

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**“APLICACION DE UN MICROTRAZADOR DE HIERRO PARA  
DETERMINAR LA HOMOGENEIDAD DE PREMEZCLAS”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL  
TITULO DE INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**PAMELA ZUTA SÁNCHEZ**

**LIMA – PERÚ**

**2023**

---

**La UNALM es la titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación  
(Art. 24. Reglamento de Propiedad Intelectual)**

## Document Information

---

<b>Analyzed document</b>	Monografía TSP_PAMELA ZUTA SÁNCHEZ (1).docx (D160072412)
<b>Submitted</b>	2023-03-04 17:38:00
<b>Submitted by</b>	Carlos Cesar Augusto Elias Peñafiel
<b>Submitter email</b>	celiasp@lamolina.edu.pe
<b>Similarity</b>	2% <b>VoBo</b>
<b>Analysis address</b>	celiasp.unalm@analysis.arkund.com

## Sources included in the report

---

SA

**#1 .Grupla .Procedimiento de elaboración del alimento concentrado y su conservación (1).pdf**

Document #1 .Grupla .Procedimiento de elaboración del alimento concentrado y su conservación (1).pdf (D124255789)



4

## Entire Document

---

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS  
"CORRELACIÓN DE LA PRUEBA DE MEZCLADO CON MANGANESO Y MICROTRACER PARA DETERMINAR LA  
HOMOGENEIDAD DE LAS PREMEZCLAS"  
TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS  
PAMELA ZUTA SÁNCHEZ LIMA – PERÚ 2021  
INDICE  
I. INTRODUCCIÓN 1  
1.1. OBJETIVOS 2  
1.1.1. Objetivo General 2  
1.1.2. Objetivos Específicos 2  
II. REVISIÓN DE LITERATURA 3  
2.1. ANTECEDENTES 3  
2.2. MARCO TEÓRICO 5  
2.2.1. MEZCLADO 5  
2.2.2. TIPOS DE MEZCLAS 7  
2.2.3. HOMOGENIZACIÓN DE MEZCLADO 9  
2.2.4. FACTORES QUE AFECTAN LA HOMOGENEIDAD DE LA MEZCLA 10  
2.2.5. MICROTRAZADORES 14  
2.2.6. PRUEBAS DE MEZCLADO CON MICROTRAZADORES 16  
III. METODOLOGÍA 21  
3.1. LOCALIZACIÓN 21  
3.2. MATERIALES 21  
3.3. METODOLOGÍA 21  
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 24  
4.1. ANÁLISIS DE MANGANESO 24  
4.2. ANÁLISIS DE MICROTRAZADORES 25 V. CONCLUSIONES 31  
VI. RECOMENDACIONES 32  
VII. BIBLIOGRAFIA 33  
VIII. ANEXOS 35

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA  
FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**“APLICACION DE UN MICROTRAZADOR DE HIERRO PARA  
DETERMINAR LA HOMOGENEIDAD DE PREMEZCLAS”**

Presentado por:

**PAMELA ZUTA SÁNCHEZ**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL  
TITULO DE INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

---

M.Sc. Walter F. Salas Valerio  
PRESIDENTE

---

Dr. Luis A. Condezo Hoyos  
MIEMBRO

---

Dra. Bettit K. Salvá Ruiz  
MIEMBRO

---

Mg.Sc. Carlos C.A. Elías Peñafiel  
ASESOR

Lima – Perú

2023

# INDICE GENERAL

## RESUMEN

### *ABSTRACT*

<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>2</b>
2.1 ANTECEDENTES .....	2
2.2. MARCO TEÓRICO .....	3
2.2.1. MEZCLADO .....	3
2.2.2. TIPOS DE MEZCLAS .....	5
2.2.3. HOMOGENIZACIÓN DE MEZCLADO.....	7
2.2.4. FACTORES QUE AFECTAN LA HOMOGENEIDAD DE LA MEZCLA	8
2.2.5. MICROTRAZADORES.....	11
2.2.6. PRUEBAS DE MEZCLADO CON MICROTRAZADORES.....	13
<b>III. METODOLOGÍA.....</b>	<b>17</b>
3.1. LOCALIZACIÓN.....	17
3.2. MATERIALES .....	17
3.3. METODOLOGÍA .....	17
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>19</b>
4.1. ANÁLISIS DE MANGANESO .....	19
4.2. ANÁLISIS DE MICROTRAZADORES .....	20
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>25</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>26</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>27</b>
<b>VIII. ANEXOS.....</b>	<b>29</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Resultados Prueba de Mezclado – Indicador Manganeso	19
Tabla 2:	Resultados Prueba de Mezclado – Indicador Microtrazador	20
Tabla 3:	Cuadro comparativo CV por indicador	21
Tabla 4:	Evaluación de Tiempos de Mezclado	22

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mecanismos de Mezcla (Ranfall, 1994)	4
Figura 2: Tipos de Mezcla (Busso, 2016)	6
Figura 3: Descubridor Rotatorio (Microtracers Inc.)	14
Figura 4: Coeficientes de Variación – Indicador Manganeso	20
Figura 5: Coeficientes de Variación – Indicador Manganeso	21
Figura 6: Comparativo de Coeficientes de Variación por indicador	22

## **INDICE DE ANEXOS**

ANEXO 1:	Resultado Prueba de Mezclado por Manganeso	29
ANEXO 2:	Resultado Prueba de Mezclado por Microtrazadores	30
ANEXO 3:	Recuperación de Microtrazadores en Papel Filtro	30

## **RESUMEN**

La elaboración de premezclas para la alimentación animal consiste en el mezclado de las vitaminas, minerales y aditivos, ingredientes muy importantes para la elaboración de los alimentos balanceados y por ende para la alimentación animal, ya que son los ingredientes principales para lograr los objetivos requeridos. Por ello, es importante mantener un óptimo coeficiente de mezclado, el cual debe de ser validado periódicamente. Este trabajo consiste en validar la prueba de mezclado con uso de Microtrazadores como indicador y compararlo con los resultados con manganeso como indicador; obteniendo resultados por debajo del límite máximo de 10% de CV. De esta manera se obtiene resultados más rápidos para poder tomar acciones en la planta, además de ello reducir el costo y tiempos de análisis.

