



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA ZOOTECNIA**

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA  
MEZCLADORA DE SALES MINERALES PARA LA ESTACIÓN  
EXPERIMENTAL TUNSHI”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN:  
TIPO PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

Presentado para optar el grado académico de:

**INGENIEROS ZOOTECNISTAS**

**AUTORES:**

MARÍA LOURDES RAMÍREZ ORTA

HAMILTON STEVEN NARANJO RODRIGUEZ

**DIRECTOR:** Ing. EDWIN DARÍO ZURITA MONTENEGRO, MsC.

RIOBAMBA – ECUADOR

2019

## **DERECHOS DE AUTORES (COPYRIGHT)**

© 2019, **María Lourdes Ramírez Orta**

**Hamilton Steven Naranjo Rodríguez**

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

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Nosotros, MARÍA LOURDES RAMÍREZ ORTA y HAMILTON STEVEN NARANJO RODRIGUEZ declaro que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

**María Lourdes Ramírez Orta**

**210104644-5**

**Hamilton Steven Naranjo Rodriguez**

**092607393-3**

## CERTIFICACIÓN DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ZOOTECNIA**

El tribunal del trabajo de titulación científica que: El trabajo de investigación tipo: Proyecto de Investigación, “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MEZCLADORA DE SALES MINERALES PARA LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TUNSHI”, de responsabilidad de los señores: María Lourdes Ramírez Orta y Hamilton Steven Naranjo Rodríguez, ha sido minuciosamente revisado por los miembros del Tribunal del trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Byron Fernando Castillo Parra, MsC. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	_____	_____
Ing. Edwin Darío Zurita Montenegro, MsC. <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	_____	_____
Ing. Hermenegildo Díaz Berrones, MsC. <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	_____	_____

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo dedico primeramente a mi Dios, que gracias a su amor infinito y haberme dado la vida y salud, tengo la dicha de obtener un logro más en mi vida.

Un trabajo de investigación es siempre producto de constancia, dedicación y responsabilidad; siendo fruto además del reconocimiento y apoyo incondicional de personas que nos estiman y forman parte de nosotros; por lo que dedico esta tesis a mis padres Abdón Ramírez y Beatriz Orta, a mis hermanos David, Edwin y Alexandra Ramírez; que creyeron en mí y que, con sus enseñanzas, su respaldo, y su espíritu de perseverancia me han influenciado siempre y han hecho de mí una persona de cada día ser una mejor versión y representación de ustedes.

Igualmente, a mi novio Hamilton Naranjo y su familia que también formaron un pilar fundamental para la realización de la tesis y su apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

Dedico también a una de las personas que demostró ser una amiga incondicional Mirian Paca, a ti por ser una persona transparente con tu afecto, hospitalidad y tus ánimos tanto en los momentos buenos como difíciles.

***María Lourdes Ramírez Orta.***

Esta tesis se la dedico a Dios por darme las fuerzas para salir adelante y no desmayar por los obstáculos que se me atravesaron.

De igual manera a mis padres José Naranjo y Elisa Rodríguez, a mis hermanos Darwin Naranjo y Anthony Naranjo, como un pilar fundamental en mi vida, quienes han sido mi inspiración y han estado a mi lado incondicionalmente, lo cual me ha ayudado a salir a delante en momentos difíciles. Finalmente, a mi familia en general por ser parte de mi vida, por ser incondicionales.

***Hamilton Steven Naranjo Rodriguez***

## **AGRADECIMIENTO**

A mi Dios gracias por brindarme la oportunidad de la vida y de contar con una familia extraordinaria, además de permitirme la oportunidad de conocer personas maravillosas que aportaron en mi crecimiento como persona y como profesional.

Asimismo, agradezco, a mis más grandes modelos de seres humanos a mis padres; mis hermanos y a mi compañía de toda mi vida Alexandra; que me ofrecieron su apoyo incondicional en todas las decisiones y acontecimientos importantes en mi vida personal y en mi trayectoria estudiantil, gracias por sus consejos vitales que me ayudaron a fortalecer y a creer en mi misma.

También expreso mis agradecimientos a mi novio y a su familia que hicieron posible cumplir una meta más en nuestras vidas, gracias por su comprensión, paciencia, y sobre todo apoyo incondicional para que este proyecto sea posible.

*María Lourdes Ramírez Orta*

En el presente trabajo de tesis quiero agradecer primeramente a Dios por darme la fuerza cada día para seguir adelante y no desmayar por los obstáculos que se me atravesaron, hasta llegar a culminar hoy, una etapa más de mi vida.

Agradezco también la confianza y el apoyo brindado por parte de mis padres, que siempre ha sido incondicional brindándome consejos y sin duda alguna en el trayecto de mi vida me ha demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos. A mis hermanos quienes son mi felicidad y mi apoyo día a día. A mi novia que con su apoyo incondicional ha sido parte esencial de todo este proceso trascendental en mi vida. También, a mi familia en general por brindarnos su apoyo incondicional y siempre estar presentes, acompañándonos en los buenos y malos momentos.

Queremos expresar también nuestros más sinceros agradecimientos al Ing. Edwin Zurita, al Ing. Hermenegildo Díaz y al Ing. Carlos Santos por su importante aporte y participación activa en el desarrollo de esta tesis y a la Estación Experimental Tunshi por abrirnos las puertas y poder realizar este proyecto con satisfacción.

*Hamilton Steven Naranjo Rodríguez*

## TABLA DE CONTENIDO

	Páginas
<b>RESUMEN</b>	<b>xv</b>
<b>SUMARY</b>	<b>xvi</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b>	
<b>1.1. Sales minerales.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1.1. Generalidades de las sales minerales.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1.2. Importancia de la sal mineral en la ganadería.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1.3. Características del uso de sales minerales.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1.4. Función de los minerales.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1.5. Consideraciones generales.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1.6. Clasificación de los minerales.....</b>	<b>6</b>
1.1.6.1. Según su función biológica.....	6
1.1.6.2. Según su disponibilidad en la naturaleza.....	7
<b>1.2. Mezcladoras.....</b>	<b>8</b>
<b>1.2.1. Generalidades.....</b>	<b>8</b>
<b>1.2.2. Tipos de Mezcladoras.....</b>	<b>8</b>
1.2.2.1. Mezcladoras Verticales.....	8

1.2.2.2.	<i>Mezcladoras Horizontales</i> .....	9
1.2.2.3.	<i>Mezcladoras de tambor</i> .....	11

## **CAPÍTULO II**

### **2. MARCO METODOLÓGICO**

<b>2.1.</b>	<b>Localización y duración del experimento</b> .....	<b>12</b>
<b>2.2.</b>	<b>Unidades experimentales</b> .....	<b>12</b>
<b>2.3.</b>	<b>Materiales, equipos e instalaciones</b> .....	<b>12</b>
<b>2.3.1.</b>	<b><i>Materiales</i></b> .....	<b>12</b>
2.3.1.1.	<i>Materiales de campo</i> .....	12
2.3.1.2.	<i>Materiales de construcción</i> .....	13
<b>2.3.2.</b>	<b><i>Equipos</i></b> .....	<b>15</b>
2.3.2.1.	<i>Equipos de campo</i> .....	15
2.3.2.2.	<i>Equipos de construcción</i> .....	15
<b>2.3.3.</b>	<b><i>Instalaciones</i></b> .....	<b>15</b>
<b>2.4.</b>	<b>Tratamiento y diseño experimental</b> .....	<b>15</b>
<b>2.4.1.</b>	<b><i>Esquema del experimento</i></b> .....	<b>16</b>
<b>2.5.</b>	<b>Mediciones experimentales</b> .....	<b>17</b>
<b>2.6.</b>	<b>Análisis estadísticos y pruebas de significancia</b> .....	<b>17</b>
2.6.1.	<i>Esquema del ADEVA</i> .....	17
<b>2.7.</b>	<b>Procedimiento experimental</b> .....	<b>18</b>
<b>2.7.1.</b>	<b><i>Diseño de la máquina mezcladora de sales minerales</i></b> .....	<b>18</b>



2.7.2.	<i>Construcción de la máquina mezcladora de sales minerales.....</i>	18
2.7.3.	<i>Funcionamiento de la máquina mezcladora.....</i>	19
2.8.	<b>Metodología de evaluación.....</b>	<b>19</b>
2.8.1.	<i>Cantidad y mermas de mezclado.....</i>	19
2.8.2.	<i>Eficiencia de la maquina.....</i>	20
2.8.3.	<i>Homogeneidad y tiempo de mezclado.....</i>	20

### **CAPÍTULO III**

3.	<b>MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS</b>	
3.1.	<b>Diseño y construcción de la máquina mezcladora de sales minerales.....</b>	<b>21</b>
3.2.	<b>Automatización.....</b>	<b>25</b>
3.2.1.	<b><i>Partes del gabinete modular.....</i></b>	<b>25</b>
3.2.1.1.	<i>Parte externa del gabinete modular.....</i>	25
3.2.1.2.	<i>Parte interna del gabinete modular.....</i>	27
3.3.	<b>Cantidad y mermas de mezclado.....</b>	<b>28</b>
3.4.	<b>Eficiencia de la máquina.....</b>	<b>29</b>
3.5.	<b>Distribución de los niveles de azufre miligramos por cada kilogramo de mezcla mineral, en diferentes segmentos de la máquina mezcladora de sales mineral ..</b>	<b>29</b>
3.5.1.	<b><i>Tiempo 10 minutos.....</i></b>	<b>29</b>
3.5.2.	<b><i>Tiempo 15 minutos.....</i></b>	<b>31</b>
3.5.3.	<b><i>Tiempo 20 minutos.....</i></b>	<b>31</b>
3.5.4.	<b><i>Homogeneidad de mezcla.....</i></b>	<b>31</b>

3.6.	<i>Manual de operación</i> .....	32
3.7.	<i>Análisis de costos</i> .....	34
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	36
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	37
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1.</b> Funciones de los macro y micro minerales	7
<b>Tabla 2-2.</b> Esquema del experimento.	16
<b>Tabla 3-2.</b> Esquema del ADEVA.	17
<b>Tabla 4-3.</b> Distribución de los niveles de azufre miligramo por cada kilogramo de mezcla mineral, en diferentes segmentos de la máquina.	30
<b>Tabla 5-3.</b> Costos de la máquina mezcladora de sales minerales.	34

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1.</b>	Patrón de mezclado en mezcladoras verticales.	9
<b>Figura 2-1.</b>	Mezcladoras horizontales de listones.	10
<b>Figura 3-1.</b>	Patrón de mezclado de mezcladoras de tambor.	11
<b>Figura 4-3.</b>	Vista frontal de la máquina mezcladora horizontal.	22
<b>Figura 5-3.</b>	Vista superior de la mezcladora de sales minerales.	23
<b>Figura 6-3.</b>	Vista lateral de la máquina mezcladora de sales minerales.	24
<b>Figura 7-3.</b>	Vista interna sistema Ribbon Blender.	25
<b>Figura 8-3.</b>	Automatización.	26
<b>Figura 9-3.</b>	Parte interna del gabinete modular	27

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-3.</b> Cantidad y mermas por el mezclado.	28
<b>Gráfico 2-3.</b> Regresión cuadrática.	32

## ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A:** Datos obtenidos de capacidad y mermas.
- Anexo B:** Datos obtenidos de análisis de laboratorio en base al azufre a los 10 minutos.
- Anexo C:** Datos obtenidos de análisis de laboratorio en base al azufre a los 15 minutos.
- Anexo D:** Datos obtenidos de análisis de laboratorio en base al azufre a los 20 minutos.
- Anexo E:** Datos obtenidos a los 10 minutos de mezcla.
- Anexo F:** Datos obtenidos a los 15 minutos de mezcla.
- Anexo G:** Datos obtenidos a los 20 minutos de mezcla.
- Anexo H:** ADEVA de muestras recolectadas a los 10 minutos de mezcla.
- Anexo I:** Prueba de separación de medias Tukey 5% de muestras recolectadas a los 10 minutos de mezcla.
- Anexo J:** ADEVA de muestras recolectadas a los 15 minutos de mezcla.
- Anexo K:** Prueba de separación de medias Tukey 5% de muestras recolectadas a los 15 minutos de mezcla.
- Anexo L:** ADEVA de muestras recolectadas a los 20 minutos.
- Anexo M:** Prueba de separación de medias Tukey 5% de muestras recolectadas a los 20 minutos de mezcla.
- Anexo N:** Análisis de la varianza de la regresión.
- Anexo O:** Construcción de maquina mezcladora de sales minerales.
- Anexo P:** Resultados de Laboratorio CESTTA a los 10 minutos Segmento 1- Tolva.

**Anexo Q:** Resultados de Laboratorio CESTTA a los 10 minutos Segmento 2 - Medio.

**Anexo R:** Resultados de Laboratorio CESTTA a los 10 minutos Segmento 3 - Motor.

**Anexo S:** Resultados de Laboratorio CESTTA a los 15 minutos Segmento 1 - Tolva.

**Anexo T:** Resultados de Laboratorio CESTTA a los 15 minutos Segmento 2 - Medio.

**Anexo U:** Resultados de Laboratorio CESTTA a los 15 minutos Segmento 3 - Motor.

**Anexo V:** Resultados de Laboratorio CESTTA a los 20 minutos Segmento 1 - Tolva.

**Anexo W:** Resultados de Laboratorio CESTTA a los 20 minutos Segmento 2 - Medio.

**Anexo X:** Resultados de Laboratorio CESTTA a los 20 minutos Segmento 3 - Motor.

**Anexo Y.** Fórmula de los ingredientes utilizados en la mezcla mineral.

## **RESUMEN**

Se diseñó, construyó y automatizó una mezcladora de sales minerales realizado en el Laboratorio Especializado en Balanceados, en la Estación Experimental Tunshi, perteneciente a la Facultad de Ciencias Pecuarias, ESPOCH; ubicada en el kilómetro 12 de la Vía Riobamba–Licto, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo. Se realizó investigación descriptiva para el diseño, construcción y automatización de la mezcladora y una vez instalada la máquina se realizó pruebas de funcionamiento; a través de muestras enviadas al laboratorio se determinó la distribución de niveles de azufre mg/kg, en diferentes segmentos de la máquina mezcladora, con cinco repeticiones por cada tratamiento analizadas bajo un Diseño Completamente al azar, luego de haber utilizado la prueba de tukey ( $p \leq 0,05$ ) y ( $p \leq 0,01$ ), se observó que el mejor tiempo de mezclado con 200 kilogramos de sales minerales fue de 20 minutos, no existiendo diferencias estadísticas ( $P > 0,05$ ) en los tres segmentos, presentando el segmento cercano a la tolva 4900 mg/kg, el segmento del medio un valor de 5020 mg/kg, el segmento cercano al motor 5140 mg/kg. Se concluye que la homogeneidad de la mezcla mineral está en relación con el tiempo de mezclado, demostrando una eficiencia de 99,98% y un desperdicio del 0,01% de la mezcladora. Se recomienda los 20 minutos como tiempo óptimo de mezclado de sales minerales para el suministro a todas las especies zootécnicas, difundir este tipo de investigación a pequeñas y medianas producciones pecuarias.

