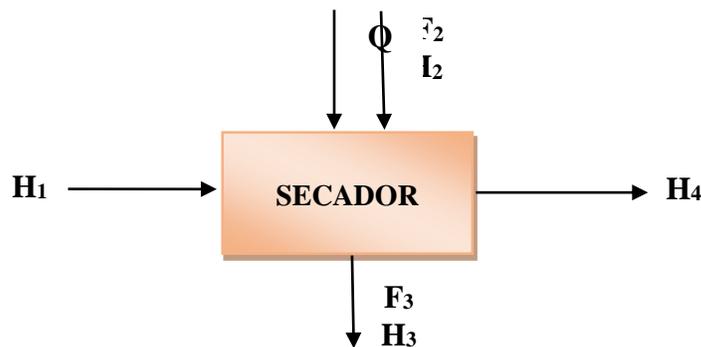
$$Q = [5 \text{ kg} * 0,848 \text{ Kcal/kg}^\circ\text{C} (92^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})] + (2,682 \text{ kg} * 544,75 \text{ Kcal/kg})$$

$$Q = 1745,09 \text{ Kcal}$$

### 1.7.2. BALANCE DE ENERGÍA EN EL SECADOR

Materia Prima	Temperatura Inicial °C	Temperatura Final °C	Agua Evaporada (m <sub>w</sub> ) kg
Sangre cocida	30	45	1,3

Fuente: Elaboración Propia



Los datos de  $H_1$  y  $H_4$  se hallan mediante las tablas de vapor, que son entalpías a la temperatura de entrada y a la temperatura de salida del secador, (ver anexo C).

$$H_1 (30^\circ\text{C}) = 125,7 \text{ KJ/kg} = 30,04 \text{ Kcal/kg}$$

$$H_4 (45^\circ\text{C}) = 186,4 \text{ KJ/kg} = 44,55 \text{ Kcal/kg}$$

**Balance Global:**

$$H_{ent} - H_{sal} + \delta Q = 0$$

$$H_1 * m_w + H_2 * F_2 - H_4 * m_w - H_3 * F_3 + Q = 0$$

$$Q = 44,55 \text{ Kcal/kg} * 1,3 \text{ kg} + 12 \text{ Kcal/kg} * 142,63 \text{ kg} - 30,04 \text{ Kcal/kg} * 1,3 \text{ kg} - 7 \text{ Kcal/kg} * 141,33 \text{ kg}$$

$$Q = 741,113 \text{ Kcal}$$

Con el resultado obtenido se dice que el calor requerido en el proceso de secado es de 741,113 Kcal.

## 1.8.DETERMINACIÓN APROXIMADA DE COSTOS DE PRODUCCIÓN

### 1.8.1. CONSIDERACIONES ASUMIDAS

El costo de producción para la elaboración de Harina de Sangre se determina tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- i. El proceso de cocción se efectuó a escala laboratorio
- ii. El secado se realiza en un secador de bandejas a escala laboratorio
- iii. La molienda se la realiza en un molino de bolas; por lo tanto, es escala laboratorio

El costo variable contempla:

- Costos de materia prima
- Costos de gas natural
- Costos de energía eléctrica

#### Precios de Materia Prima:

Item	Descripción	Precio Bs/Kg
01	Sangre de vaca y cerdo	0.00

#### Características de los equipos utilizados:

Item	Equipo	Descripción	Potencia del Equipo
02	Digestor Abierto	Cocción de sangre	0.7457 KW
03	Secador	Secado de sangre	0.07457 KW
04	Molino	Molienda de harina	0.25 KW
05	Tamizador	Tamizado de harina	0.08 KW

### Consumo de gas natural

Item	Detalle	Descripción	Consumo
07	Gas	Cocción de sangre	0.024 m3

### 1.8.2. COSTOS DE PRODUCCIÓN

En las siguientes tablas se presenta el costo de energía eléctrica que se tuvo para cada prueba realizada. Los costos calculados están hechos tomando como base el precio de 1,50 Bs/KWH que cobra la empresa de energía eléctrica SETAR (Servicios Eléctricos Tarija).

En la siguiente tabla se muestra el costo energía eléctrica para la muestra de harina de sangre a 45°C y 0,2 cm de espesor

**Tabla III - 20 Costo de energía eléctrica para 12 horas de trabajo**

Energía Eléctrica				
Item	Potencia (KW)	Tiempo (h)	Energía (KWH)	Costo (Bs)
02	0,7457	2	1,49	2,24
03	0,07457	12	0,89	1,34
04	0,25	1	0,25	0,37
05	0,08	0,5	0,04	0,06
<b>Total 1</b>	<b>1.15</b>	<b>15.5</b>	<b>2.67</b>	<b>4.01</b>

**Fuente:** Elaboración Propia

En la siguiente tabla se muestra el costo de energía eléctrica para la harina de sangre a 45° y 55°C con 0,5 cm de espesor.

**Tabla III - 21 Costo de energía eléctrica para 13,50 horas de trabajo**

<b>Energía Eléctrica</b>				
<b>Item</b>	<b>Potencia (KW)</b>	<b>Tiempo (h)</b>	<b>Energía (KWH)</b>	<b>Costo (Bs)</b>
<b>02</b>	0,7457	2	1,49	2,24
<b>03</b>	0,07457	13,5	1,01	1,51
<b>04</b>	0,25	1	0,25	0,37
<b>05</b>	0,08	0,5	0,04	0,06
<b>Total 2</b>	<b>1.15</b>	<b>17</b>	<b>2.79</b>	<b>4.19</b>

**Fuente:** Elaboración Propia

El costo de energía eléctrica para la harina de sangre a 55°C y 0,2 cm de espesor se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla III - 22 Costo de energía eléctrica para 11,50 horas de trabajo**

<b>Energía Eléctrica</b>				
<b>Item</b>	<b>Potencia (KW)</b>	<b>Tiempo (h)</b>	<b>Energía (KWH)</b>	<b>Costo (Bs)</b>
<b>02</b>	0,7457	2	1,49	2,24
<b>03</b>	0,07457	11,5	0,86	1,28
<b>04</b>	0,25	1	0,25	0,37
<b>05</b>	0,08	0,5	0,04	0,06
<b>Total 3</b>	<b>1.15</b>	<b>15</b>	<b>2.64</b>	<b>3.95</b>

**Fuente:** Elaboración Propia

Como se puede observar en las tablas anteriores, la diferencia de costos entre los tiempos de consumo es mínima, se puede decir que casi igual debido a que los equipos utilizados en laboratorio son de potencias pequeñas.

El consumo de gas natural también fue mínimo durante el proceso de cocción ya que se gastó una garrafa de gas para la realización de las pruebas en laboratorio para este proyecto

**Tabla III - 23 Costo de Gas natural**

<b>Item</b>	<b>Consumo</b>	<b>Costo* (Bs)</b>
<b>06</b>	0,024 m <sup>3</sup>	22,50
<b>Sub Total = 22.50 Bs</b>		

\*EMTAGAS cobra 22,50 Bs la garrafa de GLP

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 1.1. CONCLUSIONES

El presente trabajo de investigación permite generar información para llevar a cabo la obtención de “Harina de Sangre”, un producto con un elevado contenido proteico.

A partir de los resultados de la presente investigación, se pueden formular las siguientes conclusiones:

- I. Las propiedades físico-químicas de la “Sangre” procedente del Matadero Municipal de Tarija fueron determinadas en el Laboratorio de Análisis Químico Clínico “BIOMED”, son: Proteínas 15.45%, Grasa 0.96%, Humedad 81%, Cenizas 1.18%.
- II. Se cuantificaron los volúmenes de sangre que se generan durante el faeneo de reses y cerdos en el Matadero Municipal de la ciudad de Tarija, siendo un promedio de 826,8 litros por día de sangre de reses y 308 litros por día de sangre de cerdos.
- III. Se determinaron las etapas del proceso de elaboración a escala laboratorio de la harina de Sangre vacuna y porcina, que incluye: recepción y almacenamiento de la materia prima, cocción de la sangre, secado de la sangre, molienda, tamizado, envasado y almacenamiento del producto final.
- IV. Las variables que se determinaron para las condiciones de operación en el proceso productivo, son aquellas obtenidas de acuerdo al diseño experimental para el proceso de secado, habiéndose llegado a la conclusión que la temperatura de operación es de 45 °C y el espesor en las bandejas sea de 0.2 cm, con lo que alcanza un secado en un tiempo óptimo y se obtiene una harina de mejor aspecto, con pequeñas pérdidas en el momento del secado ya que a elevadas temperaturas se forman costras en las bandejas lo que dificulta la recolección de la misma. Si se tiene un mayor espesor el tiempo de secado aumenta y puede reducir la rentabilidad de la operación.

- V. Se obtuvo la curva de secado de la sangre aplicando modelos matemáticos mostrados en la tabla II-9; siendo el modelo logarítmico el que mejor aproximación presenta para cada una de las pruebas realizadas. Dando como resultados de  $R^2$  0,998 y de SCR 0,007 para el secado de la sangre a una temperatura de 45°C y 0,2 cm de espesor
- VI. Según el análisis de varianza que se realizó en el proceso de secado, los factores de temperatura y espesor son significativos para un nivel de confianza de 95%. La humedad depende exclusivamente de la temperatura y del espesor de las bandejas.
- VII. Al realizar el análisis comparativo de color y olor entre las muestras obtenidas en el secado de la harina de sangre a temperaturas de 45 °C y 55 °C, se observó que a 55°C de temperatura, se presenta costras en la superficie de la muestra lo cual puede causar la desnaturalización de proteínas, lo que genera un pardeamiento de la muestra, reduciendo casi totalmente el aroma característico de la sangre; por otro lado, la de 45°C de temperatura tiene un color rojo pardo y un suave aroma característico de sangre.
- VIII. La harina de sangre obtenida tiene las siguientes propiedades fisicoquímicas determinadas en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID) y en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”; se tiene: Proteína 77,91%, Grasa 3,90%, Humedad 6,61%, Cenizas 3,65%, con estos datos obtenidos se determina que la harina de sangre cuenta con importantes nutrientes.
- IX. El rendimiento que se consigue de la obtención de harina de sangre es bajo ya que de 5 kg de sangre se obtiene 2,253 kg de los cuales 2,058 kg de harina semi seca se reparte en dos bandejas cada una con 1,029 kg que entran al secador; después del secado mediante balance de masa se obtiene 0,6325 kg de harina de sangre en total, debido a que la materia prima contiene una gran cantidad de agua la cual alcanza a 81%, la que se evapora en el secado de la misma hasta alcanzar 6,61% de humedad.

- X. La harina de sangre obtenida contiene una digestibilidad del 91,77%; este análisis se realizó en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID); con este dato obtenido se determina que la harina de sangre es mucho más digerible porque su digestibilidad es muy elevada frente a otras harinas.
  