**Palabras claves:** Microtrazadores, coeficiente de variación, homogeneidad.

## **ABSTRACT**

The preparation of premixes for animal feed consists of the mixing of vitamins, minerals and additives, very important ingredients for the preparation of balanced foods and therefore for animal feed since they are the main ingredients to achieve the required objectives. Therefore, it is important to maintain an optimal mixing coefficient, which must be validated periodically. This work consists of validating the mixing test with the use of Micro-tracers as an indicator and comparing it with the results with manganese as an indicator, obtaining results below the maximum limit of 10% CV. In this way, faster results are obtained to be able to take actions in the plant, in addition to reducing the cost and analysis time.

**Key words:** Microtracers, coefficient of variation, homogeneity.

## I. INTRODUCCIÓN

En la elaboración de Premezclas, uno de los puntos más importantes para que el producto tenga los resultados esperados en los clientes es la distribución homogénea de las materias primas en todo el producto. Esto se torna de una importancia muy relevante en la Alimentación Animal ya que las premezclas contienen las vitaminas y minerales que se necesitan para su correcto desarrollo y obtener una proteína animal de gran calidad, ya que el tener una mala distribución de los componentes ocasiona enfermedades en los animales y pérdidas económicas en los clientes.

Ante ello, se realizan análisis de mezclado aleatoriamente a los productos elaborados tomando como indicador un mineral, proceso que demora un promedio de 7 días para obtener resultados en laboratorios externos, así mismo es un proceso costoso. Por ello de tener alguna deficiencia en la mezcladora no se podría tomar acciones rápidas por el tiempo de respuesta de los laboratorios.

Ante esta problemática se investigó sobre el uso de Microtrazadores para pruebas de mezclado, los cuales dan resultados rápidos de máximo 1 día de tratamiento y tienen un menor costo pudiendo realizar este proceso en las mismas instalaciones de la empresa, sin necesidad de equipos costosos y requisitos básicos de infraestructura para la implementación del equipo en el laboratorio.

El objetivo general del presente trabajo fue evaluar la homogeneidad de la muestra mediante Microtrazadores y Manganeso en premezclas para alimentación de aves de consumo humano; y los objetivos específicos fueron: (a) Determinar el batch mínimo que permita el menor coeficiente de variación en la Mezcladora de Paletas. (b) Determinar la diferencia entre los coeficientes de variación entre premezclas con granulometría homogénea y heterogénea (c) Evaluar la homogeneidad de las formulaciones mediante el uso de trazadores comparado con la distribución homogénea de manganeso en las formulaciones.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 ANTECEDENTES**

Previo al estudio realizado en la presente investigación, se presentan a continuación estudios realizados con el uso de Microtrazadores en pruebas de mezclado y los factores que influyen:

Efecto del tiempo y procedimiento de mezclado del alimento balanceado para gallinas ponedoras sobre la producción y calidad del huevo de mesa. Antelo (2008), en su estudio busca determinar el tiempo óptimo de mezclado de los alimentos balanceados para obtener una distribución homogénea de las materias primas en cada ración de alimento, lo cual influye directamente en la producción y calidad de los huevos. El estudio fue realizado con 320 gallinas ponedoras de la línea Hy-Line W-98 con 60 semanas de edad ubicadas en jaulas con 8 gallinas cada una, en donde se alimentaron con alimentos preparados con diferentes tiempos de mezclado y con dos métodos diferentes de adición de aditivos. Para realizar las pruebas de mezclado se agregó 5 gramos de Microtrazadores por cada tonelada de alimento elaborado. Para ello se trabajó 5 tiempos diferentes de 1, 2, 3, 4 y 5 minutos para cada tipo de adición las cuales consistieron en agregar los micro y macro ingredientes directamente a la mezcladora y la adición de un núcleo elaborado con los micro ingredientes y maíz molido previo a los demás ingredientes. Los resultados obtenidos por Antelo (2008) respecto al tiempo de mezclado se obtuvo un mejor resultado con tiempo de 4 minutos y con adición de núcleo, mientras que en los demás tiempos los coeficientes estuvieron más lejanos del ideal, a pesar de ello estas diferencias de mezclado no tuvieron incidencia en la ingesta significativa en la producción de huevos y consumos de alimento.

Optimización del tiempo de mezcla de alimentos balanceados a través del método de Microtracers en la planta de alimentos balanceados de Zamorano. Arzu (2018) realizó un estudio para evaluar y mejorar los tiempos de mezclado en la elaboración de alimento en una planta de Balanceados. Para realizar la determinación de la uniformidad de mezcla se utilizó

el método de Microtrazadores. Esta prueba se realizó en la Planta de Alimentos Balanceados de la Escuela Agrícola Panamericana, ubicada en Honduras. En esta planta se cuenta con dos mezcladoras de 20 y 30 sacos de capacidad (45 kg por saco), pero para el estudio se utilizó la mezcladora de 20 sacos. La mezcladora tiene una capacidad máxima de 910kg con una velocidad de 257 RPM. La prueba se llevó a cabo a con los tiempos de mezclado de material seco de 1 y 1.5 minutos y tres tiempos con mezcla de melaza de 4, 6 y 8 minutos. Se utilizó el alimento con mayor producción en la planta para realizar el estudio. Los resultados obtenidos Arzu (2018) dan un mejor resultado de coeficiente de variación con un tiempo de mezclado de materiales secos de 1.5 minutos con 6 minutos de tiempo de mezcla con melaza, pero no descartando dos pruebas que también se encontraron dentro de parámetro, pero con coeficientes más altos. Para determinar finalmente el tiempo optimo se deben de evaluar más factores que se puedan ver afectados por el proceso y confirmar el resultado obtenido.