## **PALABRAS CLAVES:**

<FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS> <TUNSHI (COMUNIDAD)> <LICTO (PARROQUIA)> <MÁQUINA MEZCLADORA> <SALES MINERALES> <HOMOGENIDAD> <AZUFRE (MG/KG) > <ESPECIES ZOOTÉCNICAS> <CARRERA DE INGENIERIA ZOOTENIA>



## SUMMARY

A mixer of mineral salts made in the Balanced Specialized Laboratory was designed, built and automated, in the Tunshi Experimental Station, belonging to the Faculty of Animal Science, ESPOCH, located in kilometer 12 of the Riobamba-Licto road way, Riobamba Canton, Chimborazo Province. Using descriptive research for the design, construction and automation of the mixer; once the machine is installed, we carry out functional tests; trough samples sent to the laboratory we determined the distribution of sulfur levels mg/kg, in different segments of the mixing machine, with five repetitions for each treatment analyzed under a completely random design, after having used the tukey test ( $p \leq 0,05$ ) and ( $p \leq 0,01$ ) it was observed that the best mixing time with 200 kilograms of mineral salts was 20 minutes, there being no statistical differences ( $p > 0,05$ ) in the tree segments, with the segment close to the hopper 4900 mg/kg, the middle segment a value of 5020 mg/kg the segment close to the engine 5140 mg/kg. It was concluded that the homogeneity of the mineral mixture is related to the mixing time, demonstrating an efficiency of 99,98% and a waste of 0,01% of the mixer. It was recommending 20 minutes as the optimum time for mixing mineral salts for the supply to all zootechnical species, disseminating this type of research to small and medium livestock productions.

**KEYWORDS:** <FACULTY ANIMAL SCIENCES > <TUNSHI (COMMUNITY)> <LICTO (PARISH)> <MIXING MACHINE > <MINERAL SALTS> <HOMOGENITY> <SULFUR (MG/KG) > <ZOOTECNICAL SPECIES> <CARRER OF ENGINEERING ZOOTECHNY >

## **INTRODUCCIÓN**

Las grandes industrias han desarrollado una gran variedad de máquinas que se utilizan en diferentes sectores entre ellos la industria alimentaria, agrícola, automotriz. Sin embargo, en la actualidad la obtención de maquinarias para el procesamiento de productos alimenticios para las explotaciones pecuarias se ha convertido en una necesidad en los productores con el fin de garantizar la producción satisfaciendo las necesidades de los animales, y a la vez obtener rentabilidad en el menor costo posible.

La ganadería en el Ecuador es uno de los sectores más dinámicos dentro de la economía del país, por ende uno de los aspectos relevantes dentro de la nutrición que más requieren las empresas dedicadas a explotaciones pecuarias son las sales mineralizadas, puesto que constituyen un componente de suma importancia destinada a la producción de leche, carne, y lana; el mismo que ejerce acciones esenciales en la nutrición y metabolismo de los animales estimulando el crecimiento y elevando el rendimiento productivo y reproductivo.

Los productores pecuarios en la mayor parte de explotaciones tradicionalmente se basan en brindar sal común como suplementación mineral, sumado a ello los empresarios ofrecen mezclas comerciales que aseguran que todos aquellos elementos que intervienen en las sales minerales están en forma balanceada, pero esto no garantizan que cubran las deficiencias minerales que se encuentran en determinadas zonas, por consiguiente, uno de los puntos significativos a considerar es la interrelación mineral ya que niveles bajos o altos restringen el uso de otros elementos.

En las producciones pecuarias se identifican hoy en día que los componentes que forman parte de las sales minerales se desperdician cuando se suministran en forma individual y no balanceada en los saladeros dispuestos en los potreros afectando el consumo puesto que el animal puede consumir desproporcionadamente o por el contrario consumir poco, por dicha razón el suministro equilibrado de sal mineralizada se convierte en uno de los pilares fundamentales para los productores.

Las sales minerales son indispensables en la dieta de las distintas especies zootécnicas como suplemento, puesto que las mismas cumplen una función importante para el desarrollo del metabolismo de las especies animales; en efecto, la nutrición mineral adecuada es significativa para obtener niveles de producción óptimos y es esencial para mantener la salud animal, debido a ello, se

diseñó una máquina mezcladora de sales minerales modelo que permitirá al operador mezclar los diferentes ingredientes para la obtención de un producto final de calidad; y a la vez mejorar el suministro alimenticio de las especies zootécnicas, la implementación de esta máquina en la Estación Experimental Tunshi en el área de balanceados es de suma importancia ya que fomenta la formación académica de los estudiantes de la FCP, pudiendo ser un referente principal para alguna empresa u otra institución de educación, por lo mencionado anteriormente se propusieron los siguientes objetivos:

- Diseñar, construir y automatizar una mezcladora de sales minerales con materiales de alta resistencia a la oxidación.
- Determinar la eficiencia de la máquina instalada, así como establecer las normas básicas para el adecuado mantenimiento del equipo.
- Evaluar los costos de construcción, instalación y funcionamiento.

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 1.1. Sales minerales

##### 1.1.1. *Generalidades de las sales minerales*

Las sales mineralizadas son una mezcla formada por cloruro de sodio, calcio y fósforo con adición de macroelementos y microelementos. Aportan minerales necesarios para el óptimo desarrollo de metabolismo del ganado. El valor nutricional de la sal mineral está representado por todos los minerales; es decir, todos tienen un valor nutricional, porque desempeñan funciones específicas y generales en la fisiología animal (Reuter de Oliveira *et al.*, 2006, p. 323).

La sal mineral es una mezcla de sal y minerales macro y micro elementos que el animal necesita para vivir y producir la cual se suministra por separado para complementar el alimento de los animales, puesto que el animal no los alcanza a consumir en la cantidad suficiente de los pastos ni en los alimentos de la dieta (Euclides, 1992, pp. 691-702),

Es una mezcla homogénea de macro y micro minerales, en un vehículo generalmente de Cloruro de Sodio, con una composición orientada a cubrir las deficiencias de minerales de los forrajes bajo un consumo normal; la cantidad de minerales en la mezcla debe estar entre 10 a 12 minerales (Salamanca, 2010, pp. 1-10).

##### 1.1.2. *Importancia de la sal mineral en la ganadería*

Ni los pastos ni los concentrados aportan la totalidad de los elementos minerales que el ganado requiere para lograr las máximas ganancias de peso en menor tiempo como los que la vaca lechera necesita para la producción y reproducción y logre el mejor estado corporal. Cuando se suplementa el hato con sal mineralizada, esta debe ser de la mejor calidad y con el balance ideal de acuerdo a la región natural, a la especie animal, la etapa productiva, a su producción y requerimientos individuales.

Las sales mineralizadas constituyen un elemento de suma importancia en cualquier finca destinada a la producción de leche y/o carne, pues ejercen acciones importantes en el metabolismo y nutrición del organismo. Por lo tanto, mantienen la salud, estimulan el crecimiento y promueven un elevado rendimiento en la producción ( Depablos *et al.*, 2009, pp. 25-27).

La suplementación con sal blanca, que aporta solo sodio y cloro, solo corrige una mala calidad seminal, mientras que la suplementación con minerales corrige los otros problemas reproductivos y con ello Aumenta las ganancias de los ganaderos al incrementar los ciclos reproductivos y evita el nacimiento de terneros muertos o débiles (Obispo *et al.*, 2002, p. 162).

Los minerales se consideran como el tercer grupo de nutrientes limitante en la producción animal y su importancia radica en que son necesarios para la transformación de los alimentos en componentes del organismo o en productos animales como leche, carne, crías, piel, lana, etc. Algunas de las funciones más importantes de los minerales para la producción de los rumiantes (Salamanca, 2010, pp. 2-3).

Los minerales son necesarios para transformar la proteína y la energía de los alimentos en componentes del organismo o en productos animales, ayudando al organismo a combatir las enfermedades y mantener al animal en buen estado de salud. Asimismo, indica que el otro sitio vital donde se requieren minerales en los rumiantes es en el rumen, en particular fósforo, sodio, azufre, cobre, cobalto y níquel.

Las bacterias y protozoos presentes en el medio ruminal, como todo ser vivo, requieren minerales para lograr un óptimo crecimiento, reproducción y producir la degradación de los alimentos. Gran parte de las mermas en la producción de los rumiantes que se suscitan por deficiencias minerales se deben a una baja eficiencia de conversión alimenticia provocada por la ausencia de minerales a nivel ruminal o presentes en concentración inadecuada.

Además, desempeñan diversas funciones vitales en el organismo ante todo el esqueleto de los animales vertebrados está compuesto principalmente de minerales.

También son constituyentes esenciales de los tejidos y de los líquidos del organismo, por ejemplo, la capacidad de la sangre para conducir el oxígeno se debe a la hemoglobina de los glóbulos rojos, que es un compuesto de proteína y hierro.

Los compuestos minerales solubles de la sangre y otros líquidos del organismo son esenciales para dar a esta sus propiedades características y para regular los procesos vitales, la acidez o alcalinidad de los jugos digestivos se debe a los compuestos minerales que contienen. Así, la acidez del jugo del estómago se debe al ácido clorhídrico que segrega dicho órgano (Cseh, 2003, pp. 180-182).

### **1.1.3. *Características del uso de sales minerales***

La sal mineral debe tener una palatabilidad suficiente para permitir un consumo adecuado con relación a los requerimientos. Estar por una casa comercial sería con garantía de calidad con relación a la composición indicada en el envase. Tener tamaño de partícula aceptable, que permitirá una mezcla uniforme de sus componentes, para el consumo por el animal.

En cuanto al fósforo debe ser de 6%, calcio de 12%. Proveer una proporción significativa del requerimiento de Co, Cu, I, Mn y Zn. En áreas de deficiencias conocidas de algún micro elemento se recomienda proveer el 100% (Miles y McDowell, 1983, p. 12).

### **1.1.4. *Función de los minerales***

- 1) Formación del esqueleto y mantenimiento, incluyendo la formación de huesos y dientes
- 2) Energía, incluyendo las minerales que forman parte de enzimas y otros componentes del cuerpo, esenciales para producción de energía y para otras actividades necesarias para el normal crecimiento y reproducción,
- 3) Producción de leche, y
- 4) Funciones básicas del cuerpo ejemplo sistema nervioso (Galué *et al.*, 2008, pp. 176-177).

### **1.1.5. *Consideraciones generales***

- Con excepción a los rumiantes, las otras especies animales reciben el suplemento mineral incorporado en el concentrado o en la dieta completa, para la suplementación de bovinos es necesario considerar:

- Utilizar fuentes minerales idóneas, con alta biodisponibilidad, libres de elementos tóxicos y verificar su grado de pureza.
- Las fuentes minerales deben tener granulometría uniforme para evitar segregación de partículas durante el mezclado.
- La mezcla final debe aportar mínimo 4 por ciento de fósforo, y tener una relación Calcio: Fósforo mayor 2:1
- Incluir entre 25 y 50 por ciento de sodio para mejorar la palatabilidad y el consumo (Rosero y Posada., 2016, pp. 11-12).

#### 1.1.6. *Clasificación de los minerales*

##### 1.1.6.1. *Según su función biológica*

Los minerales se pueden clasificar de acuerdo con su función en el organismo y dependiendo de su disponibilidad en la naturaleza.

La clasificación biológica de los minerales está basada de acuerdo con su función dentro del organismo del animal:

- **Esenciales:** calcio, fósforo, magnesio, sodio, cloro, potasio, hierro, zinc, cobre, cobalto, molibdeno, manganeso, yodo, selenio, cromo y azufre
- **Probablemente esenciales:** Flúor, litio, silicio, vanadio, níquel, arsénico, plomo, estaño, cadmio, boro, aluminio, bromo, bario, estroncio y titanio
- **Función incierta:** germanio, antimonio, cesio, tinio, berilio, bismuto, uranio, zirconio, plata, escandio y galio (Depablos, 2009, p. 37).

1.1.6.2. *Según su disponibilidad en la naturaleza*

Los minerales cumplen diferentes funciones en el organismo animal, las cantidades requeridas de cada mineral varían en función de la especie, edad y estado fisiológico (Rosero y Posada, 2016, p. 10).

A continuación, se describe las funciones de micro y macro minerales, como se puede observar en la tabla N 1-1.

**Tabla 1-1.** Funciones de los macro y micro minerales

<b>MINERAL</b>	<b>FUNCIÓN</b>
<b>MACROMINERALES</b>	
Calcio	Formación de huesos y dientes, función nerviosa y muscular
Fósforo	Reproducción, formación de huesos y dientes
Magnesio	Crecimiento, reproducción y funciones metabólicas
Potasio	Funciones metabólicas
Azufre	Funciones metabólicas y formación de aminoácidos azufrados en el rumen
<b>MICROMINERALES</b>	
Cromo	Respuesta inmune y factor de tolerancia a la glucosa
Cobalto	Componente de la vitamina B12
Cobre	Formación de hemoglobina y metabolismo tisular
Yodo	Producción de hormonas tiroideas y metabolismo energético
Magnesio	Reproducción
Molibdeno	Actividad Enzimática
Selenio	Antioxidante y glutatión peroxidasa
Zinc	Actividad enzimática

Fuente: (Rosero y Posada. 2016).