- XI. El presente trabajo de investigación contribuye a la incorporación dentro del mercado de nuestra ciudad un producto que sea complemento proteínico en forma de harina de origen animal; el producto logrará mejorar la alimentación de animales domésticos y animales de engorde utilizándolo como materia prima para la elaboración de diferentes tipos de alimentos balanceados. De esta manera se logrará un mayor aprovechamiento de los residuos generados en el Matadero Municipal de la ciudad de Tarija, aportando también a la mejora del medio ambiente.

## **1.2. RECOMENDACIONES**

Durante el tiempo en que se desarrolla el presente trabajo de investigación, se identifican distintos factores que mejoran y complementan la información obtenida en la investigación.

- 1) Se debe tener cuidado en la recolección de la sangre cuando se está faenando al animal, porque no se debe contaminar la materia prima con agua u otras sustancias presentes en el medio; por tanto, los recipientes que se manejen para la recolección deben tener asepsia.
  
- 2) Antes de realizar el proceso de secado se recomienda disminuir la humedad mediante evaporación, prensado o centrifugado, de manera que se acelere el proceso de secado, lo cual es recomendable para que en el momento del secado no se formen costras en la superficie de las bandejas.
  
- 3) Debido a las canalizaciones o desvíos en el flujo de aire, algunas áreas de la muestra de harina de sangre semi seca dispuesta sobre las bandejas pueden tostarse en mayor medida que otras debido a que la energía que está concentrada

en el centro del secador por el flujo de aire, por lo que se recomienda que se esparza uniformemente en las bandejas y no tenga espesores mayores porque ofrecen mayor resistencia al flujo de aire y disminuyen la velocidad de secado.

- 4) Se recomienda que durante el secado se abra y cierre la menor cantidad de veces posibles para evitar las pérdidas de calor y la humidificación de la muestra, lo cual influye en los resultados del proceso de secado.
- 5) El lugar de almacenamiento de la harina de sangre debe ser limpio, con poca luz, con aire seco, evitando que le dé la luz directa del sol, absorba humedad del ambiente para evitar su descomposición y ser separada de otros productos que se tenga alrededor con los que puedan intercambiar olores.
- 6) Es importante que el Matadero Municipal de la ciudad de Tarija implemente la producción de harina de sangre e instale un equipo de secado con capacidad para aumentar el volumen de sangre que genera actualmente y a futuro, para dar valor agregado a este importante alimento.
- 7) Se recomienda investigar más a profundidad métodos de procesamiento de la sangre proveniente de mataderos, como la obtención del plasma contenido en la sangre que es utilizado como insumo suplementario para productos alimenticios, ya que contribuyen a mejorar la calidad nutricional de los productos que la contengan.
- 8) Como la sangre tiene un elevado porcentaje en proteínas y nutrientes, el método para su obtención debe tener un proceso de secado más eficiente que el utilizado en este proyecto, ya que de él depende que no se pierda la cantidad de proteínas presentes en la materia prima. Por ello, el método más eficiente y recomendado es el spray dryer aunque por su elevado costo no justifica su utilización en el matadero municipal de la ciudad de Tarija debido al volumen de sangre que se genera del faenado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- (1) **Wilma Fátima Gallardo Llanos (1998)**. *Aplicación de Técnicas de Reducción de Desechos en el Matadero Municipal de la Ciudad de Tarija*. (Licenciada en Ing. Química). Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, Facultad de Ciencias y Tecnología. Tarija (Bolivia).
- (2) **Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles (2010, Julio)**, *Guía Técnica de Producción Más Limpia para Mataderos de Bovinos*, Fecha de consulta: 25 de marzo de 2011.  
  
Disponible en: <http://www.BOVINOSCap5.pdf>.
- (3) **Mauricio Bonilla Padilla**, “*Guía para el Manejo de Residuos en Rastros y Mataderos Municipales*”,  
  
Fecha de consulta: 23 de abril de 2011  
  
Disponible en:  
[www.cofepris.gob.mx/Documents/TemasInteres/Alimentos/GUIA4.PDF](http://www.cofepris.gob.mx/Documents/TemasInteres/Alimentos/GUIA4.PDF)
- (4) **Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente**, “Ley 1333 del Medio Ambiente”, Oruro-Bolivia, Ley del 27 de abril de 1992.
- (5) **Lorena Moreno, Doris Puentes (junio 2009)**, *Elaboración de un concentrado de uso avícola a partir de residuos revalorizados de la industria alimentaria*, Fecha de consulta: 22 de abril de 2011.  
  
Disponible en: [http://www.Lunazul28\\_5.pdf](http://www.Lunazul28_5.pdf). Colombia.
- (6) **Gustavo Adolfo Guerrero Marín**, “*Elaboración de Sangre Deshidratada para alimentos balanceados*”, Fecha de consulta: 22 de abril de 2011  
  
Disponible en: <http://www.CD-2427.pdf>.
- (7) **Manual de Guía de Laboratorio**, “*Estufa de Secado*”, Fecha de consulta: 16 de mayo de 2011.  
  
**Disponible en:** <http://www.cap13.pdf>
- (8) **McCabe, Smith, Harriott, (1991)**. *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química*. Editorial McGRAW-HILL/INTERAMERICANA. 4ª ed. España.

(9) **Dr. Elma Rossell Simon**, “*Conservación de la Sangre*”, Fecha de consulta: 16 de mayo de 2011.

Disponible en: <http://www.rnbiofa93020210.pdf>.

(10) **Ing. Mario Salinas Pérez (2004)**. *Aplicaciones Mercados Posibles para Residuos de Mataderos*. (Licenciado en Ing. Química). Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Ingeniería. La Paz (Bolivia).

(11) **Christie J. Geankoplis, (1998)**. *Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias*. Editorial Continental S.A. de C.V. 3ª ed. Mexico.

(12) **Balcazar M. E. y Guamba J P. 2009**, “*CapIMolienda*”, Fecha de Consulta: 05 de Febrero de 2012

Disponible en: <http://www.http://es.scribd.com/doc/154522731/CAPITULO-I>

(13) **Medivision, La Historia de la Medicina**, “*La Sangre Glóbulos Rojos y Blancos-Grupos Sanguíneos-La Hemoglobina-El Plasma*”, Fecha de consulta: 06 de Febrero de 2012.

Disponible en: [http://www.La Sangre Plasma sanguineo Globulos rojos y blanco Grupos sanguíneos La hemoglobina.html](http://www.LaSangrePlasmaSanguineoGlobulosRojosyBlancoGruposSanguineosLaHemoglobina.html)

(14) **Pearl, G.**, “*Materias Primas, Proceso de reciclado y Subproductos de Origen Animal*”, Fecha de consulta: 06 de Febrero de 2012.

Disponible en: [http:// www.Fao.org/AG/agA/AGAP/FRG/AHP134/cap7.html](http://www.Fao.org/AG/agA/AGAP/FRG/AHP134/cap7.html)

(15) **Amepa**, “*Proteínas y Grasas de la Industria de reciclaje de los EUA.*” Fecha de consulta: 15 de Marzo de 2012

Disponible en: <http://www.amepa.org/nuevo/amepasite/NRA/02.pdf>

(16) **Alvarez M.,Lizarazu**, “*Absorción y Metabolismo de proteínas*”, Fecha de consulta: 15 de Marzo de 2012.

Disponible en:

[www.uady.mx/veterina/Modulos/PaginaWebNutAnimAvan/ABSORCIONYMETABOLISMODEPROTEINAS.ppt](http://www.uady.mx/veterina/Modulos/PaginaWebNutAnimAvan/ABSORCIONYMETABOLISMODEPROTEINAS.ppt)

**(17) Patricio Martínez Poveda**, “*Tecnología de Carnes, Sangre*”, Fecha de Consulta: 06 de Febrero de 2012

Disponible en: [http://www.TecnologiaCarnes .html](http://www.TecnologiaCarnes.html)

**(18) Marco Flores, FRIDOSA (2010)**, “Plasma Bovino”, Fecha de Consulta: 01 de Abril de 2012

Disponible en: <http://www.Fridosa.com>

**(19) Caruso M., L H. (2002)**, “*Desechos de mataderos como alimento animal en Colombia*”, Fecha de Consulta: 01 de Abril de 2012

Disponible en: [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/manejo\\_del\\_alimento/16-valoracion\\_nutritica\\_de\\_los\\_alimentos.htm](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/16-valoracion_nutritica_de_los_alimentos.htm)

## ANEXO A

### PÉRDIDA DE PESO DE LA HARINA DE SANGRE DURANTE EL SECADO

En la siguiente tabla se observa la pérdida de peso de la harina de sangre semi seca durante el secado en el secador de bandejas, para dicha prueba se usa una masa inicial de 128 g en una bandeja pequeña de 15 x 15 cm con un espesor de harina de sangre de 0.2 cm para cada temperatura de 45 °C y 55 °C.

**Tabla A-1: Pérdida de peso de la harina de sangre a 45 y 55 °C, espesor de 0.2 cm**

Tiempo (min)	T 45 °C		T 55 °C	
	Ensayo I (g)	Ensayo II (g)	Ensayo I (g)	Ensayo II (g)
0	128,00	128,00	128,00	128,00
15	124,24	125,01	125,63	125,58
30	121,20	121,80	123,03	123,15
45	118,23	117,86	120,43	120,34
60	115,54	115,65	117,38	117,29
75	112,34	111,97	115,32	115,23
90	109,23	109,16	112,36	112,65
105	106,24	106,05	110,03	110,38
120	103,15	102,97	107,43	107,34
135	100,20	100,13	104,83	104,28
150	97,24	96,99	102,23	102,34
165	95,23	95,11	99,36	99,45
180	93,03	93,14	97,30	97,47
195	90,83	90,88	94,34	94,48
210	89,04	89,10	91,82	91,76
225	87,44	87,54	89,36	89,25
240	85,71	85,66	86,65	86,57
255	84,24	84,35	84,03	83,97
270	83,45	83,51	81,59	81,64
285	82,84	82,72	79,59	79,35
300	81,56	81,44	77,95	77,59
315	80,28	80,06	75,60	75,24
330	79,00	79,15	73,20	73,33
345	77,72	77,84	70,80	70,51
360	76,44	76,26	68,89	68,77
375	75,31	75,18	68,53	68,45

390	74,01	73,97	68,07	68,00
Tiempo (min)	T 45 °C		T 55 °C	
	Ensayo I (g)	Ensayo II (g)	Ensayo I (g)	Ensayo II (g)
405	72,71	72,18	67,58	67,65
420	71,41	71,52	67,41	67,33
435	70,11	70,13	67,02	66,88
450	68,81	68,85	66,73	66,67
465	67,51	67,16	66,37	66,21
480	66,21	66,43	66,01	65,89
495	64,91	64,86	65,65	63,94
510	63,61	63,55	60,01	59,95
525	62,31	62,24	56,21	55,42
540	59,71	59,63	51,84	51,67
555	58,41	58,32	48,01	48,22
570	57,11	57,04	47,53	47,46
585	55,81	55,79	47,15	47,11
600	54,56	54,37	46,92	47,01
615	53,29	53,16	46,79	46,82
630	51,94	52,01	46,54	46,58
645	51,62	51,78	46,39	46,25
660	51,46	51,55	46,15	46,12
675	51,18	51,20	46,09	46,05
690	50,74	50,81	46,09	46,05
705	50,61	50,32		
720	50,61	50,32		

**Fuente:** Elaboración Propia

En la tabla A-2 se observa la pérdida de peso de la harina de sangre semi seca durante el secado en el secador de bandejas, para dicha prueba se usa una masa inicial de 128 g en una bandeja pequeña de 15 x 15 cm con un espesor de harina de sangre de 0.5 cm para cada temperatura de 45 °C y 55 °C.