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1. MEZCLADO**

El mezclado hace referencia a la operación en el cual varios ingredientes con características determinadas se ponen en contacto con el fin de obtener un sistema homogéneo con la máxima distribución de componentes posibles. Cabe anotar que, para obtener un mezclado adecuado, es importante considerar elementos como el tipo de mezcladora a utilizar y la característica de los componentes utilizados en el proceso (como el tamaño de la partícula, forma de la partícula, densidad, higroscopicidad, carga estática y adhesividad) (Mc Cabe, 2005). Generalmente, este proceso se realiza por medio de agitación y constituye uno de los procesos más relevantes en la industria (Moreno, 2008).

La operación de mezclado es una operación unitaria que se lleva a cabo por medios mecánicos y que es ampliamente utilizada en el procesado de alimentos. El mezclado de sólidos es un proceso de unificación de varios insumos para formar productos uniformes que tengan capacidad de aportar la misma calidad de nutrientes y características en todas las fracciones y partes que se tomen del total (Aguado & Calles, 2010).

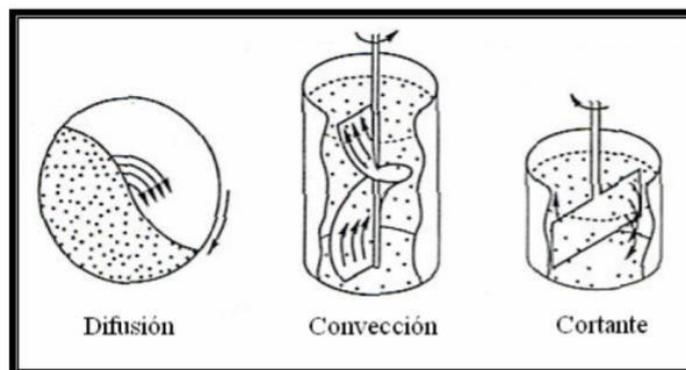
Las principales aplicaciones del mezclado se clasifican en: mezcla de sólidos (polvos),

mezcla de sólidos – líquidos (pastas), suspensión de sólidos en líquidos, dispersión de líquidos inmiscibles, disolución de líquidos, sólidos o gases, homogenización de concentraciones y homogenización de temperaturas (Helman, 1984).

Dependiendo de la naturaleza química de los componentes presentes en una mezcla determinada se pueden obtener cinco sistemas principalmente (Helman, 1984):

- Sistemas líquidos de una sola fase
- Sistemas líquidos de dos fases
- Sistema gas – líquido
- Sistema sólido – líquido
- Sistema sólido – sólido

El proceso de mezclado que se realiza en la fabricación del alimento enriquecido con vitaminas y minerales obedece a un sistema sólido – sólido. En el mezclado de sólidos se utilizan equipos que tienen como principio realizar un movimiento al azar de dos o más grupos de partículas sólidas diferentes. Este movimiento, logra distribuir uniformemente las partículas en un tiempo determinado. La manera en la que pueden operar los equipos empleados en la mezcla de sólidos se basa en tres mecanismos de acción principalmente: mezcla convectiva, mezcla difusiva y mezcla por deslizamiento (cortante) (Helman, 1984). Estos mecanismos, con el correspondiente esquema de mezclado se ilustran en la siguiente figura (Ranfall, 1994).



**Figura 1: Mecanismos de Mezcla**

FUENTE: Ranfall (1994)

Independientemente del mecanismo de acción utilizado, se debe tener en cuenta que existen factores que conducen a que se den fenómenos de segregación durante el mezclado.

Estos fenómenos no son deseables ya que dan lugar a la aglomeración de partículas para formar agregados mayores a los deseables, la ruptura de partículas para formar polvos finos, al recubrimiento de partículas grandes por otras menores, entre otras. Por estas razones, se hace necesario minimizar los efectos de segregación con el fin de obtener la mejor mezcla posible (Helman, 1984).

Dentro de las posibles variables que pueden causar un efecto de segregación se pueden considerar las siguientes (Helman, 1984):

- a. Diferencia de tamaño y densidad de los materiales a mezclar.
- b. Facilidad de un material determinado a fluir.
- c. Tamaño, forma, rugosidad y adherencia de los materiales a mezclar.
- d. Efectos superficiales de los materiales.
- e. Acumulación de cargas electrostática.

La segregación según (Busso, 2016), es una tendencia que tienen todos los ingredientes de una mezcla a la separación. El comportamiento de la segregación varía dependiendo del elemento de mezcla (líquidos, gases, sólidos), en el caso de las mezclas de líquidos y gases existen reacciones químicas situación ausente en una mezcla sólido – sólido. En este último tipo de mezcla nunca se alcanza una homogeneidad completa por su tendencia a la segregación debido a la diferencia de tamaño de partículas, densidad de insumos y al sobre mezclado al final del proceso.

### **2.2.2. TIPOS DE MEZCLAS**

Los alimentos balanceados son mezclas de insumos y ciertos ingredientes tienen funciones específicas para el desarrollo del animal; de este modo se hace necesario garantizar una mezcla final homogénea de los diferentes componentes. Por ello es importante saber el tipo de mezcla que se crea durante el proceso de mezclado (Busso, 2016).

Existen tres tipos de mezclas, las que se describen a continuación y se muestran en la figura 2 (Busso, 2016):

**a. Mezcla ordenada**

Existen cuando dos tipos de partículas de distinto tamaño interactúan entre sí, debido a que las partículas finas se adhieren a partículas de mayor tamaño, que actúan como portadoras no distribuyéndose aleatoriamente en la mezcla. Este tipo de mezclas requieren de la interacción.