## **1.2. Mezcladoras**

### **1.2.1. Generalidades**

Una mezcladora tiene el objetivo de producir una mezcla uniforme de ingredientes que asegure que los animales que consumen este alimento reciban las cantidades correctas de cada nutriente (Koch, 2008, p. 2).

Una mezcladora permite el desplazamiento de todas las partículas de los ingredientes, permitiendo combinarlas entre ellos; debido a lo cual las mezcladoras que ofrecen un máximo movimiento de partículas, como los mezcladores de cintas helicoidales, realizaran un mezclado más eficiente (Según Bermúdez *et al.*, 2012, pp. 154-155).

Cada ingrediente, tiene sus propias propiedades físicas tales como el tamaño de partícula, densidad, adhesividad, higroscopicidad, características superficiales entre otras; estas pueden alterar su disposición para ser mezcladas con otras sustancias. No obstante, el factor que más afecta a una mezcla homogénea es el tamaño de partícula (Siccardi *et al.*, 2006, pp. 235-236).

### **1.2.2. Tipos de Mezcladoras**

Existen tres tipos básicos de mezcladoras:

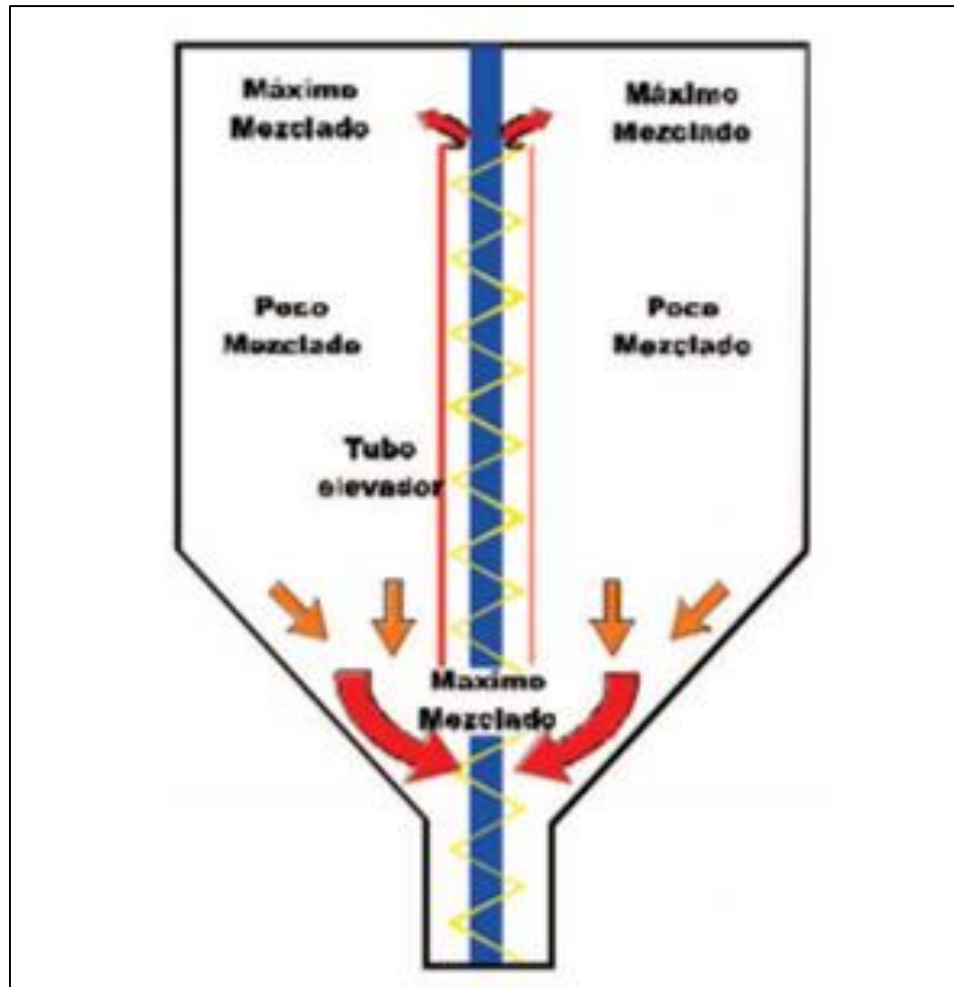
- Verticales.
- Horizontales.
- De tambor o tómbola (Bortone 2002, p. 122).

#### **1.2.2.1. Mezcladoras Verticales**

En las mezcladoras verticales solo un pequeño porcentaje (10%) de alimento es movido al mismo tiempo, lo cual beneficia al proceso de mezclado. La mayoría del mezclado se lleva a cabo mediante

la recirculación de los ingredientes a través de un tubo elevador central y un gusano o hélice helicoidal como se puede observar en la figura N°1-1.

Este tipo de mezcladoras son muy populares por su bajo costo y su facilidad de adaptación a diferentes equipos de alimentación, además si se utiliza un sistema de doble gusano se puede reducir su tiempo de mezclado de 12 a 15 minutos en promedio a un tiempo de 8 a 10 minutos (Bortone, 2002, p.138).



**Figura 1-1.** Patrón de mezclado en mezcladoras verticales.

Fuente: (Bortone, 2002).

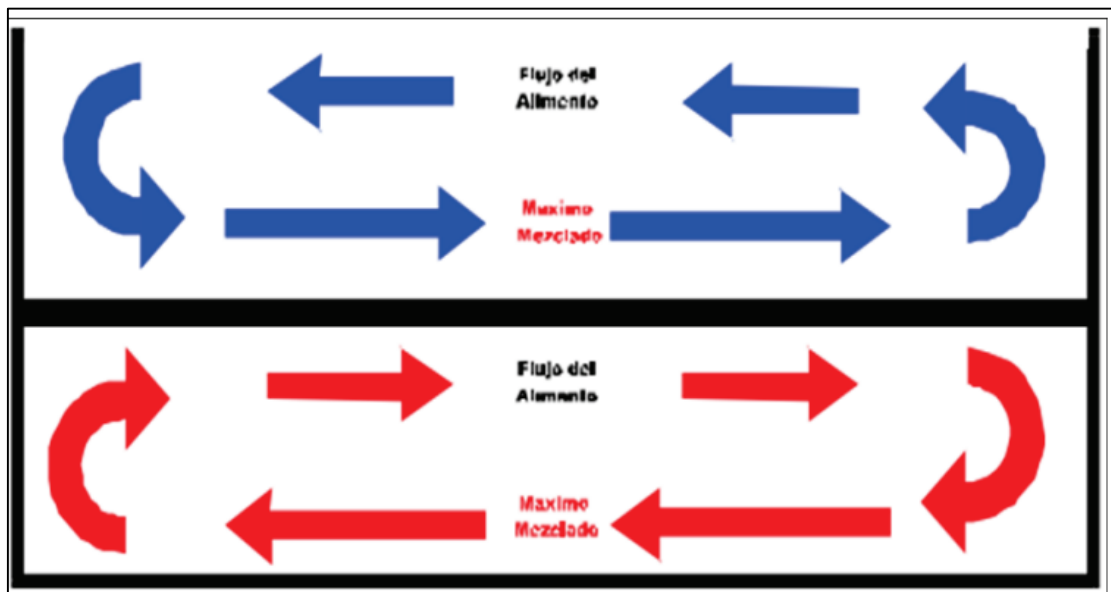
#### 1.2.2.2. *Mezcladoras Horizontales*

El tiempo requerido para producir una mezcla homogénea varía de 2 a 4 minutos, esto debido a que la totalidad de las partículas se encuentran en movimiento. Una ventaja de este tipo de mezcladoras

es que pueden adicionarse a la mezcla niveles de líquidos del 8 al 10%, como son la melaza o grasa (Velarde *et al.*, 2016, p. 26).

La mayoría de las mezcladoras horizontales son estacionarias, pero es posible hacerlas portátiles; por lo general, son más caras que las mezcladoras verticales debido a que sus componentes deben ser más resistentes. Tienen la ventaja de que su desgaste es relativamente lento en comparación con las verticales. La falta de llenado de este tipo de mezcladoras dificulta su acción por lo que debe llenarse cuando menos a un tercio de su capacidad para obtener un mezclado adecuado (Bortone, 2002, pp. 145-147).

El sobrellenado es, quizá, más común y también puede afectar el mezclado; cuando se utilizan ingredientes de baja densidad, debe reducirse la cantidad mezclada para evitar el sobrellenado. Por lo general las paletas o listones deben estar expuestos ligeramente entre 5 a 10cm sobre la superficie del alimento, como se indica en la figura N° 2-1. Otro factor que debe de vigilarse que se cumpla es el número de revoluciones por minuto (Bortone, 2002, pp. 145-147).



**Figura 2-1.** Mezcladoras horizontales de listones.

Fuente: (Bortone, 2002).

### 1.2.2.3. Mezcladoras de tambor

Utiliza el principio de funcionamiento de mezclado de una revolvedora de concreto. Teóricamente, si se las llena a la capacidad recomendada y se aplica por un tiempo adecuado, se puede obtener una excelente mezcla, sin embargo, si se le añaden aceites o melaza puede presentar problemas de obstrucción. Su bajo consumo de energía ha hecho que el uso de este tipo de equipos se incremente, a pesar de la poca información que existe respecto a su confiabilidad o capacidad para producir mezclas uniformes (Bortone, 2002, pp. 145-147), como se observa en la figura 3-1.



**Figura 3-1.** Patrón de mezclado de mezcladoras de tambor.

**Fuente:** (Bortone, 2002).

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1. Localización y duración del experimento

La presente investigación se realizó en el Área de Balanceados en la Estación Experimental Tunshi, de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias pecuarias. La misma se encuentra en el kilómetro 12 de la Vía Riobamba–Licto, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo. La investigación tuvo una duración de 60 días.

#### 2.2. Unidades experimentales

Para el diseño, construcción, y automatización se realizó una investigación de tipo descriptivo, y las muestras recolectadas de la máquina enviadas para análisis de laboratorio se distribuyeron bajo un diseño completamente al azar con tres tratamientos, cinco repeticiones y con un tamaño de unidad experimental de tres.

#### 2.3. Materiales, equipos e instalaciones

##### 2.3.1. *Materiales*

##### 2.3.1.1. *Materiales de campo*

- Calculadora
- Materiales de escritorio
- Material bibliográfico
- Overol

- Gorra
- Mascarilla
- Fundas ziploc

#### 2.3.1.2. *Materiales de construcción*

- Planchas de acero inoxidable en grado alimenticio AISI 304 de 2mm
- Moto-reductor trifásico 3 Hp
- 2 Chumaceras 1 ½ pulg.
- 2 Poleas
- Válvula tipo mariposa AI
- 2 Bandas A-39
- Tubo 1 ½ pulg. de 1.70 cm
- Tubo de 2 pulgadas
- Temporizador digital
- Guardamotor
- Breaker (Riel Din) 32 A
- Gabinete modular
- Cable 10 AWG

- Soporte adhesivo
- Terminar tipo PIN #12
- Codificador libretin
- Luz piloto rojo
- Luz piloto verde
- Pulsador verde
- Pulsador rojo
- Pulsador tipo hongo
- Enchufe 220V
- Amarras 20 cm
- Riel Din
- Tubo bx
- Conector bx
- Canaleta ranadura 20 cm
- Cable concéntrico 3\* 10
- Contactor
- Rele térmico

- Tensor
- Manguera corrugada plásticas

### **2.3.2. Equipos**

#### **2.3.2.1. Equipos de campo**

- Cámara fotográfica
- Computadora
- Balanza digital

#### **2.3.2.2. Equipos de construcción**

- Máquinas de herramientas (amoladora, taladro, soldadora, compresor)
- Máquina Industrial (guillotina, plegadora, baroladora)

### **2.3.3. Instalaciones**

- Laboratorio Especializado en Balanceados de la Estación Experimental Tunshi - Área Pecuaria.

## **2.4. Tratamiento y diseño experimental**

Se realizó una investigación de tipo descriptivo para el diseño, construcción y automatización de una máquina mezcladora de sales minerales para el Laboratorio Especializado en Balanceados de la Estación Experimental Tunshi - Área Pecuaria de la Facultad de Ciencias Pecuarias.



Sin embargo, una vez instalada la máquina se realizó pruebas para verificar el funcionamiento de la misma. Se evaluó tres segmentos de la máquina: tolva, medio y motor con cinco repeticiones por cada tratamiento y se analizaron bajo un Diseño Completamente al azar (DCA) que se ajusta al siguiente modelo lineal aditivo:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

$Y_{ij}$ : Valor estimado de la variable

$\mu$ : Media general

$\alpha_i$ : Efecto de los segmentos de la máquina

$\epsilon_{ij}$ : Error experimental

#### 2.4.1. Esquema del experimento

El esquema del experimento para el desarrollo de la presente investigación se evaluó a los 10, 15 y 20 minutos independientemente, a continuación, se da a conocer en la tabla 2-2.

**Tabla 2-2.** Esquema del experimento por cada tiempo.

TRATAMIENTOS	CÓDIGO	REP	TUE*	TOTAL
TOLVA	S1	5	1	5
MEDIO	S2	5	1	5
MOTOR	S3	5	1	5
<b>TOTAL</b>				15

\*TUE: Tamaño de la Unidad Experimental

Realizado por: Ramírez, María; Naranjo, Hamilton, 2019

## 2.5. Mediciones experimentales

Las variables que se consideraron en la presente investigación fueron:

- Cantidad de mezclado (kilogramos) y mermas por el mezclado (Porcentaje)
- Eficiencia (Porcentaje)
- Homogeneidad de la mezcla (azufre miligramo/kilogramo) y tiempo de mezclado (10, 15 y 20 minutos)

## 2.6. Análisis estadísticos y pruebas de significancia

En la presente investigación los datos obtenidos se evaluaron a los 10, 15 y 20 minutos independientemente, con las siguientes técnicas estadísticas:

- Análisis de varianza (ADEVA)
- Separación de medias según Tukey a un nivel de significancia ( $p < 0,05$ ) y ( $p < 0,01$ )
- Análisis de regresión y correlación para variables que presenten significancia

### 2.6.1. Esquema del ADEVA

El esquema del análisis de la varianza, se evaluó a los 10, 15 y 20 minutos independientemente, se detallas a continuación en la tabla 3-2.