**Tabla A-2: Pérdida de peso de la harina de sangre a 45 y 55 °C, espesor de 0.5 cm**

Tiempo (min)	T 45 °C		T 55 °C	
	Ensayo I (g)	Ensayo II (g)	Ensayo I (g)	Ensayo II (g)
0	128,00	128,00	128,00	128,00
15	125,00	124,87	126,61	126,16
30	122,03	122,21	124,46	124,64
45	119,08	119,15	122,23	122,32
60	116,04	116,00	120,01	120,12
75	113,01	113,12	117,81	117,19
90	110,15	110,04	115,60	115,06
105	107,02	106,98	113,41	113,15
120	104,11	104,10	111,27	111,74
135	101,21	101,34	109,00	109,08
150	98,08	98,14	106,80	106,87
165	94,58	94,26	104,62	104,24
180	89,72	89,27	102,46	102,65
195	88,06	88,34	100,18	100,81
210	86,40	86,28	98,05	98,52
225	84,74	84,51	95,76	95,64
240	83,08	83,41	93,61	93,14
255	81,23	81,17	92,39	92,93
270	80,27	80,42	91,33	91,61
285	79,31	79,13	90,07	90,73
300	78,35	78,54	89,23	89,35
315	77,39	77,36	88,86	88,63
330	76,43	76,03	86,60	86,04
345	75,47	75,25	84,45	84,51
360	74,51	74,15	82,84	82,49
375	73,55	73,16	81,78	81,89
390	72,59	72,45	76,78	76,81
405	71,63	71,28	71,65	71,58
420	70,67	70,47	66,78	66,89
435	69,71	69,17	66,12	66,24
450	68,75	68,65	65,72	65,28

Tiempo (min)	T 45 °C		T 55 °C	
	Ensayo I (g)	Ensayo II (g)	Ensayo I (g)	Ensayo II (g)
465	67,79	67,47	65,38	65,14
480	66,53	66,28	64,92	64,29
495	65,87	65,49	64,31	64,18
510	64,91	64,81	64,00	64,05
525	63,95	63,49	63,69	63,92
540	62,99	62,85	62,81	62,19
555	62,03	62,14	62,36	62,24
570	61,07	61,11	61,08	61,17
585	60,11	60,08	61,05	61,00
600	59,15	59,09	60,49	60,16
615	58,19	58,04	59,91	59,51
630	57,23	57,13	59,23	59,14
645	56,27	56,15	58,60	58,72
660	55,31	55,04	58,15	58,03
675	54,35	54,01	57,74	57,61
690	53,39	53,20	57,30	57,22
705	52,43	52,31	56,86	56,78
720	50,48	51,19	55,61	55,57
735	48,92	49,46	54,47	54,39
750	48,17	48,25	53,98	53,85
765	47,94	48,01	53,62	53,57
780	47,78	47,82	53,34	53,28
795	47,67	47,75	53,12	53,09
810	47,67	47,75	53,12	53,09

**Fuente:** Elaboración Propia

## ANEXO B

### CONTENIDO DE HUMEDAD EN BASE SECA

Para el cálculo de la humedad en base seca de las muestras de harina de sangre se utiliza los datos del anexo A tabla A-1.

En la siguiente tabla se presenta los resultados de la humedad en base seca de la muestra de harina de sangre con un espesor de 0.2 cm.

**Tabla B-1: Contenido de Humedad en Base seca de la harina de sangre a 45 y 55 °C, espesor de 0.2 cm**

Tiempo (min)	T 45 °C		T 55 °C	
	X (kg H <sub>2</sub> O/kgSS)			
0	1,5291	1,5437	1,7772	1,7796
15	1,4549	1,4843	1,7258	1,7270
30	1,3948	1,4205	1,6693	1,6743
45	1,3361	1,3422	1,6129	1,6132
60	1,2829	1,2983	1,5468	1,5470
75	1,2197	1,2252	1,5021	1,5023
90	1,1583	1,1693	1,4378	1,4463
105	1,0992	1,1075	1,3873	1,3970
120	1,0381	1,0463	1,3309	1,3309
135	0,9798	0,9899	1,2745	1,2645
150	0,9214	0,9275	1,2181	1,2224
165	0,8816	0,8901	1,1558	1,1596
180	0,8382	0,8510	1,1111	1,1166
195	0,7947	0,8060	1,0469	1,0517
210	0,7593	0,7707	0,9922	0,9926
225	0,7277	0,7397	0,9388	0,9381
240	0,6935	0,7023	0,8800	0,8799
255	0,6645	0,6763	0,8232	0,8235
270	0,6489	0,6596	0,7702	0,7729
285	0,6368	0,6439	0,7268	0,7231
300	0,6115	0,6184	0,6913	0,6849
315	0,5862	0,5910	0,6403	0,6339
330	0,5610	0,5729	0,5882	0,5924
345	0,5357	0,5469	0,5361	0,5312
360	0,5104	0,5155	0,4947	0,4934

Tiempo (min)	T 45 °C		T 55 °C	
	X (kg H2O/kgSS)	X (kg H2O/kgSS)	X (kg H2O/kgSS)	X (kg H2O/kgSS)
375	0,4880	0,4940	0,4869	0,4864
390	0,4624	0,4700	0,4769	0,4767
405	0,4367	0,4344	0,4663	0,4691
420	0,4110	0,4213	0,4626	0,4621
435	0,3853	0,3937	0,4541	0,4523
450	0,3596	0,3682	0,4478	0,4478
465	0,3339	0,3347	0,4400	0,4378
480	0,3082	0,3202	0,4322	0,4308
495	0,2826	0,2890	0,4244	0,3885
510	0,2569	0,2629	0,3020	0,3018
525	0,2312	0,2369	0,2196	0,2035
540	0,1798	0,1850	0,1248	0,1220
555	0,1541	0,1590	0,0417	0,0471
570	0,1284	0,1335	0,0312	0,0306
585	0,1027	0,1087	0,0230	0,0230
600	0,0780	0,0805	0,0180	0,0208
615	0,0530	0,0564	0,0152	0,0167
630	0,0263	0,0336	0,0098	0,0115
645	0,0200	0,0290	0,0065	0,0043
660	0,0168	0,0244	0,0013	0,0015
675	0,0113	0,0175	0,0000	0,0000
690	0,0026	0,0097	0,0000	0,0000
705	0,0000	0,0000		
720	0,0000	0,0000		

**Fuente:** Elaboración Propia

En la siguiente tabla se presenta los resultados de la humedad en base seca de las muestras de harina de sangre con un espesor de 0.5 cm.

Para el cálculo de la humedad en base seca de las muestras de harina de sangre se utiliza los datos del anexo A tabla A-2.

**Tabla B-2: Contenido de Humedad en Base seca de la harina de sangre a 45 y 55 °C, espesor de 0.5 cm**

Tiempo (min)	T 45 °C		T 55 °C	
	X (kg H2O/kgSS)	X (kg H2O/kgSS)	X (kg H2O/kgSS)	X (kg H2O/kgSS)
0	1,6851	1,6528	1,4096	1,4110
15	1,6222	1,6151	1,3835	1,3763
30	1,5599	1,5594	1,3430	1,3477
45	1,4980	1,4953	1,3010	1,3040
60	1,4342	1,4293	1,2592	1,2626
75	1,3707	1,3690	1,2178	1,2074
90	1,3107	1,3045	1,1762	1,1673
105	1,2450	1,2404	1,1350	1,1313
120	1,1840	1,1801	1,0947	1,1047
135	1,1231	1,1223	1,0520	1,0546
150	1,0575	1,0553	1,0105	1,0130
165	0,9841	0,9740	0,9695	1,6416
180	0,8821	0,8695	0,9288	0,9335
195	0,8473	0,8501	0,8859	0,8989
210	0,8125	0,8069	0,8458	0,8557
225	0,7776	0,7698	0,8027	0,8015
240	0,7428	0,7468	0,7622	0,7544
255	0,7040	0,6999	0,7393	0,7504
270	0,6839	0,6842	0,7193	0,7256
285	0,6637	0,6572	0,6956	0,7090
300	0,6436	0,6448	0,6798	0,6830
315	0,6235	0,6201	0,6728	0,6694
330	0,6033	0,5923	0,6303	0,6206
345	0,5832	0,5759	0,5898	0,5918
360	0,5630	0,5529	0,5595	0,5538
375	0,5429	0,5321	0,5395	0,5425
390	0,5228	0,5173	0,4454	0,4468
405	0,5026	0,4928	0,3488	0,3483
420	0,4825	0,4758	0,2572	0,2599

Tiempo (min)	T 45 °C		T 55 °C	
	X (kg H2O/kgSS)	X (kg H2O/kgSS)	X (kg H2O/kgSS)	X (kg H2O/kgSS)
435	0,4623	0,4486	0,2447	0,2477
450	0,4422	0,4377	0,2372	0,2296
465	0,4221	0,4130	0,2308	0,2270
480	0,3956	0,3881	0,2221	0,2110
495	0,3818	0,3715	0,2107	0,2089
510	0,3617	0,3573	0,2048	0,2064
525	0,3415	0,3296	0,1990	0,2040
540	0,3214	0,3162	0,1824	0,1714
555	0,3012	0,3014	0,1739	0,1723
570	0,2811	0,2798	0,1498	0,1522
585	0,2610	0,2582	0,1493	0,1490
600	0,2408	0,2375	0,1387	0,1332
615	0,2207	0,2155	0,1278	0,1209
630	0,2005	0,1964	0,1150	0,1140
645	0,1804	0,1759	0,1032	0,1060
660	0,1603	0,1527	0,0947	0,0930
675	0,1401	0,1311	0,0870	0,0851
690	0,1200	0,1141	0,0787	0,0778
705	0,0999	0,0955	0,0704	0,0695
720	0,0589	0,0720	0,0469	0,0467
735	0,0262	0,0358	0,0254	0,0245
750	0,0105	0,0105	0,0162	0,0143
765	0,0057	0,0054	0,0094	0,0090
780	0,0023	0,0015	0,0041	0,0036
795	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
810	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

**Fuente:** Elaboración Propia

## ANEXO C

### VARIACIÓN DE LA HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE

Las siguientes tablas muestran la variación de la humedad del aire durante los días que se realizó el secado de la sangre utilizada en dicho estudio.