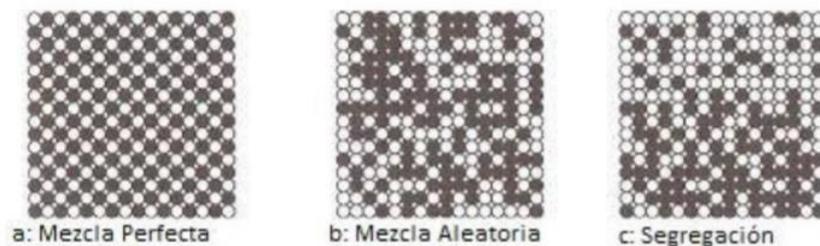
**b. Mezcla parcialmente aleatoria**

Es una mezcla aleatoria de flujo de partículas que no son idénticas, es decir, son de diferentes tamaños y formas de partículas.

**c. Mezcla aleatoria**

Las únicas mezclas que tienen este comportamiento con las de partículas de flujo libre y del mismo tamaño, forma y densidad. Y esta es la probabilidad de que una partícula de determinado tipo sea encontrada en cualquier punto de la mezcla total.

La forma y tamaño promedio de las partículas son importantes y condicionan la relación de cohesión entre las mismas, a menor tamaño las fuerzas de cohesión son mayores. Unas partículas con forma esférica y superficie lisas es lo más ideal para obtener mezclas uniformes de sólidos.



**Figura 2: Tipos de Mezcla**

FUENTE: Busso (2016)

### **2.2.3. HOMOGENIZACIÓN DE MEZCLADO**

Según (Aguado & Calles, 2010), el tamaño y densidad de las partículas son los factores de mayor influencia en el grado de mezcla final. Adicionalmente nos dice que propiedades parecidas de los ingredientes facilitan la operación de mezclado y proporcionan resultados de mezcla mas más homogéneas.

El principio básico para el mezclado de los alimentos balanceados es la combinación de los ingredientes, en forma homogénea, de tal manera que el animal que consume ese alimento obtenga las cantidades y proporciones de nutrientes que necesita para su desarrollo.

De lo anterior, conseguir una mezcla homogénea significa que la proporción de comida ingerida por el animal debe contener una proporción equilibrada de nutrientes que este necesita para su crecimiento. Para lograr esto se debe de considerar factores como el tamaño y densidad de los insumos a mezclar.

Vargas (1998), indica que el grado de dispersión de los nutrientes o marcador, son los criterios estadísticos que determina la uniformidad de mezclado. Cabe resaltar que el nutriente o marcador proveniente de una fuente o ingrediente de la mezcla, entonces una distribución uniforme indica un buen mezclado.

Por otro lado, Aguado & Calles (2010) nos dice que el grado de uniformidad de un producto mezclado, es medido por el análisis de un número de muestras puntuales, es una medida validada de la eficiencia de mezclado.

El criterio estadístico utilizado es el coeficiente de variación (CV). Esto se determina de un conjunto de muestras tomadas al azar del producto terminado de alimento balanceado siguiendo un procedimiento estadístico tradicional y haciendo uso de los nutrientes que compone el alimento o de un marcador.

El criterio estadístico que mas se utiliza es el coeficiente de variación (CV). Para medirlo, se toman muestras al azar de varias partes de la mezcladora y se analiza el nutrimento o el marcador escogido. Con esta información se calcula el coeficiente de variación, por el

método tradicional estadístico (Wilcox, 1990).

Por otra parte, se indicó que el grado de mezclado apropiado depende del tamaño del animal para el cual el alimento está destinado. Así, un camarón que pesa 1 gramo va a consumir aproximadamente 0.12 gramos de alimento por día y con un tiempo de retención de 20-30 minutos. De acuerdo con esto, en esos 0.12 gramos deben estar presente todos los nutrimentos que se han formulado para esa dieta, consecuentemente, la uniformidad debe ser muy buena, con CV menor a 5% (Behnke, 1997).

Por otra parte, un novillo de 500 kg que consume 15 kg de alimento por día, con un tiempo de retención de 24 a 48 horas, no va a ser tan sensible al grado de mezclado como el camarón que consume 0.12 gramos (Behnke, 1997).

#### **2.2.4. FACTORES QUE AFECTAN LA HOMOGENEIDAD DE LA MEZCLA**

Existen diferentes factores que pueden afectar la uniformidad del mezclado, dentro de los cuales se señalan: las características de los ingredientes, el tiempo insuficiente de mezclado, el sobrellenado de la mezcladora, el sobreuso de la mezcladora, la suciedad del sistema de mezclado, la mala secuencia de adición de ingredientes, los errores de pesado, la segregación post-mezclada y el equipo de mezclado deteriorado (Vargas, 1998).

##### **a. Características de los ingredientes**

El proceso de mezclado sería bastante sencillo si todas las propiedades físicas y químicas fueran similares: pero si estas varían mucho, surgen problemas de mezclado y segregación (Behnke, 1992).

Entre estos factores se encuentran los siguientes:

- Tamaño de partícula
- Forma de la partícula
- Densidad de la partícula

- Higroscopicidad
- Carga estática
- Adhesividad

De los factores anteriormente señalados, los más importantes son el tamaño y forma de la partícula y la densidad de esta. Las partículas grandes y pequeñas no se mezclan bien, de ahí la necesidad de una homogeneidad en el proceso de molienda. Así, por ejemplo, el maíz quebrado con un tamaño de partícula de 1200 – 1500 micrones, son difíciles de mezclar con partículas de una premezcla mineral o fosfato, que tienen un tamaño de partícula de 150-300 micrones (Behnke, 1992). Las partículas con alta densidad tienen a separarse e irse al fondo de la mezcladora, las de baja densidad tienen a flotar. Por ejemplo, se la mezcla tiene cascarilla de soya con una densidad de 0.11 g/cm<sup>3</sup> y fosfato di cálcico con una densidad de 1.55 g/cm<sup>3</sup>, obviamente esta mezcla trata de separarse rápidamente y de ahí los problemas de mezclado y segregación de partículas. Por esto, si los ingredientes no se adicionan en forma correcta y se mezclan adecuadamente, existirán partes del alimento que no las contienen, con las posibles deficiencias de micronutrientes o la presencia de una enfermedad.