**Tabla 3-2.** Esquema del ADEVA.

<b>FUENTE DE VARIACIÓN</b>	<b>GRADOS DE LIBERTAD</b>
Total	14
Tratamientos	2
Error Experimental	12

Realizado por: Ramírez, María; Naranjo, Hamilton, 2019

## **2.7. Procedimiento experimental**

Con el objetivo de diseño, construcción y automatización de una mezcladora de sales minerales para la Estación Experimental Tunshi, en el área de balanceados se realizó el siguiente procedimiento:

### **2.7.1. *Diseño de la máquina mezcladora de sales minerales***

Se realizó el estudio de formas de mezcladoras para sales minerales, se seleccionó una mezcladora horizontal con el sistema de mezclado Ribbon Blender, y se diseñó una máquina automatizada con una capacidad de 200 kilogramos.

### **2.7.2. *Construcción de la máquina mezcladora de sales minerales***

- Para la construcción de la máquina mezcladora de sales minerales se utilizó materiales necesarios de acero inoxidable en grado alimenticio AISI 304.
- Se procedió a cortar la plancha de acero inoxidable en grado alimenticio AISI 304 con espesor de 2 mm, para armar la estructura (extremos y cubierta).
- Con la baroladora se dobló una plancha de acero inoxidable en grado alimenticio AISI 304 con espesor de 2 mm en forma cilíndrica para crear así la base del área de mezclado.
- Se realizó cortes a los tubos de 2 pulgadas para los soportes de la máquina mezcladora.
- Se soldó las planchas cortadas a los extremos de la cavidad cilíndrica y los soportes de los tubos para el armazón de la maquinaria.
- Una vez soldado el armazón, se perforó los extremos para colocar las chumaceras y el eje transversal donde se soldaron cintas helicoidales para formar el sistema de mezclado Ribbon blender.
- En la parte superior de la cavidad cilíndrica se colocó dos puertas. Una puerta posee una tolva de 40 centímetros por 40 centímetros, para la adición de minerales en menor cantidad.

- Se ubicó una válvula tipo mariposa de acero inoxidable con un diámetro de diez centímetros que permite la salida de la mezcla mineral.
- La máquina posee un motor WEG 3-HP, trifásico de 220 voltios, baja frecuencia (1720 RPM), que está acoplado a una caja reductora de velocidad que proporciona una salida de 28 RPM y se desmultiplicara mediante bandas y poleas dejando así una salida de 18,6 RPM.
- Se adaptó una protección para el motor, para evitar el contacto con sales minerales.
- También consta de un gabinete modular que se encarga de la automatización de la máquina mezcladora.

### **2.7.3. Funcionamiento de la máquina mezcladora**

- Se instaló la máquina mezcladora de sales minerales en el Laboratorio especializado de balanceados en la Estación Experimental Tunshi.
- Por último, se realizó pruebas de funcionamiento con capacidad del 25%, posterior el 50%, el 75% y finalmente el 100% de la capacidad para la que fue diseñada de 200 kg.

## **2.8. Metodología de evaluación**

### **2.8.1. Cantidad y mermas de mezclado**

La cantidad de mezclado se evaluó mediante la mezcla de doscientos kilogramos, y el porcentaje de mermas se valoró mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Mermas por el Mezclado (\%)} = \frac{\text{Desperdicio kg}}{\text{Cantidad total kg}}$$

$$\text{Mermas por el Mezclado (\%)} = \frac{\text{Desperdicio Kg}}{\text{Cantidad total Kg}} \times 100\%$$

### **2.8.2. Eficiencia de la maquina**

En base a la cantidad real mezclada en relación a la cantidad esperada se calculó eficiencia de la máquina mezcladora de sales minerales.

$$\text{Eficiencia (\%)} = \frac{\text{Cantidad real mezclada (kg)}}{\text{Cantidad esperada (kg)}} \times 100\%$$

### **2.8.3. Homogeneidad y tiempo de mezclado**

La homogeneidad se determinó a través de la toma de diferentes muestras a distintos tiempos de mezclado diez, quince y veinte minutos, y enviadas al laboratorio CESTTA (Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental) de la ESPOCH, donde se evaluó la distribución del azufre miligramo/kilogramo de sales minerales en diferentes segmentos de la máquina.

Se eligió el azufre debido a que este ingrediente se adicionó en menor cantidad en la mezcla mineral.

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

#### 3.1. Diseño y construcción de la máquina mezcladora de sales minerales

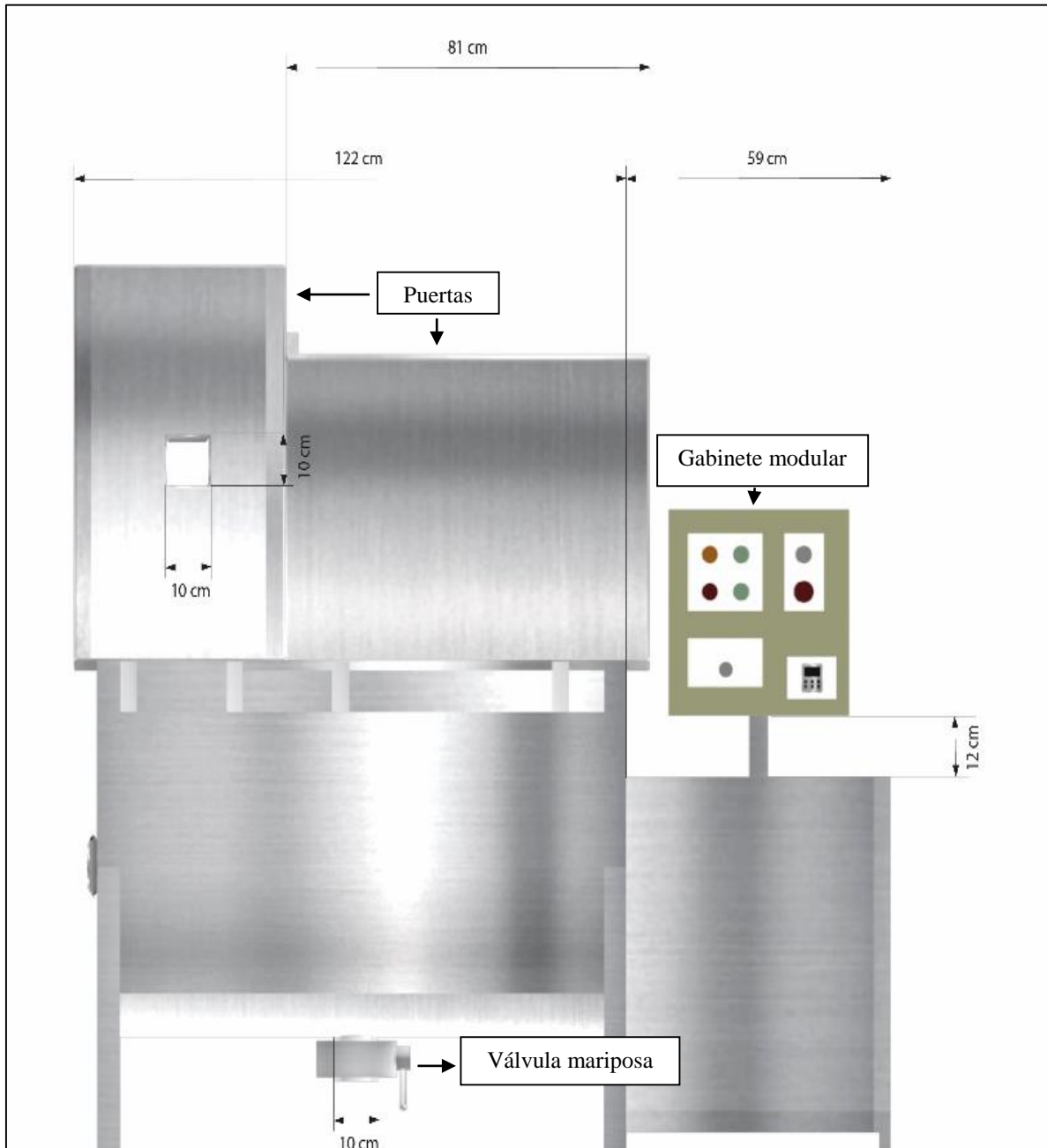
Las industrias que elaboran productos de consumo para las explotaciones pecuarias exigen en la actualidad mayor eficacia a la hora de mezclar sus componentes, ya que el grado de homogeneidad conseguido repercute en la calidad. Por este motivo, se diseñó y se construyó una máquina mezcladora de sales minerales, su mecanismo consiste en un canal horizontal en forma de U, construida a base de acero inoxidable AISI 304 en grado alimenticio, cuenta con un volumen de 486.72 cm<sup>3</sup>, y tiene la capacidad de mezclar doscientos kilogramos.

La empresa Pulvex (2019) sostiene que una mezcladora horizontal de Acero Inoxidable es ideal para la mezcla de toda clase de polvos, destacada por su rapidez, amplia utilidad y facilidad de operación.

La máquina tiene un largo de un metro con ochenta y un centímetros; dividida en un metro con veinte y dos centímetros el cuerpo de la máquina, la misma que posee dos puertas para la entrada de los componentes de sales minerales de mayor cantidad; y de cincuenta y nueve centímetros la caja donde se encuentra ubicado el moto-reductor y en la parte superior de esta se encuentra el gabinete modular de automatización; también posee un válvula tipo mariposa de acero inoxidable con un diámetro de diez centímetros que permite la salida del producto final, como se muestra en la Figura. N° 4-3.

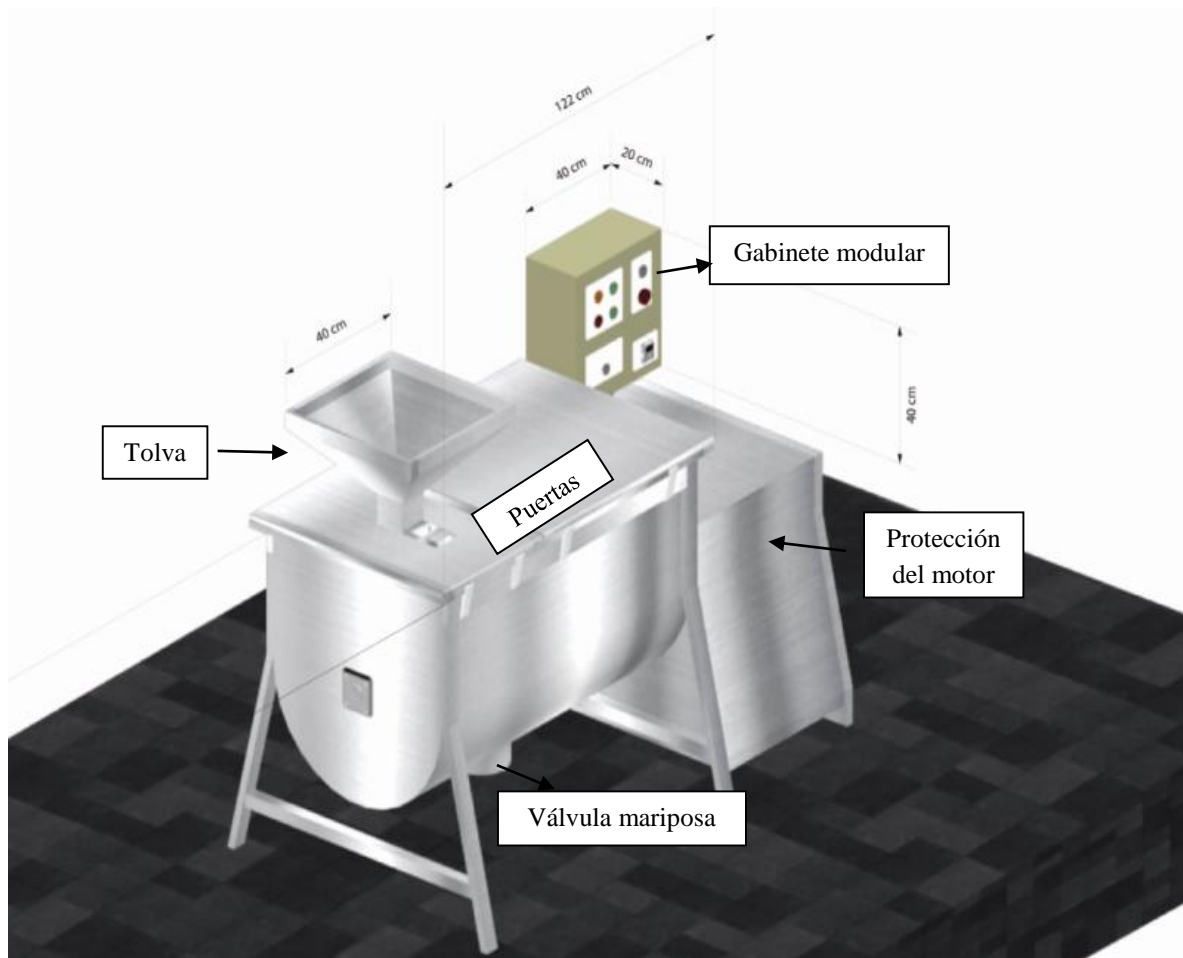
También está compuesta por un tablero de automatización de cuarenta por cuarenta centímetros, que contiene un botón tipo hongo de color verde y al pulsarlo este da inicio al funcionamiento de la máquina y pone en marcha al moto-reductor WEG trifásico 3 Hp, permitiendo que las hélices de la máquina den vuelta y de inicio al proceso de mezclado de los ingredientes de las sales minerales, además consta de una tolva de cuarenta por cuarenta centímetros y una altura de veinte centímetros que permite depositar los ingredientes que van en menor cantidad en la mezcla hacia el interior de la máquina, como se indica en la figura N° 5-3.