**Tabla C-1: Secado de sangre semi seca a 45°C, espesor 0,2 cm**

Fecha	Hora	Aire de Entrada			Aire de Salida		
		Tbs	Tbh	HR%	Tbs	Tbh	HR%
<b>22/05/2013</b>	9:00	26,00	18,60	52	26,20	18,60	54
	9:15	43,30	30,40	43	27,00	16,40	39
	9:30	40,00	25,20	34	27,40	17,20	40
	9:45	37,20	30,00	61	25,80	17,00	46
	10:00	38,20	27,40	46	25,80	17,00	46
	10:15	35,80	29,30	63	25,20	17,60	49
	10:30	41,50	23,60	27	24,60	17,60	54
	10:45	33,60	27,00	65	24,20	17,00	50
	11:00	36,80	25,20	43	24,10	16,20	45
	11:15	41,40	27,60	38	23,80	16,00	46
	11:30	39,20	31,40	59	23,80	16,80	51
	11:45	40,00	24,80	33	24,60	17,00	49
	12:00	37,20	22,20	30	25,20	17,00	48
	12:15	38,80	29,60	54	26,00	17,80	47
	12:30	41,50	25,00	31	24,80	18,00	54
	12:45	33,60	27,80	68	25,00	18,00	54
	13:00	35,00	22,00	37	25,80	18,60	53
	13:15	39,60	26,80	40	25,80	17,40	48
	13:30	40,20	25,00	33	25,20	17,00	49
	13:45	37,80	23,40	35	25,10	17,00	49
	14:00	43,50	23,80	23	25,00	17,20	50
	14:15	40,30	22,60	27	25,00	16,40	46
	14:30	38,00	23,60	33	26,40	16,00	38
	14:45	38,50	28,20	48	26,00	16,00	40
15:00	37,80	30,60	64	26,00	17,00	45	
15:15	39,00	25,00	37	26,40	17,20	44	
15:30	32,60	27,80	70	26,40	17,80	46	
15:45	40,00	22,60	27	26,20	16,80	42	
16:00	43,50	28,40	38	25,80	16,20	40	
16:15	37,80	25,60	40	25,20	16,00	41	

Fecha	Hora	Aire de Entrada			Aire de Salida		
		Tbs	Tbh	HR%	Tbs	Tbh	HR%
22/05/2013	16:30	41,40	24,20	29	25,00	16,00	45
	16:45	40,60	27,60	40	25,00	17,60	51
	17:00	35,80	22,80	37	25,00	17,80	52
	17:15	38,80	26,80	42	26,20	18,00	50
	17:30	37,40	28,80	57	26,40	18,00	48
	17:45	40,20	25,60	35	26,80	18,20	48
	18:00	37,80	28,00	50	27,00	18,40	47
	18:15	36,70	25,60	45	27,80	18,40	45
	18:30	33,60	27,60	63	28,10	18,60	42
	18:45	42,60	30,80	49	28,40	19,40	45
	19:00	40,30	25,80	38	28,60	19,40	44
	19:15	37,20	24,30	37	28,60	19,40	44
	19:30	37,60	27,60	49	28,60	19,00	42
	19:45	40,00	25,00	34	28,40	18,40	41
	20:00	38,40	23,40	32	28,40	19,20	43
	20:15	38,80	23,60	32	28,00	19,20	48
	20:30	37,80	22,70	31	28,20	19,00	43
20:45	40,20	23,60	28	28,00	18,40	41	
21:00	41,40	25,00	32	28,00	18,00	40	
<b>PROMEDIO</b>		38,05	25,92	26	26,21	17,60	69

**Fuente:** Elaboración Propia

**Tabla C-2: Secado de sangre semi seca a 45°C, espesor 0,5 cm**

Fecha	Hora	Aire de Entrada			Aire de Salida		
		Tbs	Tbh	HR%	Tbs	Tbh	HR%
28/05/2013	8:00	26,80	18,60	45	27,20	18,00	47
	8:15	39,60	27,20	43	27,80	18,20	42
	8:30	37,80	29,00	54	28,00	19,20	45
	8:45	40,00	26,80	39	28,60	19,60	46
	9:00	38,60	28,20	50	29,20	19,80	46
	9:15	42,40	30,00	44	29,60	20,00	45
	9:30	40,20	30,80	53	29,40	20,40	49
	9:45	43,60	31,60	48	29,40	20,40	49
	10:00	44,20	32,40	46	29,80	20,60	48
	10:15	43,80	33,00	51	28,00	19,80	49
	10:30	40,00	30,40	51	28,40	19,60	44
	10:45	41,80	31,20	52	27,60	19,60	50
	11:00	39,80	29,80	27	27,60	19,60	50
	11:15	40,00	27,60	40	27,00	19,20	51
	11:30	43,20	28,80	52	26,60	19,20	52
	11:45	38,60	26,40	45	27,20	18,60	46
	12:00	37,80	29,60	55	27,00	18,40	47
	12:15	38,00	25,20	39	27,00	18,00	46
	12:30	38,40	28,60	49	27,40	18,00	43
	12:45	40,60	26,40	38	27,80	18,00	48
	13:00	41,80	29,20	41	28,00	17,80	39
	13:15	39,60	30,60	29	28,20	17,40	36
	13:30	42,40	27,80	39	28,20	17,20	35
	13:45	40,00	25,40	34	28,00	18,00	40
	14:00	38,80	28,20	48	28,00	18,40	41
	14:15	37,20	31,40	68	27,20	19,20	50
	14:30	38,60	33,20	72	27,60	19,80	49
	14:45	40,80	27,00	40	27,80	19,80	48
	15:00	42,40	29,20	42	27,60	19,20	49
	15:15	43,00	26,80	29	28,20	19,00	45
15:30	39,80	30,00	51	28,60	18,60	41	
15:45	38,60	27,20	47	28,80	18,20	39	
16:00	40,00	29,80	50	28,60	18,20	40	
16:15	40,60	31,80	58	28,40	17,80	39	
16:30	42,20	23,20	24	28,40	17,60	37	
16:45	44,80	25,60	26	27,20	17,00	40	

Fecha	Hora	Aire de Entrada			Aire de Salida		
		Tbs	Tbh	HR%	Tbs	Tbh	HR%
28/05/2013	17:00	40,20	25,00	34	27,00	17,00	40
	17:15	44,20	28,20	34	26,80	18,40	50
	17:30	44,40	26,40	29	26,40	18,40	49
	17:45	41,60	27,80	39	26,20	18,60	52
	18:00	41,00	25,00	31	26,40	18,60	49
	18:15	43,80	29,60	39	26,00	18,00	50
	18:30	44,00	25,80	28	25,60	17,20	48
	18:45	44,40	24,20	24	24,40	17,20	52
	19:00	40,80	29,60	48	24,40	17,00	50
	19:15	41,60	31,20	51	22,20	16,80	60
	19:30	40,20	33,00	64	22,00	16,60	61
	19:45	42,60	30,20	45	22,00	16,20	60
	20:00	41,00	29,40	44	22,00	16,20	60
	20:15	40,00	33,40	64	21,80	15,80	58
	20:30	40,60	31,20	55	21,60	15,60	56
	20:45	40,20	27,60	40	21,60	15,60	56
	21:00	43,60	22,80	36	20,80	15,20	62
	21:15	45,00	25,80	24	20,40	15,00	58
21:30	41,20	22,40	22	20,40	15,00	58	
21:45	40,00	22,20	24	19,20	15,40	68	
<b>PROMEDIO</b>		40,83	28,19	44	26,37	18,06	49

**Fuente:** Elaboración Propia

**Tabla C-3: Secado de sangre semi seca a 55°C, espesor 0,2 cm**

Fecha	Hora	Aire de Entrada			Aire de Salida		
		Tbs	Tbh	HR%	Tbs	Tbh	HR%
24/05/2013	8:30	27,80	22,40	68	28,00	24,00	72
	8:45	40,20	33,60	64	28,60	21,60	55
	9:00	42,40	32,20	54	23,20	20,00	76
	9:15	39,20	26,80	42	28,40	21,80	60
	9:30	39,00	28,20	48	28,40	21,20	52
	9:45	38,60	29,00	52	28,40	20,80	49
	10:00	38,00	26,40	43	27,20	20,80	60
	10:15	37,20	27,80	50	28,60	20,20	48
	10:30	40,00	25,20	34	28,00	20,20	51
	10:45	39,20	28,20	47	28,00	20,00	49
	11:00	38,60	25,00	38	27,20	20,80	58
	11:15	41,60	27,60	39	28,60	20,80	51
	11:30	38,00	29,00	52	28,20	21,00	56
	11:45	39,40	26,00	39	27,00	21,00	61
	12:00	40,60	23,40	28	27,60	21,20	58
	12:15	41,20	27,40	38	27,60	21,80	61
	12:30	35,40	25,00	48	28,00	20,00	50
	12:45	40,00	25,80	37	28,20	20,40	52
	13:00	41,80	24,00	59	27,20	20,20	56
	13:15	43,00	27,60	34	27,00	21,80	65
	13:30	40,20	29,30	48	27,00	21,60	64
	13:45	41,60	26,60	35	28,60	21,00	52
	14:00	37,60	27,40	49	28,80	21,00	50
	14:15	42,00	28,00	38	27,00	22,20	68
	14:30	38,00	25,40	39	27,80	20,80	56
	14:45	41,20	26,80	38	27,40	20,80	58
	15:00	37,60	29,00	55	27,40	20,20	55
	15:15	40,00	25,20	35	28,20	20,00	50
	15:30	38,20	28,40	49	28,20	20,00	50
	15:45	38,80	23,20	29	29,00	21,40	51
16:00	37,00	25,00	41	28,60	21,80	58	
16:15	30,00	22,40	55	27,40	20,20	56	
16:30	32,20	25,00	60	27,40	20,00	55	
16:45	40,00	28,80	44	28,00	20,80	52	
17:00	42,40	26,40	32	28,20	20,40	51	
17:15	36,80	23,10	37	29,00	20,40	49	