Algunos ingredientes, como las vitaminas y los medicamentos, poseen una gran carga estática, lo que hace que se pequen a las paredes del depósito y a los lados de la mezcladora, lo cual dificulta su mezclado. Para resolver esto, es necesario que todo el equipo, incluso máquinas portátiles, tengan conexiones a tierra, para reducir la carga estática (Behnke, 1992).

#### **b. Tiempo de mezclado**

Este parámetro se ve influenciado por la naturaleza y características de los materiales a mezclar, el nivel de llenado y la velocidad de rotación del mezclador. Por esta razón, es necesario evaluarlo en conjunto con el grado de mezcla, realizando pruebas que ayuden a encontrar el momento en el cual los componentes presentes en una mezcla se encuentran en el estado más homogéneo posible. Cabe anotar, que los tiempos de mezcla prolongados pueden presentar los siguientes inconvenientes: Endurecimiento por deformación de las partículas, segregación de los componentes (disminución en la calidad de la mezcla) y aumento en la probabilidad de la contaminación del polvo (Rodríguez, 2005).

El tiempo de mezclado óptimo, se determina de manera independientes para cada tipo de mezclador y proceso de mezcla, este viene a ser el tiempo mínimo que requiere la mezcladora para alcanzar una uniformidad de mezclado aceptable o estándar establecido por el rubro de la producción. Debe medirse en cada mezcladora al menos dos veces al año y ser una actividad rutinaria en cada fábrica de alimentos balanceados (Behnke, 1997). Debido a que es afectado por muchas variables como el tipo de mezcladora, el diseño, el desgaste de las cintas o paletas de mezclado y el llenado de la mezcladora, este constituye la causa más común de la baja uniformidad de mezclado que se obtiene en el proceso de control de calidad del producto terminado.

**c. Sobrellenado de mezcladora**

En un estudio realizado, en una mezcladora horizontal de cintas el llenado del alimento a mezclar debe estar 15 cm bajo la parte superior de la cinta. Si se sobrecarga la mezcladora más allá de su capacidad, en algunas áreas dentro de la mezcladora el alimento no se moverá y el mezclado simplemente no ocurre (Behnke, 1997).

**d. Sobreuso de la mezcladora**

Si las condiciones de la mezcladora son óptimas, es decir que esta presenta fallas como desgaste de partes del equipo condicionando el proceso, extendiendo el tiempo de mezclado para alcanzar la uniformidad estandarizada. Para evitar este problema se debe llevar un mantenimiento periódico de los equipos (Behnke, 1997).

**e. Suciedad de la mezcladora**

Durante el proceso de elaboración de los alimentos balanceados se da la acumulación de restos de alimentos y grasa en las partes de agitación de la mezcladora (cintas), hacen que cambie el diseño de la misma, dando por lo general un resultado ineficiente de mezclado, así como posibles contaminaciones cruzadas de otros alimentos. Los procedimientos de buenas prácticas de manufactura (BPM), establecen los instructivos específicos para el proceso de limpieza y desinfección de los equipos en contacto directo con el alimento y orden y limpieza de las áreas de trabajo (Behnke, 1997).

## **f. Secuencia de adición de ingredientes**

(Benhke. 1997), menciona que seguir con una secuencia establecida de adición de los ingredientes en una mezcla representa una ventaja para lograr la homogeneidad final. La formulación de los alimentos es muy variable por lo que no existe una secuencia normal de adición de ingredientes; sin embargo, hay algunas guías que sirven para planificar la incorporación correcta. Los ingredientes que ocupan mayor volumen dentro de la formulación del alimento deben agregarse primero y dentro de estos, los que contienen partículas más grandes y menos peso se incorporan primero, después los que contengan partículas más pesadas y pequeñas. Las vitaminas, minerales y premezclas modificadas, deben incorporarse inmediatamente después y, si es necesario, se hace una premezcla con estas, de tal manera que esta constituya una concentración mínima de 0.25% de la mezcla total. La dificultad que se tiene al agregar primero los ingredientes menores es que la mayoría de ellos terminan en el fondo o se pegan en las paredes y partes móviles del mezclador y nunca se incorporan en la mezcla final de los alimentos, con lo que se tiene una producción de una dieta desbalanceada y problemas de contaminación cruzada en posteriores mezclas. Una vez conseguida la mezcla de los ingredientes sólidos, se realiza la adición de los insumos líquidos tales como aceites, estos se agregan en forma de rocío (pulverizado) y se mezcla hasta obtener homogeneidad.

### **2.2.5. MICROTRAZADORES**

Una de las mayores preocupaciones de los fabricantes y usuarios de productos mezclados, es el control y la seguridad en la adición de los ingredientes que los conforman (Microtracers).

Técnicas analíticas convencionales, usualmente requieren los servicios de laboratorios especializados y un largo tiempo entre el envío de las muestras y el recibo de los resultados: convirtiéndose estos resultados en información desactualizada. Pues muchas veces el producto ya ha sido enviado al mercado y solo sirve para hacer reclamos, antes que contribuir a mejorar la calidad del producto a tiempo (Microtracers).

Los Microtrazadores han sido desarrollados como un sistema único de verificación de la

mezcla y son partículas de hierro o grafito de igual tamaño (pasando el 95% a través de una malla N° 35 pero retenidos en una malla N° 100); cubiertos en uno o varios colores certificados y aprobados por la FDA, los cuales se pueden conocer al ser impregnados con una solución de Etanol al 50% (Microtracers). Son fácilmente recuperables, identificables e inofensivas, usadas en el control de calidad de alimentos concentrados para animales (Microtracers).