Asimismo, Pulvex (2019) indica que un moto reductor de 2.5 Hp abastece para una capacidad de mezclado de 150 Kilogramos y de 3Hp para 300 kilogramos de mezcla. Por lo que se procedió a la selección de un motor de 3 Hp para doscientos kilogramos para garantizar la vida útil del motor.



**Figura 4-3.** Vista frontal de la máquina mezcladora horizontal.

Realizado por: Ramírez, María; Naranjo, Hamilton, 2019



**Figura 5-3.** Vista superior de la mezcladora de sales minerales.

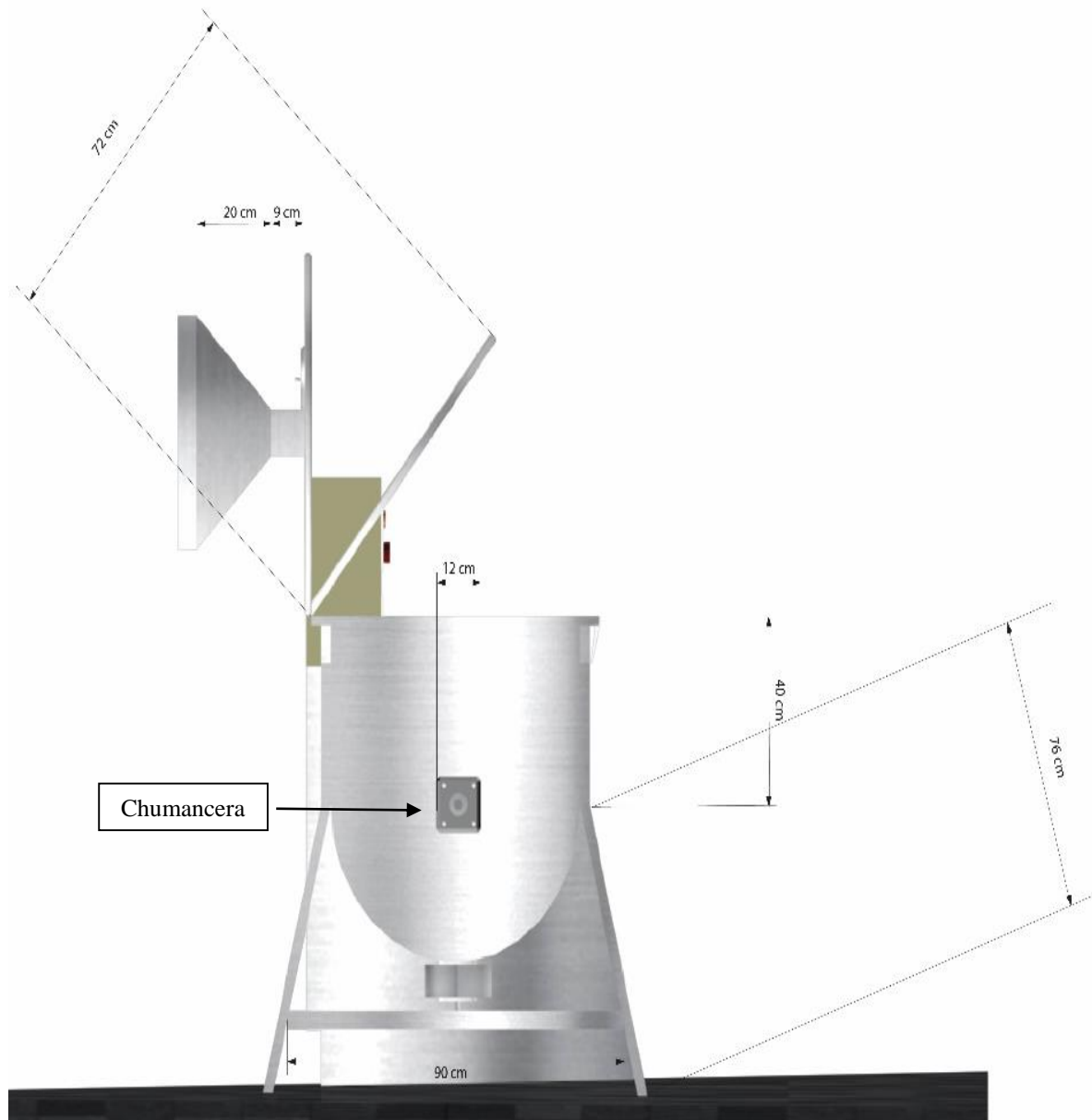
Realizado por: Ramírez, María; Naranjo, Hamilton, 2019

Los soportes de la máquina tienen un largo de setenta y seis centímetros y cuarenta centímetros están adheridos al cuerpo de la máquina; el ancho de la máquina es de setenta y dos centímetros, en las planchas laterales contienen una chumacera de doce centímetros que permite el giro del eje, tal y como se ilustra en la figura N° 6-3.

En la figura N° 7-3, se puede observar el interior de la máquina constituido por un sistema de mezclado Ribbon Blender, este posee un tubo con un largo de un metro con dieciocho centímetros y un diámetro de cinco centímetros; asimismo contiene unas cintas helicoidales internas que empujan la mezcla hacia afuera y las cintas helicoidales externas empujan hacia el centro, garantizando una mezcla más uniforme de todos los ingredientes.

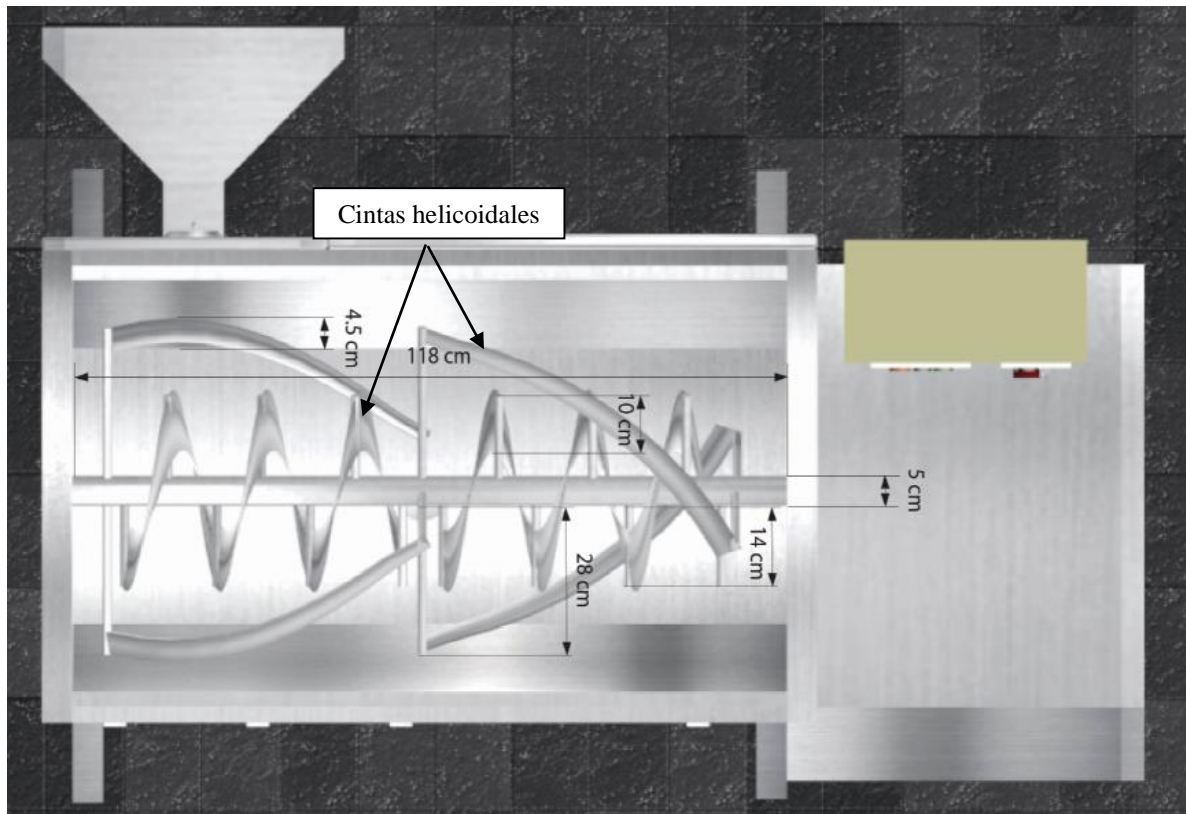


Pulvex. (2019), menciona que una mezcladora horizontal con el sistema Ribbon Blender conformada de un eje con dobles cintas helicoidales logra una mezcla en movimiento uniforme y homogénea en cada esquina de la máquina.



**Figura 6-3.** Vista lateral de la máquina mezcladora de sales minerales.

Realizado por: Ramírez, María; Naranjo, Hamilton, 2019



**Figura 7-3.** Vista interna sistema Ribbon Blender.

Realizado por: Ramírez, María; Naranjo, Hamilton, 2019

### 3.2. Automatización

Actualmente, la necesidad de automatizar ha surgido desde las grandes industrias hasta las más pequeñas de estas, con el fin de mejorar la productividad de la empresa y la calidad de la misma, el cual garantiza un trabajo más eficiente y a la vez excluye el trabajo manual.

#### 3.2.1. Partes del gabinete modular

##### 3.2.1.1. Parte externa del gabinete modular

- Consta con un gabinete modular de cuarenta centímetros de alto, cuarenta centímetros de ancho y veinte centímetros de fondo.

- Posee un panel de control el cual el pulsador verde da inicio al funcionamiento de la máquina mezcladora de sales minerales y un pulsador de color rojo para apagado de la misma.
- Además, tiene un panel de emergencia que se constituye de un pulsador tipo hongo, utilizado para la retención repentina de la máquina frente algún peligro sin causar daños al motor.
- El gabinete modular mediante su panel de modo brinda la opción de trabajar en forma automática o manual, adaptándose a las necesidades del operador.
- Al trabajar de forma automática, permite utilizar el panel de tiempo el mismo que consta de un temporizador digital que admite manipular diferentes tiempos de mezclado con el apagado automático de la máquina.

En la figura 8-3, se muestra la parte externa del gabinete modular que permite el funcionamiento de la máquina mezcladora de sales minerales.



**Figura 8-3.** Automatización.

Realizado por: Ramírez, María; Naranjo, Hamilton, 2019

### 3.2.1.2. Parte interna del gabinete modular

- Brinda las protecciones necesarias del motor para el correcto funcionamiento como se muestra en la figura N° 10-3, y está constituido por:
- **Breaker:** Dispositivo que se puede activar automáticamente o manualmente para controlar y proteger un sistema eléctrico.
- **Contactador con rele térmico:** Aparato utilizado para proteger el motor contra potencias eléctricas bajas y altas.
- **Guardamotor:** Este previene cortocircuitos y sobrecargas, se encarga de la desconexión eléctrica, y así controlar una falla, cuando esta es detectada.



**Figura 9-3.** Parte interna del gabinete modular

Realizado por: Ramírez, María; Naranjo, Hamilton, 2019

### 3.3. Cantidad y mermas de mezclado

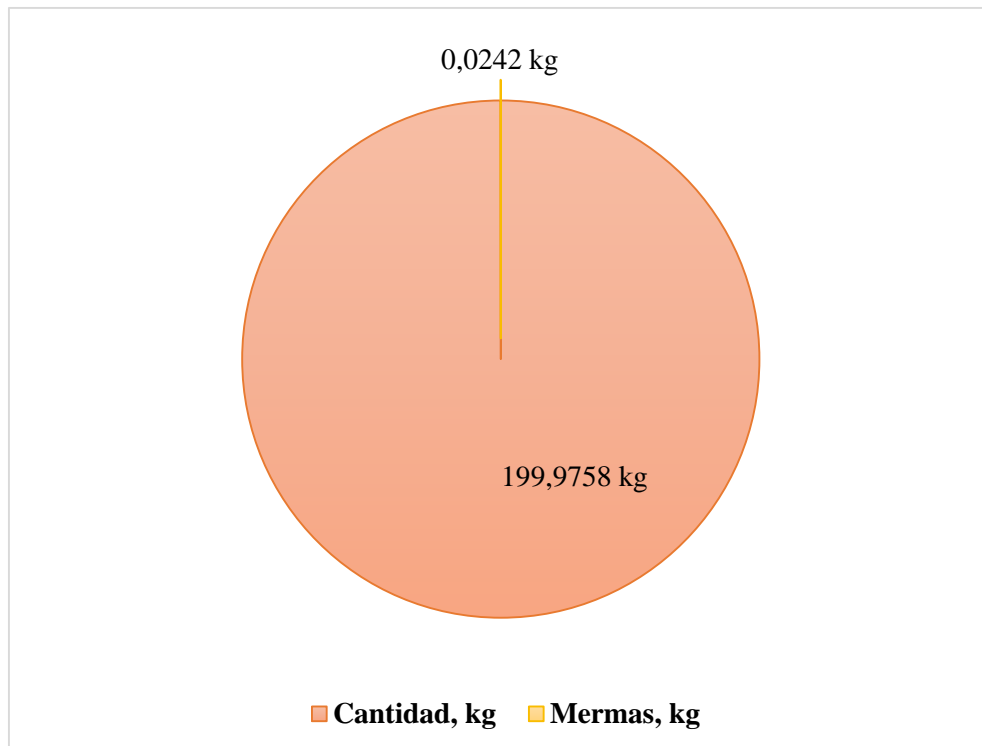
En el proceso de mezcla de doscientos kilogramos de sales minerales se determinó que existe un promedio de pérdida de 0,0242 kilogramos, equivalente al 0.01% debido a retenciones de sales en la tolva, paredes de la máquina, pérdida de polvos durante la colocación de ingredientes y mezclado, o al momento de salida del producto como se muestra en el gráfico N° 1-3.

$$\text{Mermas por el Mezclado (\%)} = \frac{0,0242 \text{ kg}}{200\text{kg}}$$

$$\text{Mermas por el Mezclado (\%)} = 0,0001$$

$$\text{Mermas por el Mezclado (\%)} = 0,0001 \times 100\%$$

$$\text{Mermas por el Mezclado (\%)} = 0,01\%$$



**Gráfico 1-3.** Cantidad y mermas por el mezclado.

Realizado por: Ramírez, María; Naranjo, Hamilton, 2019

### **3.4. Eficiencia de la máquina**

La eficiencia de la maquina mezcladora de sales minerales se calculó en base a la cantidad real mezclada kilogramos fuerza con relación a la cantidad esperada de mezclado.

$$\text{Eficiencia (\%)} = \frac{199,9758 \text{ kg}}{200 \text{ kg}}$$

$$\text{Eficiencia (\%)} = 99,98\%$$

Al mezclar 200 kilogramos de sales minerales se obtuvo mermas de 0.0242 kilogramos, obteniendo una mezcla de 199,9758 kilogramos de sales minerales, alcanzando una eficiencia total de la maquinaria en relación a la porción incorporada de 99,98%.