Fecha	Hora	Aire de Entrada			Aire de Salida		
		Tbs	Tbh	HR%	Tbs	Tbh	HR%
24/05/2013	17:30	40,80	25,00	31	29,60	21,00	49
	17:45	37,60	25,80	42	29,00	21,20	51
	18:00	41,60	24,00	28	28,40	20,80	50
	18:15	38,00	22,80	29	28,00	20,80	52
	18:30	40,20	22,00	24	29,20	20,00	46
	18:45	34,60	24,20	48	29,60	19,80	44
	19:00	39,40	22,80	28	30,00	19,40	39
	19:15	42,00	23,00	24	30,00	20,20	45
	19:30	38,20	23,40	30	29,80	20,00	45
	19:45	41,40	22,60	23	29,60	19,00	40
	20:00	40,00	23,80	28	29,60	19,00	40
<b>PROMEDIO</b>		38,34	25,96	40	28,17	20,76	52

**Fuente:** Elaboración Propia

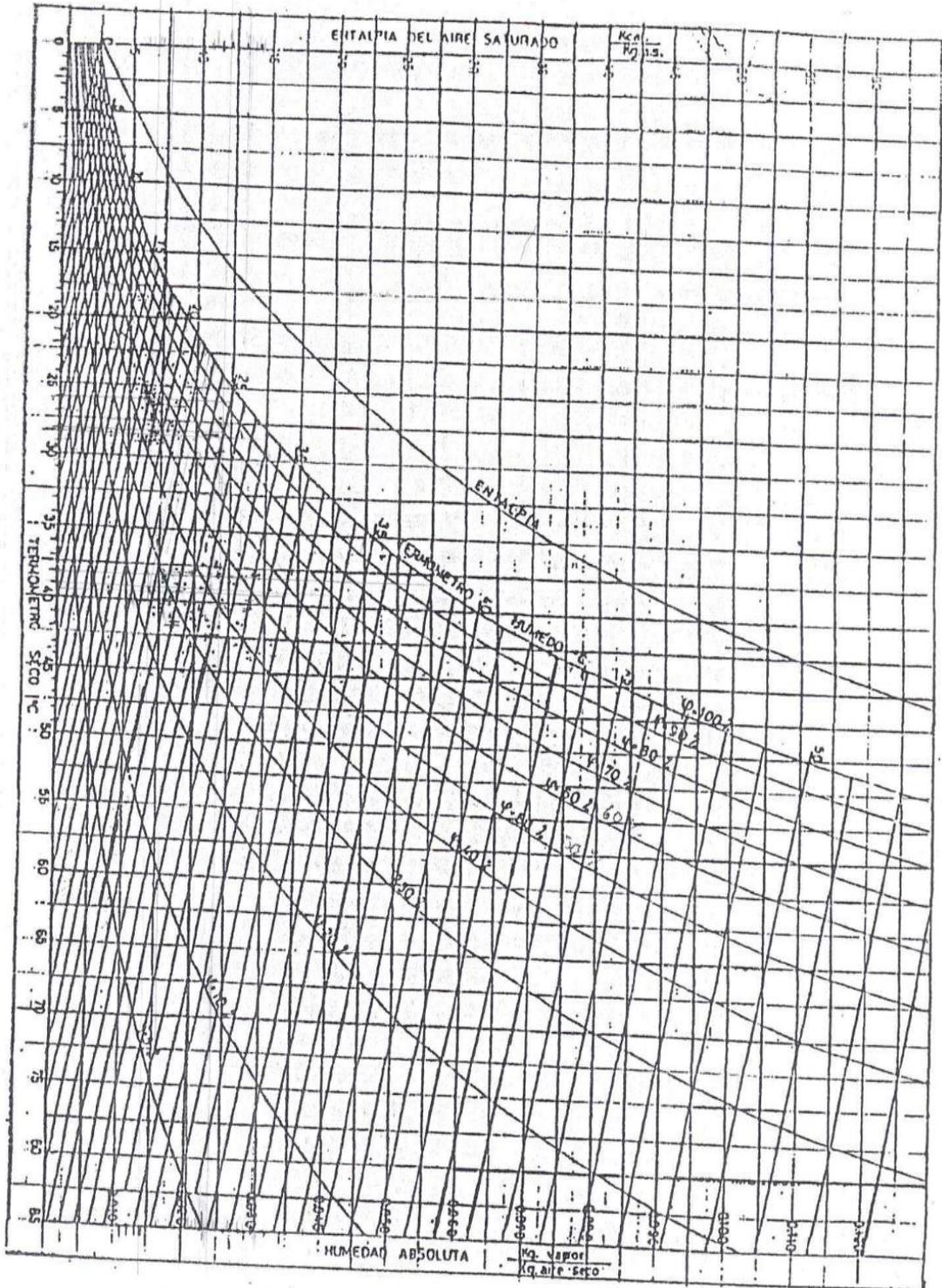
**Tabla C-4: Secado de sangre semi seca a 55°C, espesor 0,5 cm**

Fecha	Hora	Aire de Entrada			Aire de Salida		
		Tbs	Tbh	HR%	Tbs	Tbh	HR%
30/05/2013	8:00	27,80	21,60	59	28,80	17,20	35
	8:15	40,60	23,80	28	28,20	17,80	38
	8:30	42,40	25,20	29	27,60	18,20	44
	8:45	41,20	26,80	37	28,40	18,40	40
	9:00	38,80	29,60	45	29,00	18,80	40
	9:15	39,60	27,40	44	29,20	19,00	40
	9:30	40,60	25,00	32	29,80	19,40	42
	9:45	42,40	24,20	27	29,40	19,60	44
	10:00	39,80	25,80	38	28,60	20,00	49
	10:15	38,20	26,20	42	28,80	20,20	48
	10:30	40,60	27,00	39	27,60	20,40	55
	10:45	41,20	26,80	38	27,40	20,20	56
	11:00	39,60	26,20	39	26,20	19,80	58
	11:15	39,00	25,60	38	27,20	19,40	50
	11:30	38,00	25,00	38	26,60	19,40	55
	11:45	40,20	24,20	30	25,00	19,00	60
	12:00	41,60	25,80	32	24,80	18,80	59
	12:15	40,80	24,00	29	25,20	18,60	55
	12:30	39,40	25,60	38	24,40	18,40	60
	12:45	40,00	25,00	34	25,00	18,40	58
	13:00	40,60	26,40	36	25,60	18,80	55
	13:15	41,60	26,80	35	26,00	19,20	58
	13:30	42,00	27,00	36	26,40	19,60	58
	13:45	40,20	27,40	41	25,80	20,00	62
	14:00	42,00	26,60	34	26,00	20,20	61
	14:15	40,60	26,20	36	26,80	19,80	60
	14:30	38,60	26,00	20	27,20	19,60	50
	14:45	38,40	27,80	47	26,60	19,20	55
	15:00	40,00	27,00	40	26,60	19,00	54
	15:15	40,80	25,80	35	24,80	19,00	60
15:30	42,20	25,00	28	25,00	18,40	58	
15:45	41,60	27,20	38	25,40	18,00	51	
16:00	39,80	26,40	40	25,40	18,60	56	
16:15	40,60	27,00	39	26,20	19,00	55	
16:30	38,20	25,20	38	26,80	19,40	54	
16:45	41,40	25,00	30	26,00	19,20	55	

Fecha	Hora	Aire de Entrada			Aire de Salida		
		Tbs	Tbh	HR%	Tbs	Tbh	HR%
30/05/2013	17:00	39,00	26,60	41	27,00	19,00	50
	17:15	40,80	27,20	39	25,80	19,60	60
	17:30	40,20	26,40	38	25,40	20,00	64
	17:45	38,80	27,80	47	26,20	20,20	60
	18:00	39,60	26,00	39	25,00	20,00	65
	18:15	41,40	25,60	32	27,20	19,80	52
	18:30	38,60	25,20	38	25,80	19,60	60
	18:45	40,80	24,80	31	26,00	19,60	59
	19:00	42,40	26,00	31	26,00	18,40	52
	19:15	41,60	25,40	31	27,20	18,80	48
	19:30	40,20	24,60	31	28,20	18,60	40
	19:45	40,00	25,80	36	29,00	18,80	40
	20:00	39,20	26,60	40	29,60	19,00	40
	20:15	40,60	27,00	39	27,80	19,20	48
	20:30	40,00	26,40	39	26,80	18,60	49
	20:45	39,80	26,00	38	26,20	18,40	50
	21:00	40,20	24,80	32	25,60	18,80	56
	21:15	40,00	25,00	34	26,80	19,00	50
21:30	40,40	23,60	28	27,40	19,20	48	
21:45	40,80	23,20	28	28,20	19,40	46	
<b>PROMEDIO</b>		40,10	25,85	36	26,80	19,14	57

**Fuente:** Elaboración Propia

# DIAGRAMA PSICOMÉTRICO A 610.05 mmHg



Fuente: Zenteno Luis F. (1992).

## ANEXO D

### DETERMINACIÓN DE LA CURVA DE SECADO

Las curvas de secado para cada prueba se construyen con los datos registrados de la pérdida de peso de la sangre respecto al tiempo, medidos a intervalos de 15 minutos durante el proceso de secado, el cual se realiza a temperaturas de 45°C, 55°C y espesores de 0,2cm y 0,5cm.

Los datos corresponden al peso de la bandeja pequeña de 15 x 15 cm que se usa como muestra referencial, la cual contiene 128 gr de sangre semi seca obtenida del digestor abierto.

#### D.1. Aplicación de los Modelos Matemáticos

A continuación se presenta los resultados del ajuste con el modelo Logarítmico, el cual resulta el mejor para todos los casos.

##### D.1.1 Secado de la sangre a una temperatura de 45°C y 0,5 cm de espesor

Tabla D-1: Análisis Estadístico de la Harina de sangre

Modelo	T 45°C, espesor 0,5 cm		
	Constantes	R2	SCR
Page	k= 0,155 n= -3,766	0,989	0,050
Newton	k= 0,004	0,989	0,050
Henderson &Pabis	k= 0,004 a= 1,057	0,993	0,034
Logarítmico	k= 0,003 a= 1,108 c= -0,086	0,998	0,011
Wang & Singh	a= -0,003 b= 1,794E-6	0,990	0,047
Two – term	k= 0,006 k <sub>1</sub> = 0,006 a= 29,960 b= -28,951	0,996	0,019

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a los resultados de la tabla D-1, el modelo que mejor ajuste presenta para estas condiciones de secado de sangre es el modelo Logarítmico, el cual tiene un R2 de 0,998 y un SCR de 0,011; siendo la ecuación que describe el secado la siguiente:

$$MR = 1,108 * \exp (-0,003 * t) + (-0,086) \quad (1)$$

Los resultados estimados con la ecuación (1) corresponden a los mostrados en la siguiente tabla D-2, valores utilizados para graficar la curva de secado en la gráfica D-1.