Incorporando Microtracers a los micro ingredientes o a sus premezclas, se pueden efectuar rápidos análisis con equipos relativamente simples obteniendo resultados inmediatos. El principal valor de estas pruebas es que pueden ser hechas con un aceptable grado de confiabilidad por personal que no necesita mucha habilidad y pueden hacerse en las oficinas o en el campo (Microtracers).

Los siguientes son algunos de los usos que los fabricantes de concentrados y consumidores dan a los Microtrazadores como controladores:

Pruebas de calidad: Las cuales aseguran que ciertos tipos de micro ingredientes son incorporados a las raciones en cantidad deseada.

Identificación específica de aditivo: Para prevenir contaminación accidental en el alimento y determinar que la cantidad formulada de aditivo ha sido adicionada.

Determinación de la presencia de residuos de medicamentos o aditivos: Los cuales pueden aparecer en la mezcla, el manejo o el almacenamiento del alimento y que no debía tenerlos.

Para asegurar concordancia con la formulación: Mediante análisis a través de los procesos de pesaje, transporte mecánico o mezcla de materias primas. Para verificar la calidad de la mezcla: Refiriéndonos a tiempos y secuencias de la mezcla.

El sistema de Microtrazadores ha sido sujeto a una extensiva evaluación por los fabricantes de alimentos concentrados en USA, Canadá y Australia, siendo considerado apropiado también en integraciones para asegurar que el alimento fabricado este correctamente mezclado y que los micro ingredientes formulados fueron adicionados de acuerdo a la

formulación (Microtracers).

El costo de incluir Microtrazadores por tonelada de alimento es realmente insignificante con relación al ahorro potencial que tiene efecto al evitar baja eficiencia en el alimento, asociada a una mezcla deficiente, la no inclusión o mala inclusión de micro ingredientes (Microtracers).

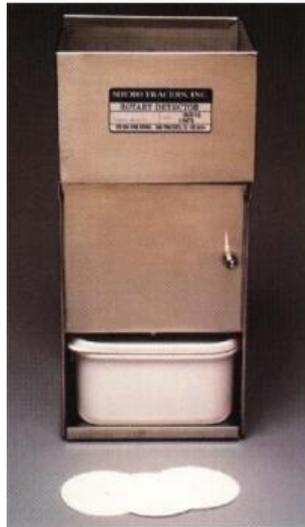
Los Microtrazadores en base a hierro incluyen los siguientes: Microtracer F (grano de hierro coloreado, 25000 partículas por gramo); Microtracer FS (grano de acero inoxidable coloreado, 52000 partículas por gramo), Microtracer RF (polvo de hierro reducido, > 1000000 partículas por gramo). Estos trazadores son detectados y cuantificados usando un Detector Rotatorio o usando una prueba especial magnética (Barashkov, *et al.* 2007).

Se debe de considerar al menos los siguientes puntos al realizar la prueba de mezclado: Selección de trazador, adición de trazador en el alimento, muestreo del alimento, análisis de las muestras e interpretación de los resultados (Barashkov, *et al.* 2007).

Se debe de considerar los siguientes criterios en la selección del trazador: 1. El trazador debe ser aportado desde una sola fuente, 2. El trazador debe ser un micro ingrediente, 3. Tener un procedimiento analítico para determinar el trazador, el cual debe ser de exactitud y precisión conocidas o determinables, 4. El procedimiento analítico debe ser económico, 5. El procedimiento analítico debe ser rápido, 6. Se debe interpretar los resultados objetivamente (Barashkov, *et al.* 2007).

#### **2.2.6. PRUEBAS DE MEZCLADO CON MICROTRAZADORES**

Micro Tracers, Inc. fabrica el “Descubridor Rotatorio” con el acero limpio. La unidad tiene 110-220 / 60 voltios del motor eléctrico (Microtracers).



**Figura 3: Descubridor Rotatorio**

FUENTE: Microtracers Inc

Existen cuatro problemas que se deben satisfacer para evaluar cualquier mezcladora: La adición del rastreador (donde, cuando, cuanto, etc),

Muestreo de la mezcla (donde, cuando, cantidad y número de muestras), Análisis de las muestras (método de análisis, cantidad y veces que se deben repetir de acuerdo con justificación y necesidad) e interpretación de los resultados.

Estos problemas son comunes en cualquier tipo de evaluación de mezclado. No interesa si se emplea Microtrazadores o algún otro procedimiento (Microtracers).

Idealmente se debe de hacer pruebas en todo el batch. Pero prácticamente, se debe de tomar las muestras dentro del mezclador, al menos tres muestras una de cada extremo y otra del medio del mezclador. Si se toman las muestras de un tornillo sin fin, al menos se debe de tomar 10 muestras. A medida que aumenta el número de muestras, los datos se vuelven más fiables. El número de muestras tomadas depende de la criticidad del ensayo y el costo del mismo (Eisenberg, 1992).

Con respecto a los marcadores de hierro, es preferible analizar muchas muestras con menor precisión. Si se toman 10 muestras de una mezcla perfecta y se cuenta 100 partículas de marcadores por muestra, se puede esperar una distribución de Poisson estándar de 10 y un

coeficiente de variación (CV) de 10%. Si se toma una sola muestra y se cuenta 1000 partículas de marcadores, se espera una desviación estándar de 31 y un CV de 3.1%. Si bien los CV son más precisos, solo brindan información de una ubicación del mezclador (Eisenberg, 1992).

**Adición de Rastreador:** Cada prueba para evaluar una mezcladora, presenta unas circunstancias únicas. Pero el “sentido común” debe prevalecer. Sin embargo, algunas normas generales pueden ser recomendadas: Los Microtrazadores son adicionados usualmente a razón de 20 gramos por tonelada de alimento; deben ser premezclados anteriormente como mínimo en 500 gramos de Carrier (sorgo, maíz, premezcla vitamínico o mineral, etc.); antes de adicionarse al alimento final; pueden ser adicionados en el mismo momento y de la misma forma que otras premezclas o aditivos (Microtracers).