### **3.5. Distribución de los niveles de azufre miligramos por cada kilogramo de mezcla mineral, en diferentes segmentos de la máquina mezcladora de sales minerales.**

En la tabla 4-3., se muestra un cuadro resumen de los resultados de laboratorio CESTTA (Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental), con el fin de determinar la homogeneidad de la mezcla en base al azufre en miligramos por cada kilogramo de mezcla mineral, en intervalos de tiempo diferentes (10, 15 y 20 minutos).

#### **3.5.1. Tiempo 10 minutos**

A los 10 minutos, la distribución de azufre miligramos por cada kilogramo de mezcla mineral, en relación a los diferentes segmentos de la máquina, presentó diferencias estadísticas altamente significativas ( $P < 0,01$ ), encontrando mayores niveles de azufre en el segmento cercano al motor 5380 miligramos por cada kilogramo de mezcla mineral, seguido por el segmento medio 5320 miligramos por cada kilogramo de mezcla mineral y finalmente en el segmento cercano a la tolva el menor nivel 4800 miligramos por cada kilogramo de mezcla mineral, mostrando que el segmento cercano a la tolva hay una mejor distribución de azufre en miligramos por cada kilogramo de mezcla a diferencia de los otros segmentos.

**Tabla 4-3.** Distribución de los niveles de azufre miligramos por cada kilogramo de mezcla mineral, en diferentes segmentos de la máquina.

Variables	Tratamientos			E.E.	Prob.	Sig.
	S1	S2	S3			
10 minutos	4800 b	5320 a	5380 a	59,44	0,0032	**
15 minutos	4320 b	4840 a	5220 a	61,82	0,0003	**
20 minutos	4900 a	5020 a	5140 a	42,16	0,1076	ns

S1: Segmento cercano a la tolva, S2: Segmento medio, S3: Segmento cercano al motor.

E.E: Error Estándar.

Probabilidad > 0,05: No existen diferencias estadísticas (ns).

Probabilidad < 0,05: Existen diferencias significativas (\*).

Probabilidad < 0,01: Existen diferencias altamente significativas (\*\*).

Medias con letras iguales no difieren estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey.

Realizado por: Ramírez, María; Naranjo, Hamilton, 2019

### **3.5.2. *Tiempo 15 minutos***

En cuanto a los 15 minutos, la distribución de azufre miligramo por cada kilogramo de mezcla mineral en relación a los diferentes segmentos de la máquina, reportaron diferencias estadísticas altamente significativas ( $P < 0,01$ ), obteniendo mayores niveles de azufre en el segmento cercano al motor 5220 miligramos por cada kilogramo de mezcla mineral, seguido por el segmento medio 4840 miligramos por cada kilogramo de mezcla mineral y finalmente en el segmento cercano a la tolva el menor nivel 4320 miligramos por cada kilogramo de mezcla mineral, observándose una mejor distribución de azufre de mezcla en el segmento cercano a la tolva a diferencia de los otros segmentos.

### **3.5.3. *Tiempo 20 minutos***

Finalmente, a los 20 minutos de mezcla de sales minerales, se observó que no existen diferencias estadísticas ( $P > 0,05$ ), en los tres segmentos, presentando el segmento cercano a la tolva 4900 miligramo por cada kilogramo de mezcla mineral, el segmento del medio un valor de 5020 miligramos por cada kilogramo de mezcla mineral, el segmento cercano al motor 5140 miligramos por cada kilogramo de mezcla mineral, en la cual, podemos indicar que el tiempo de mezcla necesario para obtener homogeneidad en las muestras es de 20 minutos a 18.6 RPM.

La empresa Maquinova. (2015) sostiene que una mezcladora horizontal es adecuada para productos en polvos o granulados y su rapidez de homogeneización va de 5 a 20 minutos dependiendo de la calidad de productos y humedad de los mismos.

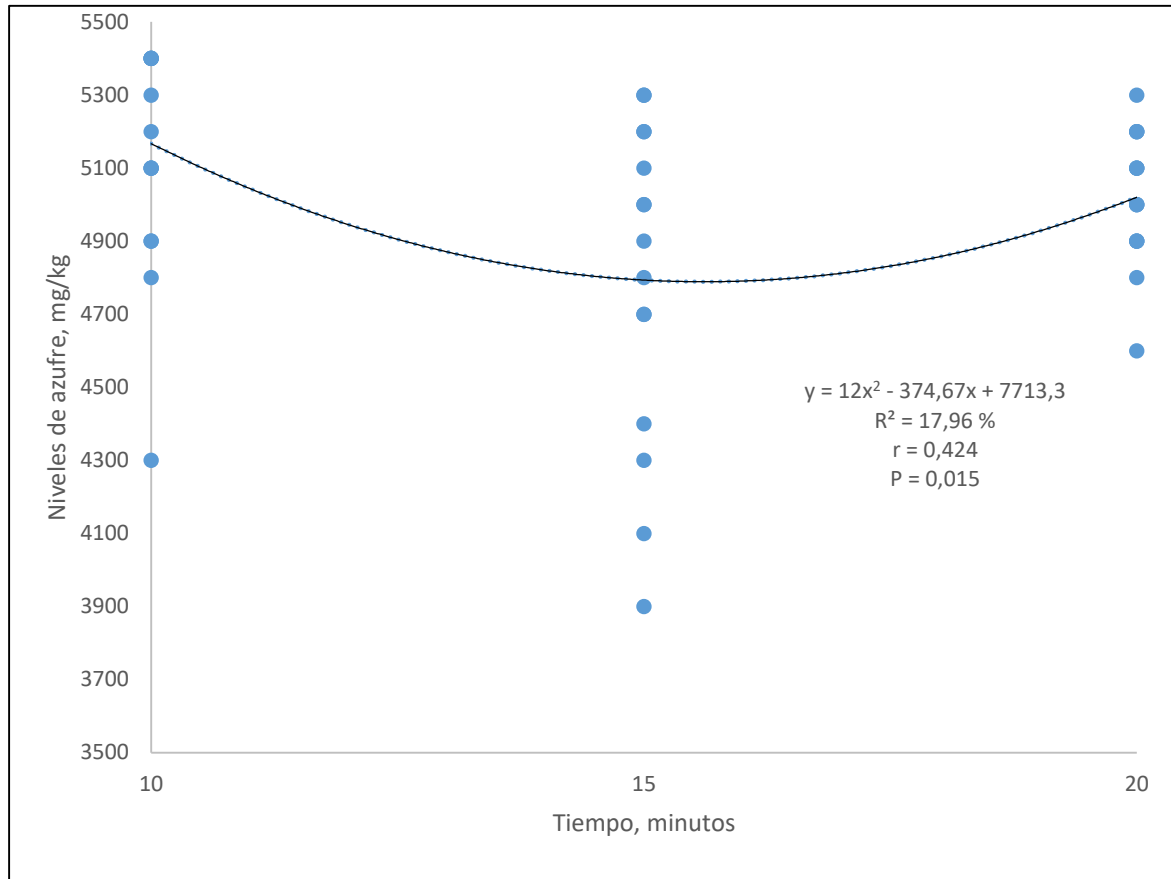
Luque (2019), manifiesta que el tiempo óptimo en una máquina mezcladora horizontal de alimento balanceado está entre 13- 18 minutos, a una velocidad de 17.5 RPM (p. 70), estos valores son menores al reportado en la presente investigación puesto que podría existir influencia por el tamaño de partículas de los ingredientes que intervinieron en la mezcla.

### **3.5.4. *Homogeneidad de mezcla***

En el análisis de regresión de los niveles de azufre en miligramos por cada kilogramo de mezcla mineral, presentó diferencias ( $P < 0,05$ ), a medida que aumenta el tiempo de mezclado de 10 minutos a 15 minutos hay una separación de los niveles de azufre en la mezcla de sales minerales, mientras



aumenta el tiempo de 15 minutos a 20 minutos los niveles de azufre en miligramos por cada kilogramo de mezcla mineral se homogenizan, obteniéndose un coeficiente de determinación  $R^2$  (17,96%) y un grado de correlación  $r$  0,424, como se puede observar en el gráfico N° 2-3.



**Gráfico 2-3.** Regresión cuadrática.

Realizado por: Ramírez, María; Naranjo, Hamilton, 2019

### 3.6. Manual de operación

- Utilizar en forma obligatoria protección personal: overol, botas, mascarillas, guantes, casco, entre otros, para proteger de los riesgos a presentarse en el trabajo.
- Mezclar únicamente sales minerales, puesto que está diseñado con esta finalidad.

- Para la colocación de los ingredientes a mezclar, la máquina debe estar encendida o en funcionamiento.
- No poner en marcha el mezclador si la tapa de expulsión este abierta.
- No podrán sobrepasar los valores límites especificados de doscientos kilogramos, para evitar riesgos de sobre calentamiento del motor.
- Realizar mantenimientos periódicos con la finalidad de detectar condiciones inadecuadas que puedan producir fallas o deterioro grave de la máquina.
- Desconecte siempre la fuente de energía eléctrica antes de realizar cualquier mantenimiento, para evitar el riesgo de recibir una descarga eléctrica.
- Durante el mantenimiento de todos los trabajos eléctricos y mecánicos deben ser llevados a cabo por personal autorizado.
- No introducir manos ni materiales ajenos al mezclador durante su funcionamiento.
- No rociar nunca el motor eléctrico directamente con líquidos.
- El motor de la máquina de mezclado debe estar totalmente cerrado, para evitar el ingreso de sales minerales.
- Conecte la unidad a una fuente de alimentación de línea trifásica de 220 voltios.
- Mantener las partes móviles lubricadas, así como chumaceras y eje de las hélices.
- Realizar limpiezas generales de la maquina después de su uso.
- Utilizar un soplete para la limpieza interna del motor en donde se pueden encontrar adheridas sales minerales que pueden oxidar al motor.
- Verificar el normal funcionamiento del breaker, contactor con relé térmico y guarda motor, ubicadas en la caja de automatización.

### 3.7. Análisis de costos

A continuación, en la tabla 5-3, se detalla el análisis del costo de construcción de la máquina mezcladora.

**Tabla 5-3.** Costos de la máquina mezcladora de sales minerales.

Elemento	Cantidad	Precio unitario \$	Precio total \$
Planchas AISI 304 de 2mm	4	198	796
Eje de 1 ½	1	95	95
Hélice	1	230	230
Motor reductor 3 Hp	1	1500	1500
Bandas A- 39	2	25	50
Poleas	2	25	50
Tubo cuadrado 2 pulg.	1	70	70
Chumaceras 1 ½	2	90	180
Válvula de mariposa AI	1	200	200
Breaker (Riel Din) 32 <sup>a</sup>	1	15,98	15,984
Guardamotor 18-26 <sup>a</sup>	1	39,50	39,504
Temporizador Digital	1	44,62	44,616
Automatización de Procesos	2	25,00	50
Tubo BX	3	2,55	7,65
Conector BX	2	0,61	1,224
Gabinete Modular 40x40x20	1	55,98	55,98
Diseño y Armado Gabinete 40x40x20	1	50,01	50,01
Cable 10 AWG	40	0,95	38
Terminar tipo PIN #12	1	10,80	10,8
Codificador Libretin	2	15,37	30,74
Luz piloto Roja	1	2,04	2,04
Luz piloto Verde	1	2,04	2,04
Pulsador Verde NO	1	2,34	2,34
Pulsador Rojo NC	1	2,34	2,34
Pulsador tipo Hongo	1	3,96	3,96
Amarras 20cm	1	4,67	4,668
Riel Din	1	3,20	3,204
Canaleta Ranurada 25x25	1	4,81	4,812
Cable Concentrico 3x10	10	4,84	48,4
Enchufe 220V	1	3,82	3,816
Soporte Adhesivo	10	0,84	8,4

Contactor	1	33,70	33,696
Mantenimiento Preventivo Eléctrico	1	36,00	36
Relé Térmico	1	38,95	38,952
Manguera Corrugada Plástica	1	0,42	0,42
Instalación del Sistema	1	64,00	64
Análisis de laboratorio	45	12	540
TOTAL		\$ 4314,59	

Realizado por: Ramírez, María; Naranjo, Hamilton, 2019

El costo de la construcción y automatización de la mezcladora de sales minerales con capacidad de doscientos kilogramos es de cuatro mil trescientos catorce dólares americanos y cincuenta y nueve centavos.

## CONCLUSIONES

- Se diseñó, construyó y automatizó una máquina mezcladora de sales minerales con capacidad de doscientos kilogramos a base de acero inoxidable AISI 304 en grado alimenticio que permite que los ingredientes minerales estén mezclados uniformemente.
- La eficiencia obtenida al mezclar doscientos kilogramos es de 99,98%, la misma que mejora la calidad del producto final sales minerales, además se determina que el tiempo necesario para obtener homogeneidad en la mezcla es de 20 minutos y existe una pérdida mínima de 0,01% de sales minerales, por lo tanto, se asume que la homogeneidad de la mezcla mineral está en relación con el tiempo de mezclado.
- El costo de construcción de la máquina mezcladora de sales minerales es de 4314,59 dólares americanos, mientras que el parámetro beneficio costo, no se pudo calcular debido que únicamente se realizó para investigación mas no para producción.