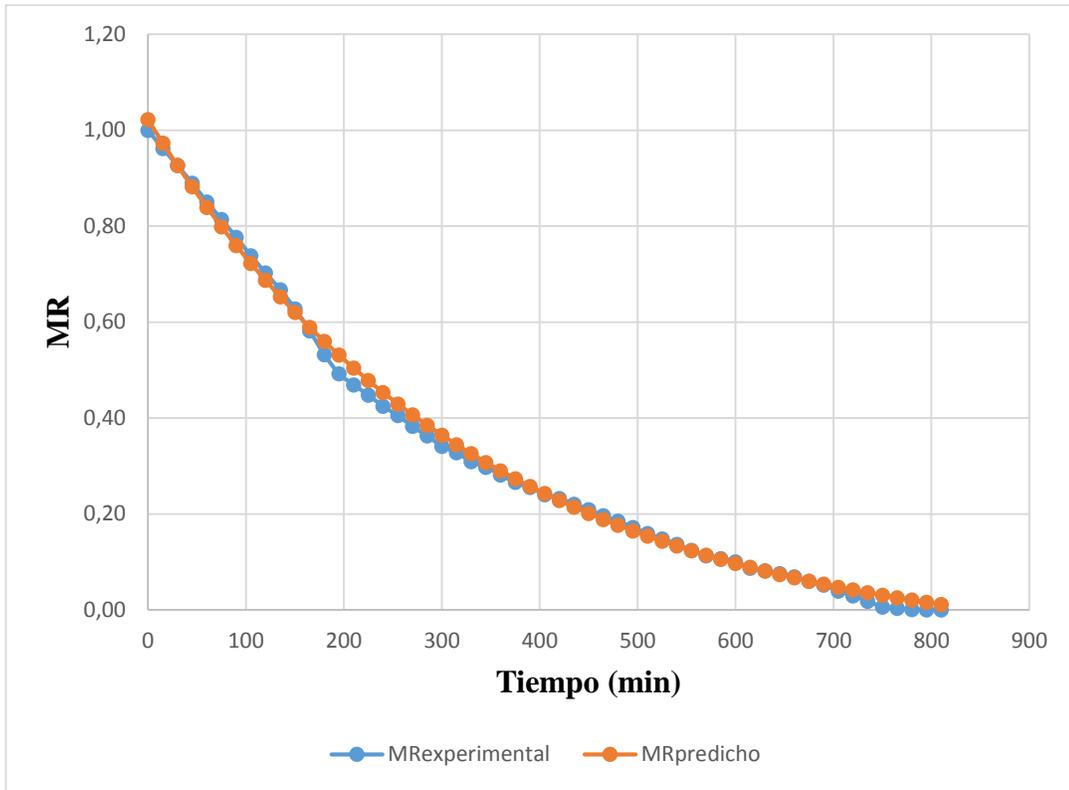
**Tabla D-2: Comparación de MR experimental y MR predicho por el modelo Logarítmico**

<b>Tiempo (min)</b>	<b>MRexperimental</b>	<b>MRpredicho</b>
0	1,00	1,02
15	0,96	0,97
30	0,93	0,93
45	0,89	0,88
60	0,85	0,84
75	0,81	0,80
90	0,78	0,76
105	0,74	0,72
120	0,70	0,69
135	0,67	0,65
150	0,63	0,62
165	0,58	0,59
180	0,53	0,56
195	0,49	0,53
210	0,47	0,50
225	0,45	0,48
240	0,42	0,45
255	0,41	0,43
270	0,38	0,41
285	0,36	0,39
300	0,34	0,36
315	0,33	0,34
330	0,31	0,33
345	0,30	0,31
360	0,28	0,29
375	0,27	0,27

<b>Tiempo (min)</b>	<b>MRexperimental</b>	<b>MRpredicho</b>
390	0,26	0,26
405	0,24	0,24
420	0,23	0,23
435	0,22	0,21
450	0,21	0,20
465	0,20	0,19
480	0,19	0,18
495	0,17	0,16
510	0,16	0,15
525	0,15	0,14
540	0,14	0,13
555	0,12	0,12
570	0,11	0,11
585	0,11	0,11
600	0,10	0,10
615	0,09	0,09
630	0,08	0,08
645	0,08	0,07
660	0,07	0,07
675	0,06	0,06
690	0,05	0,05
705	0,04	0,05
720	0,03	0,04
735	0,02	0,04
750	0,01	0,03
765	0,00	0,03
780	0,00	0,02
795	0,00	0,02
810	0,00	0,01

**Fuente:** Elaboración Propia

**Gráfica D-1: Curva de Secado a 45°C y 0,5 cm**



## Análisis de Regresión no Lineal

Mediante la utilización del programa SPSS 20 se realiza el análisis de regresión no lineal utilizando la ecuación del modelo Logarítmico.

**Historial de iteraciones<sup>b</sup>**

Número de iteración <sup>a</sup>	Suma de cuadrados residual	Parámetro		
		k	a	c
1.0	5,762	,050	,300	,500
1.1	2,273E+192	-,274	,620	,261
1.2	4,896	,021	,351	,475
2.0	4,896	,021	,351	,475
2.1	3,659	,009	,440	,431
3.0	3,659	,009	,440	,431
3.1	1,986	,007	,590	,334
4.0	1,986	,007	,590	,334
4.1	1,399	,003	,877	,143
5.0	1,399	,003	,877	,143
5.1	,015	,003	1,084	-,052
6.0	,015	,003	1,084	-,052
6.1	,011	,003	1,105	-,082
7.0	,011	,003	1,105	-,082
7.1	,011	,003	1,108	-,086
8.0	,011	,003	1,108	-,086
8.1	,011	,003	1,108	-,086

**Estimaciones de parámetro**

Parámetro	Estimación	Error estándar	Intervalo de confianza de 95 %	
			Límite inferior	Límite superior
k	,003	,000	,003	,003
a	1,108	,009	1,091	1,126
c	-,086	,010	-,105	-,066

**Correlaciones de estimaciones de parámetro**

	k	a	c
k	1,000	-,475	,935
a	-,475	1,000	-,701
c	,935	-,701	1,000

**ANOVA<sup>a</sup>**

Origen	Suma de cuadrados	gl	Medias cuadráticas
Regresión	10,420	3	3,473
Residuo	,011	52	,000
Total sin corrección	10,431	55	
Total corregido	4,538	54	

Variable dependiente: MR<sup>a</sup>

a. R cuadrado = 1 – (Suma de cuadrados residual) / (Suma de cuadrados corregida) = ,998.

**D.1.2 Secado de la sangre a una temperatura de 55°C y 0,2 cm de espesor**

**Tabla D-3: Análisis Estadístico de la Harina de sangre**

Modelo	T 55°C, espesor 0,2 cm		
	Constantes	R2	SCR
<b>Page</b>	k= 0,022 n=-1,842	0,944	0,270
<b>Newton</b>	k= 0,004	0,944	0,270
<b>Henderson &amp; Pabis</b>	k= 0,004 a= 1,123	0,960	0,193
<b>Logarítmico</b>	k= 0,002 a= 1,483 c= -0,443	0,995	0,023
<b>Wang &amp; Singh</b>	a= -0,002 b= 1,397E-6	0,996	0,018
<b>Two – term</b>	k= 0,007 k1= 0,007 a= 85,818 b= -84,866	0,989	0,052

**Fuente:** Elaboración Propia

De acuerdo a los resultados de la tabla D-3, el modelo que mejor ajuste presenta para estas condiciones de secado de sangre es el modelo Logarítmico, el cual tiene un R2 de 0,995 y un SCR de 0,023; siendo la ecuación que describe el secado la siguiente:

$$\text{MR} = 1,483 * \exp (-0,002 * t) + (-0,443) \quad (2)$$

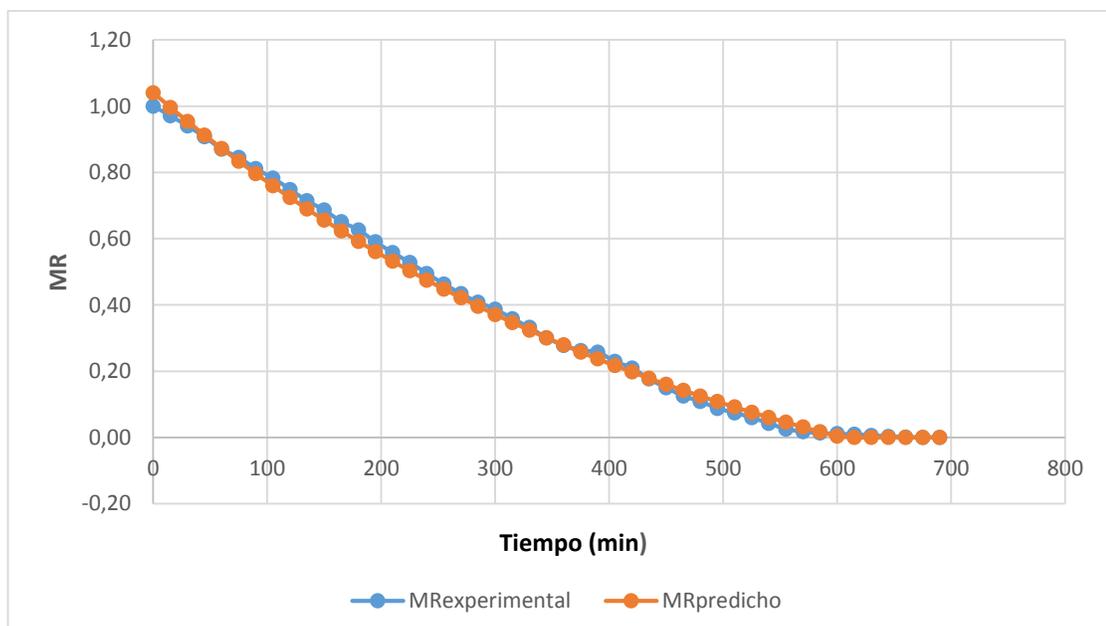
Los resultados estimados con la ecuación (2) corresponden a los mostrados en la siguiente tabla D-4, valores utilizados para graficar la curva de secado en la gráfica D-2.

**Tabla D-4: Comparación de MR experimental y MR predicho por el modelo Logarítmico**

<b>Tiempo (min)</b>	<b>MRexperimental</b>	<b>MRpredicho</b>
0	1,00	1,04
15	0,97	1,00
30	0,94	0,95
45	0,91	0,91
60	0,87	0,87
75	0,84	0,83
90	0,81	0,80
105	0,78	0,76
120	0,75	0,72
135	0,71	0,69
150	0,69	0,66
165	0,65	0,62
180	0,63	0,59
195	0,59	0,56
210	0,56	0,53
225	0,53	0,50
240	0,49	0,47
255	0,46	0,45
270	0,43	0,42
285	0,41	0,40
300	0,39	0,37
315	0,36	0,35
330	0,33	0,32
345	0,30	0,30
360	0,28	0,28
375	0,26	0,26

Tiempo (min)	MR <sub>experimental</sub>	MR <sub>predicho</sub>
390	0,26	0,24
405	0,23	0,22
420	0,21	0,20
435	0,18	0,18
450	0,15	0,16
465	0,12	0,14
480	0,11	0,12
495	0,09	0,11
510	0,07	0,09
525	0,06	0,08
540	0,04	0,06
555	0,02	0,05
570	0,02	0,03
585	0,01	0,02
600	0,01	0,00
615	0,01	0,00
630	0,01	0,00
645	0,00	0,00
660	0,00	0,00
675	0,00	0,00
690	0,00	0,00

**Gráfica D-2: Curva de Secado a 55°C y 0,2 cm**



## Análisis de Regresión no Lineal

Mediante la utilización del programa SPSS 20 se efectúa el análisis de regresión no lineal utilizando la ecuación del modelo Logarítmico.