**Toma de muestra del batch:** Lo ideal es tomar muestras de alimento al azar en la mezcladora a diferente intervalo de tiempo de mezcla; tratando de obtener una muestra representativa de los diferentes puntos de la mezcladora. Si por alguna razón no pueden tomarse las muestras directamente de la mezcladora; estas deben tomarse en el sitio asequible más cercano a la mezcladora en el sistema de producción; frecuentemente este sitio puede ser el tornillo transportador de la tolva de descarga de la mezcladora.

Al tomar muestras de la mezcladora, deben tomarse la menos 10; del medio y de cada extremo. Si las muestras se toman en el tornillo transportador de la tolva de descarga; deben recogerse al menos 10 muestras bien espaciadas, a medida que el alimento va siendo evacuado de la tolva de descargue (Microtracers).

**Análisis de Microtracers:** Los Microtrazadores son removidos de las muestras (200 gramos usualmente) tomadas del batch de alimento utilizando un “Separador Magnético” o “Detector Rotatorio” (Microtracers).

Estos Microtracers son transferidos, desmagnetizados y esparcidos con una pequeña brocha en un papel filtro grande (por ejemplo; Whatman #1 de 15 a 24 cm de diámetro); luego se humedece el papel filtro con una solución de etanol al 60%; cuando el papel esta totalmente húmedo, el color desprendido por cada partícula pintará el papel del mismo color. Este papel

filtro húmedo, puede secarse de varias maneras (Microtracers):

- Dejándolo en reposo al medio ambiente.
- Pasándolo a un plato precalentado por unos segundos hasta que este seco.
- Colocando en un horno o estufa hasta que quede seco.

Una vez el papel este seco se marcará para su identificación, y se cuentan las partículas de cada color anotando cada total por color (Microtracers).

**Interpretación de Resultados:** La interpretación de los resultados de la prueba para la evaluación de una mezcladora utilizando Microtracers; a menudo suele tener más dificultad que la obtención de los datos. La aceptación indiscriminada de conclusiones obtenidas a través de un número pequeño de datos puede llevarnos a rechazar una hipótesis verdadera o a aceptar una hipótesis falsa (Microtracers).

Un atributo clave de la distribución de Poisson es que si una mezcla esta “perfecta”, la desviación estándar de una serie de conteos debería (en promedio) ser igual a la raíz cuadrada de la media del conteo (Microtracers).

Si la media, (promedio) de los datos obtenidos en la prueba, es 100, la desviación estándar debería ser (en promedio) 10 y el coeficiente de variación (CV) de los datos el 10% (el coeficiente de variación estándar es la desviación estándar dividida por la media (Microtracers)).

Si el valor encontrado es mayor que el teórico; nos estará indicando una mezcla incompleta con sus consiguientes pérdidas económicas, por ejemplo; si el coeficiente de variación encontrado es 20% cuando este debería ser teóricamente 10%: podríamos concluir que el 10% de valor de los micro ingredientes adicionados se está perdiendo por una mezcla incompleta (Microtracers).

Microtracers Inc. Ha preparado programas Software PC para calcular los valores de Chi-Cuadrado, desviación estándar, coeficientes de variación estándar (encontrado vs teórico) para reportar los datos con la interpretación final (Microtracers).

## **III. METODOLOGÍA**

### **3.1. LOCALIZACIÓN**

El estudio se llevó a cabo en una empresa dedicada a la elaboración de premezclas para la alimentación animal, el cual se encuentra ubicado en el distrito de Lurín– Lima.

### **3.2. MATERIALES**

- Microtrazadores color violeta
- Microtracer (Centrifuga)
- Papel filtro (75 mm diámetro)
- Papel Bond
- Alcohol al 60%
- Atomizador
- Balanza
- Bolsas para muestras de 100 gramos

### **3.3. METODOLOGÍA**

Las pruebas se realizaron utilizando una mezcladora horizontal de paletas de 1 tonelada de capacidad de marca Bühler, en donde se elaboran las premezclas para la elaboración de alimentos de aves. Para realizar las pruebas se utilizaron Microtrazadores de color violeta, los cuales se agregan en una proporción de 32.26 gramos por tonelada de premezcla, esto se determina dividiendo los kilogramos de batch a utilizar entre la concentración de partículas de los Microtrazadores, los cuales en esta ocasión es de 31 partículas. Los Microtrazadores son incluidos con una parte de Carrier (carbonato de calcio) en la mezcladora. Esto se realiza directamente a la mezcladora.

El análisis de uniformidad se realiza con una pequeña centrifuga que contiene un imán para capturar las partículas de hierro en conjunto con un papel filtro que se coloca en el equipo. Estas partículas de hierro se desmagnetizan para luego pasar a esparcir las sobre una hoja blanca donde mediante el uso de alcohol al 60% se logra la tinción de las partículas para poder ser contabilizadas. En total se toman 12 muestras de 100 gramos cada una por cada batch analizado, los cuales deben tener un conteo mínimo de 100 partículas por cada muestra. La variación del número de partículas en cada muestra nos proporciona el índice de uniformidad de la mezcla.

Se realizó un total de 10 análisis de premezclas, con batch de diferentes capacidades desde 200 kg hasta 1000 kg, en cada análisis se tomó 12 muestras las cuales fueron extraídas desde el inicio hasta el final del ensacado de forma periódica.

Todas las muestras utilizadas para el análisis han sido consideradas con composiciones similares para asegurar una granulometría similar entre todas las muestras utilizadas, para ello se revisó las confirmaciones de especificaciones de cada premezcla.

Paralelamente se toman 12 muestras adicionales por cada batch analizado para realizar el análisis de mezclado en base a la concentración de Manganeso en la mezcla, este análisis se realiza en un laboratorio externo, el cual nos reporta los resultados en 7 días hábiles.