## RECOMENCADIONES

- Para garantizar la vida útil del motoreductor es conveniente empezar a trabajar con la máquina en funcionamiento, e introducir primero los ingredientes en mayor cantidad y posterior los ingredientes en menor proporción para obtener un producto de excelente calidad.
- Operar la maquinaria con el uso de elementos protectores como botas, overol, mascarilla y orejeras, y a la vez evitar la manipulación de los elementos móviles de la maquina mezcladora de sales minerales
- Difundir este tipo de proyecto a pequeñas y medianas explotaciones pecuarias.

## BIBLIOGRAFÍA

**Bermúdez, A., Padilla, D. y Torres, G.** "Un prototipo mecánico para la automatización del proceso de selección del mango tipo exportación". *Revista Ingenierías Universidad de Medellín* [en línea], 2012, (Colombia), vol. 11, n° 21, pp. 151-160.

[Consulta: 20 junio 2019]. ISSN 1692-3324.

<https://revistas.udem.edu.co/index.php/ingenierias/article/view/605/546>

**Bortone, E.** *Interacción de ingredientes y procesos en la producción de alimentos hidroestables para camarones*. Cancún-México: Avances en nutrición Acuícola, 2002, pp. 122-147

**Cseh, S.** "Bioquímica clínica en medicina veterinaria: Criterios a tener en cuenta". *Revista Argentina de Producción animal*, vol.23, n° 3-4 (2003), (Argentina), pp. 177-185

**Depablos, L., Godoy, S., Chicco, C. y Ordeñez, J.** "Nutrición mineral en sistemas ganaderos de las sabanas centrales de Venezuela". *Zootecnia Tropical*, vol. 27, n° 1, Venezuela, 2009, pp. 25-38.

**Euclides, V.** "Avaliação de diferentes métodos de amostragem para estimar o valor nutritivo de forragens sob pastejo". *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. vol.21, n° 4 (1992), (Brasil) pp. 691-702

**Koch, K.** *Feed mill efficiency*. Animal feed [blog]. United States American: Engormix, 5 de agosto,2012. [Consulta: 20 junio 2019].

<https://en.engormix.com/feed-machinery/articles/feed-mill-efficiency-t35290.htm>

**Luque, Y.** (2019). *Diseño de una máquina mezcladora de alimento balanceado para pequeñas granjas ganaderas*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Industrial. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Industrial, Escuela profesional de Ingeniería Industrial. Lima. Perú. 2019. p. 70.

**Maquinova.** "Mezcladora Ribbon Blender"[en línea], 2015, Ciudad de México-México.

[Consultado: 23 de junio de 2019].

Disponible en: <https://www.mezcladorasymolinos.com.mx/productos/mezcladoras/ribbon-blender/>

**Miles, W. y Mcdowell, L.** *Mineral deficiencies in the llanos rangeland of. Arizona- United States American: The University of Arizona*, 1983. pp. 2 – 40

**Obispo, N., Garmendia, J., Godoy, S., Chicco, C. y Acevedo, D.** "Suplementación mineral y proteica de bovinos de carne pastoreando en sabanas naturales donde ocurre el síndrome parapléjico". *Revista Científica*, vol. 12, n° 3, (2002), (Venezuela) pp.161-168

**Pulvex.** "Maquinaria mezcladoras horizontales" [en línea], 2019, Ciudad de México-México.

[Consultado: 23 de junio de 2019].

Disponible en: <https://pulvex.mx/maquinaria/mezcladoras/horizontales/>

**Reuter de Oliveira, E., de Aguiar Paiva, P., Libêncio, J., Robles, I., Carvalho de Cardoso, R. y De Oliveira, J.** "Desempenho de novilhos suplementados com sal mineral protéico e energético em pastagem no período da seca", vol 28, n° 3 (2006), (Brasil), pp. 323-329

**Rosero, R y Posada, S.** *Cálculo de sales minerales para vacunos en pastoreo*. Medellín-Colombia: Fondo Editorial Biogénesis, 2016, pp. 1-29.

**Salamanca, A.** "Suplementación de minerales en la producción bovina". *Revista Electrónica de Veterinaria*, vol. 11, n° 9 (2010), (España) pp. 1-10

**Santos, Eduardo Destéfani Guimarães, Paulino, Mário Fonseca, Queiroz, Domingos Sávio, Valadares Filho, Sebastião de Campos, Fonseca, Dilermando Miranda, y Lana, Rogério de Paula.** "Avaliação de pastagem diferida de *Brachiaria decumbens* Stapf: 1. Características químico-bromatológicas da forragem durante a seca". *Revista Brasileira de Zootecnia*, vol. 33, n° 1 (2004), (Brasil) pp. 203-213.

**Siccardi, A., Lawrence, A., Gatlin, D., Fox, J., Castille, F., Perez, M. y González, M.** *Digestibilidad aparente de energía, proteína y materia seca de ingredientes utilizados en alimentos*



*balanceados para el camarón blanco del pacífico Litopenaeus vannamei*. Monterrey – México: Viii Simposium Internacional De Nutricion Acuicola, 2006. ISBN 970-694-333-5, pp. 213-237

**Urdaneta de Galué, F., Peña, M., Rincón, R., Romero, J. y Rendón, M.** "Management and technology in cattle dual purpose systems (taurus-indicus)". *Revista Científica* [en línea], 2008, (Venezuela), vol. 18, n° 6, pp.715-724. [Consulta: 19 junio 2019]. ISSN 0798-2259.

Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/959/95911659010.pdf>

**Velarde, C y Calero, G.** *Automatización del proceso de dosificación, ensacado y control de peso en lazo cerrado para la máquina mezcladora de balanceado de la Estación Experimental Tunshi Epoch*. Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Zootecnista. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Informática y Electrónica, Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales. Riobamba, Ecuador. 2016. p. 26.

## ANEXOS

**Anexo A:** Datos obtenidos de capacidad y mermas.

<b>Repeticiones</b>	<b>Capacidad, kg</b>	<b>Mermas, kg</b>	<b>Mermas, %</b>
1	200	0,02	0,010
2	200	0,025	0,013
3	200	0,023	0,012
4	200	0,023	0,012
5	200	0,03	0,015
<b>Promedio</b>	200	0,0242	0,0121

Realizado por: Ramírez, María; Naranjo, Hamilton, 2019

**Anexo B:** Datos obtenidos de análisis de laboratorio en base al azufre a los 10 minutos.

<b>TIEMPO min.</b>	<b>REPETICIONES</b>	<b>LUGAR</b>	<b>VALORES (mg/Kg)</b>
10	1	Tolva S1	4800
10	2	Tolva S1	4900
10	3	Tolva S1	5100
10	4	Tolva S1	4900
10	5	Tolva S1	4300
10	1	Medio S2	5400
10	2	Medio S2	5100
10	3	Medio S2	5100
10	4	Medio S2	5600
10	5	Medio S2	5400
10	1	Motor S3	5400
10	2	Motor S3	5300
10	3	Motor S3	5200
10	4	Motor S3	5400
10	5	Motor S3	5600

S1: Segmento cercano a la tolva, S2: Segmento medio, S3: Segmento cercano al motor.

Realizado por: Ramírez, María; Naranjo, Hamilton, 2019

**Anexo C:** Datos obtenidos de análisis de laboratorio en base al azufre a los 15 minutos.

<b>TIEMPO min.</b>	<b>REPETICIONES</b>	<b>LUGAR</b>	<b>VALORES (mg/Kg)</b>
15	1	Tolva S1	4300
15	2	Tolva S1	4900
15	3	Tolva S1	4400
15	4	Tolva S1	4100
15	5	Tolva S1	3900
15	1	Medio S2	5300
15	2	Medio S2	5100
15	3	Medio S2	5200
15	4	Medio S2	5200
15	5	Medio S2	5300
15	1	Motor S3	4800
15	2	Motor S3	4700
15	3	Motor S3	5000
15	4	Motor S3	5000
15	5	Motor S3	4700

S1: Segmento cercano a la tolva, S2: Segmento medio, S3: Segmento cercano al motor.

Realizado por: Ramírez, María; Naranjo, Hamilton, 2019

**Anexo D:** Datos obtenidos de análisis de laboratorio en base al azufre a los 20 minutos.

<b>TIEMPO min.</b>	<b>REPETICIONES</b>	<b>LUGAR</b>	<b>VALORES (mg/Kg)</b>
20	1	Tolva S1	4800
20	2	Tolva S1	4600
20	3	Tolva S1	5200
20	4	Tolva S1	4900
20	5	Tolva S1	5000
20	1	Medio S2	5000
20	2	Medio S2	4900
20	3	Medio S2	4900
20	4	Medio S2	5100
20	5	Medio S2	5200
20	1	Motor S3	5200
20	2	Motor S3	5100
20	3	Motor S3	5000
20	4	Motor S3	5100
20	5	Motor S3	5300

S1: Segmento cercano a la tolva, S2: Segmento medio, S3: Segmento cercano al motor.

Realizado por: Ramírez, María; Naranjo, Hamilton, 2019

**Anexo E:** Datos obtenidos a los 10 minutos de mezcla.

---

<b>REPETICIONES</b>							
Trat.	I	II	III	IV	V	SUMA	Medias
Tolva	4800	4900	5100	4900	4300	24000	4800
Medio	5400	5100	5100	5600	5400	26600	5320
Motor	5400	5300	5200	5400	5600	26900	5380

---

Realizado por: Ramírez, María; Naranjo, Hamilton, 2019

**Anexo F:** Datos obtenidos a los 15 minutos de mezcla.

---

<b>REPETICIONES</b>							
Trat.	I	II	III	IV	V	SUMA	Medias
Tolva	4300	4900	4400	4100	3900	21600	4320
Medio	5300	5100	5200	5200	5300	26100	4840
Motor	4800	4700	5000	5000	5700	25200	5220

---

Realizado por: Ramírez, María; Naranjo, Hamilton, 2019

**Anexo G:** Datos obtenidos a los 20 minutos de mezcla.

---

<b>REPETICIONES</b>							
Trat.	I	II	III	IV	V	SUMA	Medias
Tolva	4800	4600	5200	4900	5000	24500	4900
Medio	5000	4900	4900	5100	5200	25100	5020
Motor	5200	5100	5000	5100	5300	25700	5140

---

Realizado por: Ramírez, María; Naranjo, Hamilton, 2019

**Anexo H:** ADEVA de muestras recolectadas a los 10 minutos de mezcla.

F.V	SC	GL	CM	F	p-valor
Total	1653333,33	14			
Tiempo	0	0	0	sd	sd
Lugar	1017333,33	2	508666,67	9,6	0,0032
Error	636000	12	53000		
CV %	4,46				

Realizado por: Ramírez, María; Naranjo, Hamilton, 2019

**Anexo I:** Prueba de separación de medias Tukey 5% de muestras recolectadas a los 10 minutos de mezcla.

Lugar	Medias	n	E.E.	
Tolva	4800	5	102,96	b
Medio	5320	5	102,96	a
Motor	5380	5	102,96	a

Realizado por: Ramírez, María; Naranjo, Hamilton, 2019

**Anexo J:** ADEVA de muestras recolectadas a los 15 minutos de mezcla.

F.V	SC	GL	CM	F	p-valor
Total	2729333,33	14			
Tiempo	0	0	0	sd	sd
Lugar	2041333,33	2	1020666,67	17,8	0,0003
Error	688000	12	57333,33		
CV %	5				

Realizado por: Ramírez, María; Naranjo, Hamilton, 2019

**Anexo K:** Prueba de separación de medias Tukey 5% de muestras recolectadas a los 15 minutos de mezcla.

Lugar	Medias	n	E.E.	
Tolva	4320	5	107,08	b
Medio	4840	5	107,08	a
Motor	5220	5	107,08	a

Realizado por: Ramírez, María; Naranjo, Hamilton, 2019

**Anexo L:** ADEVA de muestras recolectadas a los 20 minutos.

F.V	SC	GL	CM	F	p-valor
Total	464000	14			
Tiempo	0	0	0	sd	sd
Lugar	144000	2	72000	2,7	0,1076
Error	320000	12	26666,67		
CV %	3,25				

Realizado por: Ramírez, María; Naranjo, Hamilton, 2019

**Anexo M:** Prueba de separación de medias Tukey 5% de muestras recolectadas a los 20 minutos de mezcla.

Lugar	Medias	n	E.E.	
Tolva	4900	5	73,03	a
Medio	5020	5	73,03	a
Motor	5140	5	73,03	a

Realizado por: Ramírez, María; Naranjo, Hamilton, 2019

**Anexo N:** Análisis de la varianza de la regresión.

	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>F</b>	<b>Valor crítico de F</b>
Regresión	2	1061333,333	530666,6667	4,598624484	0,015633491
Residuos	42	4846666,667	115396,8254		
<b>Total</b>	<b>44</b>	<b>5908000</b>			

Realizado por: Ramírez, María; Naranjo, Hamilton, 2019

**Anexo O:** Construcción de maquina mezcladora de sales minerales.



Realizado por: Ramírez, María; Naranjo, Hamilton, 2019

**Anexo P:** Resultados de Laboratorio CESTTA a los 10 minutos Segmento 1- Tolva.



**INFORME DE ENSAYO No:** RS-005-19  
**ST:** 003- 18 ANÁLISIS DE RESIDUOS SOLIDOS

**Nombre Peticionario:** N.A  
**Atm.** Hamilton Naranjo  
**Dirección:** Riobamba  
 Riobamba-Chimborazo

**FECHA:** 24 de Enero del 2019  
**NUMERO DE MUESTRAS:** 1  
**FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:** 2019/01/14- 12:50  
**FECHA DE MUESTREO:** 2019/01/09- 11:10  
**FECHA DE ANÁLISIS:** 2019/01/14 - 2019/01/24  
**TIPO DE MUESTRA:** Sal mineral  
**CÓDIGO CESTTA:** LAB-RS 005-19  
**CÓDIGO DE LA EMPRESA:** 10 min TOLVA  
**PUNTO DE MUESTREO:** Estación experimental Tunshi Área de balanceados  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** Químico  
**PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:** Hamilton Naranjo y Lourdes Ramirez  
**CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:** T máx.:25,0 °C. T mín.: 15,0 °C