**Historial de iteraciones<sup>b</sup>**

Número de iteración <sup>a</sup>	Suma de cuadrados residual	Parámetro	
		a	b
1.0	199220872654,833	,500	,300
1.1	,018	-,002	1,396E-6
2.0	,018	-,002	1,396E-6
2.1	,018	-,002	1,397E-6
3.0	,018	-,002	1,397E-6

**Estimaciones de parámetro**

Parámetro	Estimación	Error estándar	Intervalo de confianza de 95 %	
			Límite inferior	Límite superior
a	-,002	,000	-,003	-,002
b	1,397E-6	,000	1,289E-6	1,505E-6

**Correlaciones de estimaciones de parámetro**

	a	b
a	1,000	-,968
b	-,968	1,000

**ANOVA<sup>a</sup>**

Origen	Suma de cuadrados	gl	Medias cuadráticas
Regresión	11,368	2	5,684
Residuo	,018	45	,000
Total sin corrección	11,386	47	
Total corregido	4,834	46	

Variable dependiente: MR<sup>a</sup>

a. R cuadrado =  $1 - (\text{Suma de cuadrados residual}) / (\text{Suma de cuadrados corregida}) = ,996$ .

### D.1.3 Secado de la sangre a una temperatura de 55°C y 0,5 cm de espesor

**Tabla D-5: Análisis Estadístico de la Harina de sangre**

Modelo	T 55°C, espesor 0,5 cm		
	Constantes	R2	SCR
<b>Page</b>	k= 0,005 n= -0,513	0,958	0,230
<b>Newton</b>	k= 0,003	0,958	0,230
<b>Henderson &amp; Pabis</b>	k= 0,004 a= 1,128	0,974	0,141
<b>Logarítmico</b>	k= 0,002 a= 1,266 c= -0,195	0,991	0,051
<b>Wang &amp; Singh</b>	a= -0,002 b= 1,436E-6	0,990	0,045
<b>Two – term</b>	k= 0,004 k1= 0,004 a= 0,212 b= 0,916	0,974	0,141

**Fuente:** Elaboración Propia

De acuerdo a los resultados de la tabla D-5, el modelo que mejor ajuste presenta para estas condiciones de secado de sangre es el modelo Logarítmico, el cual tiene un R2 de 0,991 y un SCR de 0,051; siendo la ecuación que describe el secado la siguiente:

$$MR = 1,266 * \exp (-0,002 * t) + (-0,195) \quad (3)$$

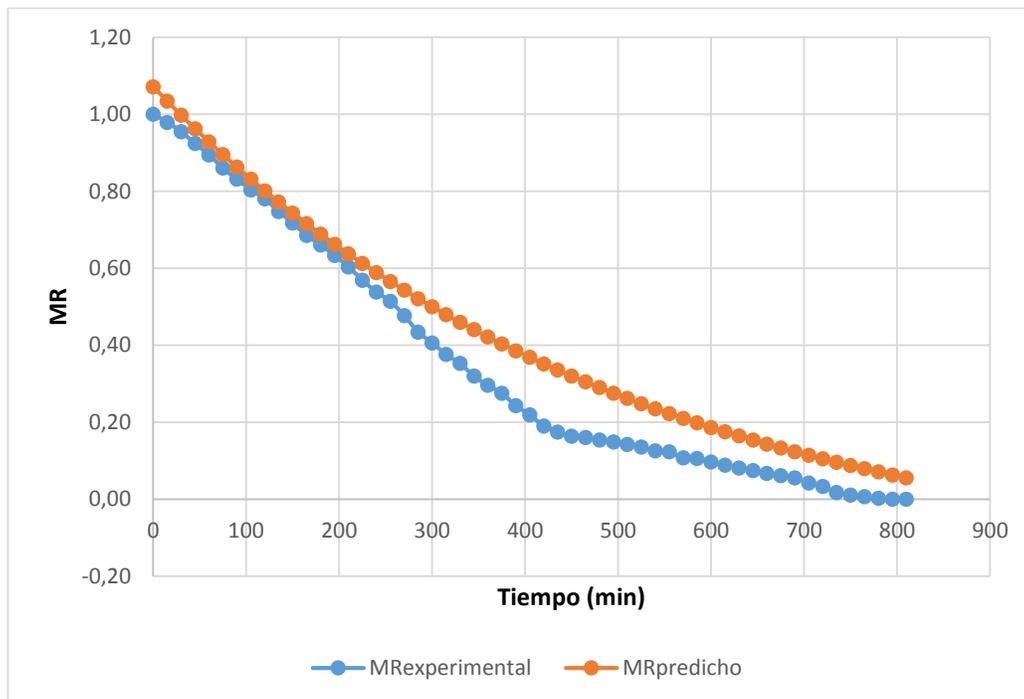
Los resultados estimados con la ecuación (3) corresponden a los mostrados en la siguiente tabla D-6, valores utilizados para graficar la curva de secado en la gráfica D-3.

**Tabla D-6: Comparación de MR experimental y MR predicho por el modelo Logarítmico**

<b>Tiempo (min)</b>	<b>MRexperimental</b>	<b>MRpredicho</b>
0	1,00	1,07
15	0,98	1,03
30	0,95	1,00
45	0,92	0,96
60	0,89	0,93
75	0,86	0,89
90	0,83	0,86
105	0,80	0,83
120	0,78	0,80
135	0,75	0,77
150	0,72	0,74
165	0,68	0,72
180	0,66	0,69
195	0,63	0,66
210	0,60	0,64
225	0,57	0,61
240	0,54	0,59
255	0,51	0,57
270	0,48	0,54
285	0,43	0,52
300	0,41	0,50
315	0,38	0,48
330	0,35	0,46
345	0,32	0,44
360	0,30	0,42
375	0,27	0,40
390	0,24	0,39
405	0,22	0,37
420	0,19	0,35
435	0,17	0,34
450	0,16	0,32
465	0,16	0,30
480	0,15	0,29
495	0,15	0,28
510	0,14	0,26
525	0,14	0,25
540	0,13	0,23

Tiempo (min)	MR <sub>experimental</sub>	MR <sub>predicho</sub>
555	0,12	0,22
570	0,11	0,21
585	0,11	0,20
600	0,10	0,19
615	0,09	0,18
630	0,08	0,16
645	0,07	0,15
660	0,07	0,14
675	0,06	0,13
690	0,06	0,12
705	0,04	0,11
720	0,03	0,10
735	0,02	0,10
750	0,01	0,09
765	0,01	0,08
780	0,00	0,07
795	0,00	0,06
810	0,00	0,06

**Gráfica D-3: Curva de Secado a 55°C y 0,5 cm**



## Análisis de Regresión no Lineal

Mediante la utilización del programa SPSS 20 se hace el análisis de regresión no lineal utilizando la ecuación del modelo Logarítmico.

**Historial de iteraciones<sup>b</sup>**

Número de iteración <sup>a</sup>	Suma de cuadrados residual	Parámetro		
		k	a	c
1.0	4,654	,050	,500	,300
1.1	4,158E+104	-,149	,588	,287
1.2	4,216	,032	,541	,303
2.0	4,216	,032	,541	,303
2.1	3,064	,015	,613	,305
3.0	3,064	,015	,613	,305
3.1	1,676	,006	,722	,289
4.0	1,676	,006	,722	,289
4.1	,746	,005	,889	,181
5.0	,746	,005	,889	,181
5.1	1,183	,002	1,089	-,025
5.2	,374	,004	1,001	,104
6.0	,374	,004	1,001	,104
6.1	,269	,003	1,124	-,042
7.0	,269	,003	1,124	-,042
7.1	,056	,002	1,263	-,195
8.0	,056	,002	1,263	-,195
8.1	,051	,002	1,264	-,193
9.0	,051	,002	1,264	-,193
9.1	,051	,002	1,266	-,195
10.0	,051	,002	1,266	-,195
10.1	,051	,002	1,266	-,195
11.0	,051	,002	1,266	-,195
11.1	,051	,002	1,266	-,195
12.0	,051	,002	1,266	-,195
12.1	,051	,002	1,266	-,195

**Estimaciones de parámetro**

Parámetro	Estimación	Error estándar	Intervalo de confianza de 95 %	
			Límite inferior	Límite superior
k	,002	,000	,002	,003
a	1,266	,025	1,215	1,316
c	-,195	,030	-,256	-,135

**Correlaciones de estimaciones de parámetro**

	k	a	c
k	1,000	-,735	,959
a	-,735	1,000	-,872
c	,959	-,872	1,000

**ANOVA<sup>a</sup>**

Origen	Suma de cuadrados	gl	Medias cuadráticas
Regresión	12,288	3	4,096
Residuo	,051	52	,001
Total sin corrección	12,339	55	
Total corregido	5,459	54	

Variable dependiente: MR<sup>a</sup>

a. R cuadrado =  $1 - (\text{Suma de cuadrados residual}) / (\text{Suma de cuadrados corregida}) = ,991$ .

## ANEXO E

<b>Solicitante</b>	Erika Santos Terrazas	<b>Laboratorio BIOMED</b> <b>Av. Domingo Paz 642</b> <b>Telf: 66-61506 /</b> <b>72940974</b>
<b>Muestra de Sangre</b>	Vacuna - Porcina	
<b>Medico</b>	Dr.	
<b>Fecha</b>	Tarija, 09 de Abril de 2013	
<b>Hora Toma de Muestra:</b>	11:20	

PARAMETROS	RESULTADOS		RANGOS REFERENCIALES	PRINCIPIO
	Vacuno	Porcino		
Calcio mg/dl	5.0	6.2	V 5.4 – 5.7 P 5.5 - 5.7	Espectrofotométrico
Proteínas Totales g/dl	7.4	6.3	V 6.74 - 7.46 P 7.90 - 8.90	Espectrofotométrico
Albumina g/dl	5.1	2.9	V 3.03 – 3.55 P 1.80 – 3.30	Espectrofotométrico
Globulina g/dl	2.3	3.4	V 3.00 – 3.40 P 5.29 – 6.43	Proteínas totales – Albumina
Colesterol mg/dl	76.7	33.1	V 80.00 – 120.00 P 81.40 – 134.10	Enzimático por acción de Enzima

V= Vacuno. P= Porcino.

  
 Dr. Miguel R. Ortega Trigo  
 BIOMED

<b>Solicitante</b>	Erika Santos Terrazas	<b>Laboratorio BIOMED</b> <b>Av. Domingo Paz 642</b> <b>Telf: 66-61506 /</b> <b>72940974</b>
<b>Muestra de Sangre</b>	Vacuna - Porcina	
<b>Medico</b>	Dr.	
<b>Fecha</b>	Tarija, 09 de Abril de 2013	
<b>Hora Toma de Muestra:</b>	11:20	

<b>Análisis Físicoquímico</b>		
<b>PARAMETROS</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>RANGOS REFERENCIALES</b>
	<b>Vacuno-Porcino</b>	
<b>Proteínas %</b>	15.45	V 13 – 17 P 15 – 20
<b>Grasa %</b>	0.96	V 1.00 - 1.73 P 1.00 – 1.80
<b>Humedad %</b>	81	V 80 – 84 P 81 – 83
<b>Cenizas %</b>	1.18	V 1.15 – 1.19 P 1.16 – 1.19

V= Vacuno, P= Porcino

  
 BIOMED  
 Dr. Miguel R. Ortega Tigo



**UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA**  
**CENTRO DE ANALISIS, INVESTIGACION Y DESARROLLO "CEANID"**  
 Laboratorio Oficial del Ministerio de Salud y Deportes  
 Red de Laboratorios Oficiales de Análisis de Alimentos  
 Red Nacional de Laboratorios de Micronutrientes



AL -053/13

INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO

Cliente:	Erika Vanesa Santos
Solicitante:	Erika Vanesa Santos
Dirección del cliente:	Barrio El Constructor
Procedencia: localidad/provincia/departamento	Tarija - Cercado - Tarija Bolivia
Lugar de muestreo:	Laboratorio de secado
Fecha de muestreo:	2013-04-17 Hr 11:00
Responsable(s) del muestreo:	Erika V. Santos
Fecha de recepción de la muestra	2013-04-17
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 2013-04-17 al 2013-04-29
Caracterización de la muestra:	Harina de sangre : Muestra 1
Tipo de muestra:	Puntual
Envase:	Plastico
Código CEANID:	127 FQ 096

Parámetro	Técnica	Unidad	Muestra 1 127 FQ 096
Cenizas	NB 075-74	%	1,5
Humedad	NB 028-88	%	59,36
Materia grasa	NB 465-97	%	0,13
Proteína total ( Nx 6,25 )	NB 466-81	%	35,27

NB: Norma Boliviana

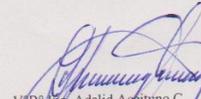
NOTA.-Los resultados se refieren sólo a la muestra ensayada.

Este informe de ensayo sólo puede ser reproducido en su forma total con aprobación escrita del CEANID.

Los datos de la muestra y del muestreo fueron suministrados por el solicitante.

Tarija, 29 de abril de 2013

  
 Lic. Isabel Cossio Sánchez  
 TECNICO ANALISTA  
 CEANID

  
 V.B. Ing. Adalid Aceituno C.  
 JEFE  
 CEANID

c.c. Arch.





**UNIVERSIDAD MAYOR, REAL Y PONTIFICIA DE  
SAN FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA  
FACULTAD DE TECNOLOGÍA  
INSTITUTO DE TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS  
RED DE LABORATORIOS OFICIALES DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS  
LABORATORIO DE QUÍMICA DE ALIMENTOS  
NUTRIENTES Y TOXICOLOGÍA**



ITA-SGC-FO-040.10

**INFORME DE ENSAYO FÍSICO-QUÍMICO N°: QAN - 536/2013**

N° Muestra: **QAN/0270 - 526**

N° Solicitud: **0270/2013**

Solicitante: ERIKA VANESA SANTOS TERRAZAS					
Dirección: Barrio Constructor				Teléfono: 46653873	
Muestreado por: Erika Vanesa Santos Terrazas		Fecha y hora de Muestreo		2013/06/08 Hr.: 19:35	
Producto: HARINA DE SANGRE PURA M1					
Cantidad Producto: 500g		Envase: Plástico		Marca del producto: S/M	
Procedencia del Producto: Laboratorio Secado - Tarija		Fecha de venc./elab.:		S/F	
Fecha y hora recepción Laboratorio: 2013/06/13 Hr.: 10:00		Fecha y hora Ensayo: 2013/06/14 Hr.: 11:00		Fecha Emisión Informe: 2013/06/20	
Condiciones ambientales de ensayo: Temperatura		19,1°C		Humedad Relativa: 46,7%	

Observaciones: La muestra fue recibida en laboratorio. (Solicitud de parámetros por el cliente).

**RESULTADOS:**

PARAMETROS	RESULTADOS	REFERENCIAS*		Principio	Norma de ensayo
		Mínimo	Máximo		
Humedad; [%]	65,6	----	9,00	Gravimétrico	NB 312026
Proteínas N°6,25; [%]	32,0	8,00	----	Volumétrico	NB 076
Grasa; [%]	0,24	----	10,0	Gravimétrico	NB 103
Cenizas; [%]	1,50	---	2,00	Gravimétrico	NB 075

N° de Registro de datos ITA-SGC-FO-101.10: 509/2013

**Nota:** Los resultados reportados en la tabla, se refieren unicamente a la muestra ensayada en laboratorio.

(\*) Ref.: No se cuenta con una norma boliviana específica para este tipo de producto.

Analista: M. C

*L.S. Edwin Tola Nuñez*  
RESP. LAB. QUIM. DE ALIMENTOS  
NUTRIENTES Y TOXICOLOGIA  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS  
I.T.A. S.G.C.F.A.G.T.



*Ing. Ricardo G. García del Villar*  
DIRECTOR NACIONAL ENSEÑANZA  
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES Y ACREDITACIONES  
I.N.I.A.



Nota: El presente informe de ensayo no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización escrita del ITA.  
F. de Vigencia: 2009-06-02 Versión 06

Página 1 de 2

Dirección: Barrio Israel s/n (Zona Qara Punku) Teléfonos: (591) (4) 64-54698 64-55174 FAX (591) (4) 64-62672  
E-mail: ita@entelnet.bo Web: www.usfx.edu.bo/ita Casilla de Correo N° 369 Sucre - Bolivia



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA**  
**CENTRO DE ANALISIS, INVESTIGACION Y DESARROLLO "CEANID"**  
 Laboratorio Oficial del Ministerio de Salud y Deportes  
 Miembro de la Red de Laboratorios Oficiales de Análisis de Alimentos "RELOAA"  
 Miembro de la Red Nacional de Laboratorios de Micronutrientes  
 Laboratorio Oficial del Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria "SENASAG"



MO-002/13

INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO

Cliente:	Vanesa Santos
Solicitante:	Vanesa Santos
Dirección del cliente:	Barrio El Constructor
Procedencia: localidad/provincia/departamento	Tarija - Cercado - Tarija Bolivia
Lugar de muestreo:	Laboratorio Operaciones Unitarias
Fecha de muestreo:	2013-07-11
Responsable(s) del muestreo:	Vanesa Santos
Fecha de recepción de la muestra	2013-07-16
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 2013-07-16 al 2013-07-22
Caracterización de la muestra:	Harina de sangre : Muestra 1
Tipo de muestra:	Puntual
Envase:	Plástico
Código CEANID:	321 FQ 255

Parámetro	Técnica	Unidad	Muestra 1 321 FQ 255
Proteína total ( N x 6,25 )	NB 466-81	%	77,91

AOAC : Association of Official Agricultural Chemists

NOTA.- Los resultados se refieren sólo a la muestra ensayada.

Este informe de ensayo sólo puede ser reproducido en su forma total con aprobación escrita del CEANID.  
 Los datos de la muestra y del muestreo fueron suministrados por el solicitante.

Tarija, 22 de julio de 2013

  
 Lic. Isabel Cossío Sánchez  
 TÉCNICO ANALISTA  
 CEANID

  
 VºBº Ing. Adalid Aceituno C.  
 JEFE  
 CEANID

c.c. Arch.





**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA**  
**CENTRO DE ANALISIS, INVESTIGACION Y DESARROLLO "CEANID"**  
Laboratorio Oficial del Ministerio de Salud y Deportes  
Miembro de la Red de Laboratorios Oficiales de Análisis de Alimentos "RELOAA"  
Miembro de la Red Nacional de Laboratorios de Micronutrientes  
Laboratorio Oficial del Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria "SENASAG"



MO-003/13

**INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO**

Cliente:	Vanesa Santos
Solicitante:	Vanesa Santos
Dirección del cliente:	Barrio El Constructor
Procedencia: localidad/provincia/departamento	Tarija - Cercado - Tarija Bolivia
Lugar de muestreo:	Laboratorio Operaciones Unitarias
Fecha de muestreo:	2013-07-11
Responsable(s) del muestreo:	Vanesa Santos
Fecha de recepción de la muestra	2013-08-20
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 2013-08-20 al 2013-09-04
Caracterización de la muestra:	Harina de sangre : Muestra 1
Tipo de muestra:	Puntual
Envase:	Plástico
Código CEANID:	395 FQ 310 MB 233

Parámetro	Técnica	Unidad	Muestra 1 395 FQ 310 MB 233
Acidez (como ac.láctico)	Volumétrico	%	0,18
Cenizas	NB 075-74	%	3,65
Digestibilidad in vitro	Gravimétrico Tilley Terry	%	91,77
Materia grasa	NB 278-78	%	3,90
Coliformes fecales	NB 31005	NMP/g	< 3
Salmonella	NB 31007	p/a /25g	Ausencia

NB: Norma Boliviana

NOTA.-Los resultados se refieren sólo a la muestra ensayada.

Este informe de ensayo sólo puede ser reproducido en su forma total con aprobación escrita del CEANID.

Los datos de la muestra y del muestreo fueron suministrados por el solicitante.

Tarija, 04 de septiembre de 2013

  
Lic. Isabel Cossío Sánchez  
TECNICO ANALISTA  
CEANID

  
VºBº Ing. Adalid Acostano C.  
JEFE  
CEANID

c.c. Arch.



## INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO

**Solicitante:** Erika Vanesa Santos T.

**Procedencia localidad/provincia/departamento:** Tarija – Cercado – Tarija Bolivia

**Lugar de muestreo:** Laboratorio de Operaciones Unitarias

**Fecha de muestreo:** 2013-07-11

**Responsable del muestreo:** Erika Vanesa Santos T.

**Caracterización de la muestra:** Harina de sangre: Muestra I

Parámetro	Unidad	Muestra I
Humedad	%	6,61

Análisis Organoléptico	
Indicadores	Composición
Color	Rojo / pardo
Olor	Fresco, no presenta rancidez