**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Azufre	Turbidimetría	mg/Kg	4800	-

**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada en el laboratorio.

**RESPONSABLES DEL INFORME:**

  
 Dr. Mauricio Álvarez  
**RESPONSABLE TÉCNICO**





**Anexo Q:** Resultados de Laboratorio CESTTA a los 10 minutos Segmento 2 - Medio.

	<p><b>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</b></p> <p><b>DEPARTAMENTO : SERVICIOS DE LABORATORIO</b></p> <p>Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183</p>
---	--

<b>INFORME DE ENSAYO No:</b>	RS-004-19
<b>ST:</b>	003- 18 ANÁLISIS DE RESIDUOS SOLIDOS
<b>Nombre Peticionario:</b>	N.A
<b>Atn.</b>	Hamilton Naranjo
<b>Dirección:</b>	Riobamba Riobamba-Chimborazo
<b>FECHA:</b>	24 de Enero del 2019
<b>NUMERO DE MUESTRAS:</b>	1
<b>FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:</b>	2019/01/14- 12:50
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	2019/01/09- 11:05
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	2019/01/14 - 2019/01/24
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	Sal mineral
<b>CÓDIGO CESTTA:</b>	LAB-RS 004-19
<b>CÓDIGO DE LA EMPRESA:</b>	10 min MEDIO
<b>PUNTO DE MUESTREO:</b>	Estación experimental Tunshi Área de balanceados
<b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b>	Químico
<b>PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:</b>	Hamilton Naranjo y Lourdes Ramírez
<b>CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:</b>	T máx.:25,0 °C. T mín.: 15,0 °C


**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Azufre	Turbidimetría	mg/Kg	5400	-

**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada en el laboratorio.

**RESPONSABLES DEL INFORME:**

  
**Dr. Mauricio Álvarez**  
**RESPONSABLE TÉCNICO**



**Anexo R:** Resultados de Laboratorio CESTTA a los 10 minutos Segmento 3 - Motor.



**INFORME DE ENSAYO No:** RS-003-19  
**ST:** 003- 18 ANÁLISIS DE RESIDUOS SOLIDOS

**Nombre Peticionario:** N.A  
**Atn.** Hamilton Naranjo  
**Dirección:** Riobamba  
Riobamba-Chimborazo

**FECHA:** 24 de Enero del 2019  
**NUMERO DE MUESTRAS:** 1  
**FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:** 2019/01/14- 12:50  
**FECHA DE MUESTREO:** 2019/01/09- 11:00  
**FECHA DE ANÁLISIS:** 2019/01/14 - 2019/01/24  
**TIPO DE MUESTRA:** Sal mineral  
**CÓDIGO CESTTA:** LAB-RS 003-19  
**CÓDIGO DE LA EMPRESA:** 10 min MOTOR  
**PUNTO DE MUESTREO:** Estación experimental Tunshi Área de balanceados  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** Químico  
**PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:** Hamilton Naranjo y Lourdes Ramirez  
**CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:** T máx.:25,0 °C. T mín.: 15,0 °C

**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

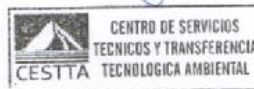
PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Azufre	Turbidimetría	mg/Kg	5400	-

**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada en el laboratorio.

**RESPONSABLES DEL INFORME:**

  
Dr. Mauricio Álvarez  
RESPONSABLE TÉCNICO



**Anexo S:** Resultados de Laboratorio CESTTA a los 15 minutos Segmento 1 - Tolva.

	<p><b>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</b></p> <p><b>DEPARTAMENTO : SERVICIOS DE LABORATORIO</b></p> <p>Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183</p>
---	--

**INFORME DE ENSAYO No:** RS-008-19  
**ST:** 003- 18 ANÁLISIS DE RESIDUOS SOLIDOS

**Nombre Peticionario:** N.A  
**Atn.** Hamilton Naranjo  
**Dirección:** Riobamba  
Riobamba-Chimborazo

**FECHA:** 24 de Enero del 2019  
**NUMERO DE MUESTRAS:** 1  
**FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:** 2019/01/14- 12:50  
**FECHA DE MUESTREO:** 2019/01/09- 11:15  
**FECHA DE ANÁLISIS:** 2019/01/14 - 2019/01/24  
**TIPO DE MUESTRA:** Sal mineral  
**CÓDIGO CESTTA:** LAB-RS 008-19  
**CÓDIGO DE LA EMPRESA:** 15 min TOLVA  
**PUNTO DE MUESTREO:** Estación experimental Tunshi Área de balanceados  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** Químico  
**PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:** Hamilton Naranjo y Lourdes Ramirez  
**CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:** T máx.:25,0 °C. T min.: 15,0 °C

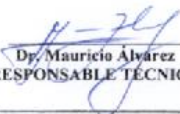
**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Azufre	Turbidimetría	mg/Kg	4300	-

**OBSERVACIONES:**


- Muestra receptada en el laboratorio.

**RESPONSABLES DEL INFORME:**

  
Dr. Mauricio Álvarez  
RESPONSABLE TÉCNICO



**Anexo T:** Resultados de Laboratorio CESTTA a los 15 minutos Segmento 2 - Medio.

 <p><b>CESTTA</b> SGC</p>	<p><b>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</b></p> <p><b>DEPARTAMENTO :</b> <b>SERVICIOS DE LABORATORIO</b></p> <p>Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183</p>
--	---

<b>INFORME DE ENSAYO No:</b>	RS-007-19
<b>ST:</b>	003- 18 ANÁLISIS DE RESIDUOS SOLIDOS
<b>Nombre Peticionario:</b>	N.A
<b>Atn.</b>	Hamilton Naranjo
<b>Dirección:</b>	Riobamba Riobamba-Chimborazo
<b>FECHA:</b>	24 de Enero del 2019
<b>NUMERO DE MUESTRAS:</b>	1
<b>FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:</b>	2019/01/14- 12:50
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	2019/01/09- 11:14
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	2019/01/14 - 2019/01/24
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	Sal mineral
<b>CÓDIGO CESTTA:</b>	LAB-RS 007-19
<b>CÓDIGO DE LA EMPRESA:</b>	15 min MEDIO
<b>PUNTO DE MUESTREO:</b>	Estación experimental Tunshi Área de balanceados
<b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b>	Químico
<b>PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:</b>	Hamilton Naranjo y Lourdes Ramirez
<b>CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:</b>	T máx.:25,0 °C. T mín.: 15,0 °C


**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Azufre	Turbidimetria	mg/Kg	5300	-

**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada en el laboratorio.

**RESPONSABLES DEL INFORME:**

  
**Dr. Mauricio Álvarez**  
**RESPONSABLE TÉCNICO**



**Anexo U: Resultados de Laboratorio CESTTA a los 15 minutos Segmento 3 - Motor.**

 <p><b>CESTTA</b> SGC</p>	<p><b>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</b></p> <p><b>DEPARTAMENTO : SERVICIOS DE LABORATORIO</b></p> <p>Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183</p>
--	--

<b>INFORME DE ENSAYO No:</b>	RS-006-19
<b>ST:</b>	003- 18 ANÁLISIS DE RESIDUOS SOLIDOS
<b>Nombre Peticionario:</b>	N.A
<b>Atn.</b>	Hamilton Naranjo
<b>Dirección:</b>	Riobamba Riobamba-Chimborazo
<b>FECHA:</b>	24 de Enero del 2019
<b>NUMERO DE MUESTRAS:</b>	1
<b>FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:</b>	2019/01/14- 12:50
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	2019/01/09- 11:12
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	2019/01/14 - 2019/01/24
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	Sal mineral
<b>CÓDIGO CESTTA:</b>	LAB-RS 006-19
<b>CÓDIGO DE LA EMPRESA:</b>	15 min MOTOR
<b>PUNTO DE MUESTREO:</b>	Estación experimental Tunshi Área de balanceados
<b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b>	Químico
<b>PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:</b>	Hamilton Naranjo y Lourdes Ramirez
<b>CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:</b>	T máx.:25,0 °C. T mín.: 15,0 °C

**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Azufre	Turbidimetría	mg/Kg	4800	-

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra receptada en el laboratorio.

**RESPONSABLES DEL INFORME:**

  
 Dr. Mauricio Álvarez  
**RESPONSABLE TÉCNICO**



**Anexo V:** Resultados de Laboratorio CESTTA a los 20 minutos Segmento 1 - Tolva.



<b>INFORME DE ENSAYO No:</b>	RS-011-19
<b>ST:</b>	003- 18 ANÁLISIS DE RESIDUOS SOLIDOS
<b>Nombre Peticionario:</b>	N.A
<b>Ata.</b>	Hamilton Naranjo
<b>Dirección:</b>	Riobamba Riobamba-Chimborazo
<b>FECHA:</b>	24 de Enero del 2019
<b>NUMERO DE MUESTRAS:</b>	1
<b>FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:</b>	2019/01/14- 12:50
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	2019/01/09- 11:10
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	2019/01/14 - 2019/01/24
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	Sal mineral
<b>CÓDIGO CESTTA:</b>	LAB-RS 011-19
<b>CÓDIGO DE LA EMPRESA:</b>	20 min TOLVA
<b>PUNTO DE MUESTREO:</b>	Estación experimental Tunshi Área de balanceados
<b>ANALISIS SOLICITADO:</b>	Químico
<b>PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:</b>	Hamilton Naranjo y Lourdes Ramírez
<b>CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:</b>	T máx.:25,0 °C. T min.: 15,0 °C

**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Azufre	Turbidimetría	mg/Kg	4800	-

**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada en el laboratorio.

**RESPONSABLES DEL INFORME:**

  
**Dr. Mauricio Álvarez**  
**RESPONSABLE TÉCNICO**



**Anexo W:** Resultados de Laboratorio CESTTA a los 20 minutos Segmento 2 - Medio.



**INFORME DE ENSAYO No:** RS-010-19  
**ST:** 003- 18 ANÁLISIS DE RESIDUOS SOLIDOS

**Nombre Peticionario:** N.A  
**Atm.** Hamilton Naranjo  
**Dirección:** Riobamba  
 Riobamba-Chimborazo

**FECHA:** 24 de Enero del 2019  
**NUMERO DE MUESTRAS:** 1  
**FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:** 2019/01/14- 12:50  
**FECHA DE MUESTREO:** 2019/01/09- 11:19  
**FECHA DE ANÁLISIS:** 2019/01/14 - 2019/01/24  
**TIPO DE MUESTRA:** Sal mineral  
**CÓDIGO CESTTA:** LAB-RS 010-19  
**CÓDIGO DE LA EMPRESA:** 20 min MEDIO  
**PUNTO DE MUESTREO:** Estación experimental Tunshi Área de balanceados  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** Químico  
**PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:** Hamilton Naranjo y Lourdes Ramírez  
**CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:** T máx.:25,0 °C. T mín.: 15,0 °C

**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Azufre	Turbidimetria	mg/Kg	5000	-

**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada en el laboratorio.

**RESPONSABLES DEL INFORME:**

*Mauricio Álvarez*  
**Dr. Mauricio Álvarez**  
**RESPONSABLE TÉCNICO**



**Anexo X:** Resultados de Laboratorio CESTTA a los 20 minutos Segmento 3 - Motor.

	<p><b>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</b></p> <p><b>DEPARTAMENTO : SERVICIOS DE LABORATORIO</b></p> <p>Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183</p>
---	--

<b>INFORME DE ENSAYO No:</b>	RS-009-19
<b>ST:</b>	003- 18 ANÁLISIS DE RESIDUOS SOLIDOS
<b>Nombre Peticionario:</b>	N.A
<b>Atn.</b>	Hamilton Naranjo
<b>Dirección:</b>	Riobamba Riobamba-Chimborazo
<b>FECHA:</b>	24 de Enero del 2019
<b>NUMERO DE MUESTRAS:</b>	1
<b>FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:</b>	2019/01/14- 12:50
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	2019/01/09- 11:18
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	2019/01/14 - 2019/01/24
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	Sal mineral
<b>CÓDIGO CESTTA:</b>	LAB-RS 009-19
<b>CÓDIGO DE LA EMPRESA:</b>	20 min MOTOR
<b>PUNTO DE MUESTREO:</b>	Estación experimental Tunshi Área de balanceados
<b>ANALISIS SOLICITADO:</b>	Químico
<b>PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:</b>	Hamilton Naranjo y Lourdes Ramírez
<b>CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:</b>	T máx.:25,0 °C. T min.: 15,0 °C

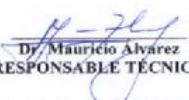
**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Azufre	Turbidimetría	mg/Kg	5200	-

**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada en el laboratorio.

**RESPONSABLES DEL INFORME:**

  
**Dr. Mauricio Álvarez**  
**RESPONSABLE TÉCNICO**





**Anexo Y.** Fórmula de los ingredientes utilizados en la mezcla mineral.

ESTACION EXPERIMENTAL "TUNSHI"		VACAS EN PRODUCCION	
APORTES DE NUTRIENTES		200,00	100,000
		PRODUCTO	PRECIO/Kg
AZUFRE (%)	0,51950	21,00 TORTUGA	10,500 1,120
MAGNESIO (%)	1,69000	50,80 TURBOMINE	25,400 3,450
MANGANESO (%)	0,13520	96,00 SAL YODADA	48,000 0,700
SELENIO (%)	0,00650	28,00 FOSFATO MONOCALC	14,000 1,100
CALCIO (%)	9,70370	4,00 CARBONATO DE CALC	2,000 0,270
FOSFORO (%)	6,74040	0,20 AZUFRE	0,100 0,280
RELCa/FOSF	1,43963		
YODO (%)	0,00647		
COBRE (%)	0,05534		
HIERRO (%)	0,01470		
SODIO (%)	18,53400		
CROMO (%)	0,00021		
FLUOR (%)	0,04296		
POTASIO (%)	0,73500		
ZINC (%)	0,15240		
CLORO (%)	28,98720		
COBALTO (%)	0,00159		
COSTO Kg (\$)	1,48958		
COSTO SACO 20 kg (\$)	29,79160		



Fuente: Estación Experimental Tunshi – ESPOCH.