Para finalizar el análisis se realiza la determinación del Coeficiente de Variación de ambos métodos para cada batch analizado, para ello se utilizó una plantilla de Excel. Los resultados por análisis de Manganeso deben ser menor a 5%, mientras que los resultados por Microtrazadores debe ser menor a 10%.

Para obtener las muestras se realizaron dos pruebas por cada mes, teniendo una duración de 5 meses toda la prueba para poder obtener muestras de productos de composición similar.

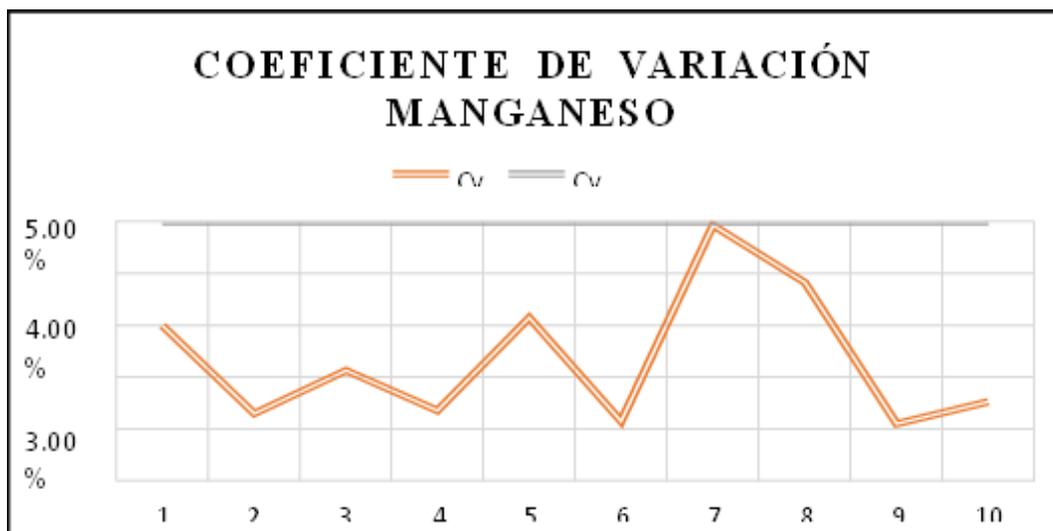
## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. ANÁLISIS DE MANGANESO

Finalizando las pruebas en los equipos se prosigue a realizar el análisis de los resultados, enviando las muestras a un laboratorio externo para que realicen la cuantificación de Manganeso, obteniendo los resultados que se muestran en la Tabla 1 y Figura 4:

**Tabla 1: Resultados Prueba de Mezclado – Indicador Manganeso**

N°	Batch (kg)	Coeficiente de Variación	Coeficiente de Variación Máximo
1	380	3.00%	5.00%
2	504	1.30%	5.00%
3	987	2.13%	5.00%
4	812	1.35%	5.00%
5	250	3.15%	5.00%
6	1000	1.15%	5.00%
7	865	4.93%	5.00%
8	300	3.83%	5.00%
9	600	1.10%	5.00%
10	500	1.52%	5.00%



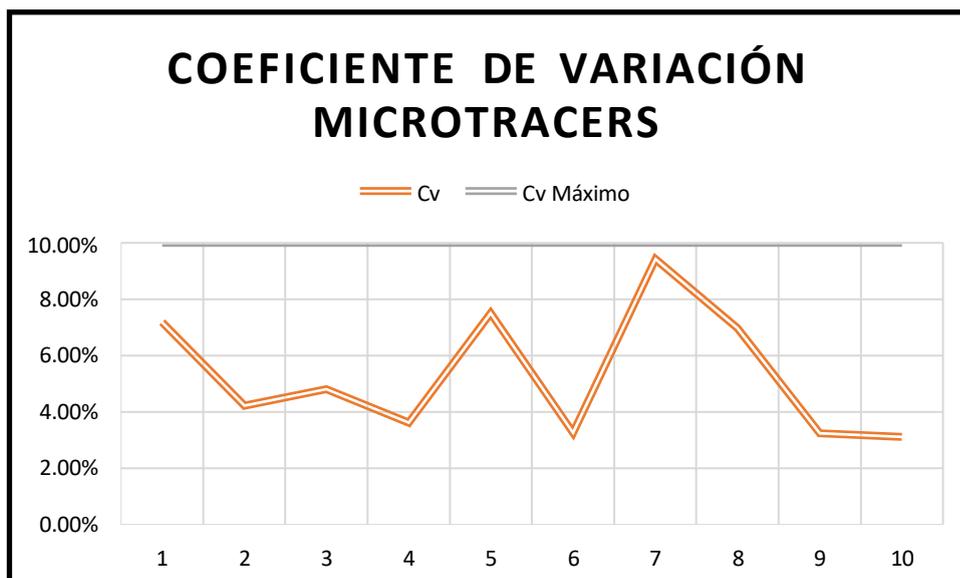
**Figura 4: Coeficientes de Variación – Indicador Manganeso**

#### 4.2. ANÁLISIS DE MICROTRAZADORES

Se realiza el análisis de los datos obtenidos en el conteo final de los Microtrazadores, obteniéndose los resultados que se muestran en la Tabla 2 y Figura 5:

**Tabla 2: Resultados Prueba de Mezclado – Indicador Microtrazador**

Nº	Batch (kg)	Cv	Cv Máximo
1	380	7.18%	10.00%
2	504	4.21%	10.00%
3	987	4.80%	10.00%
4	812	3.62%	10.00%
5	250	7.50%	10.00%
6	1000	3.25%	10.00%
7	865	9.42%	10.00%
8	300	6.98%	10.00%
9	600	3.23%	10.00%
10	500	3.11%	10.00%

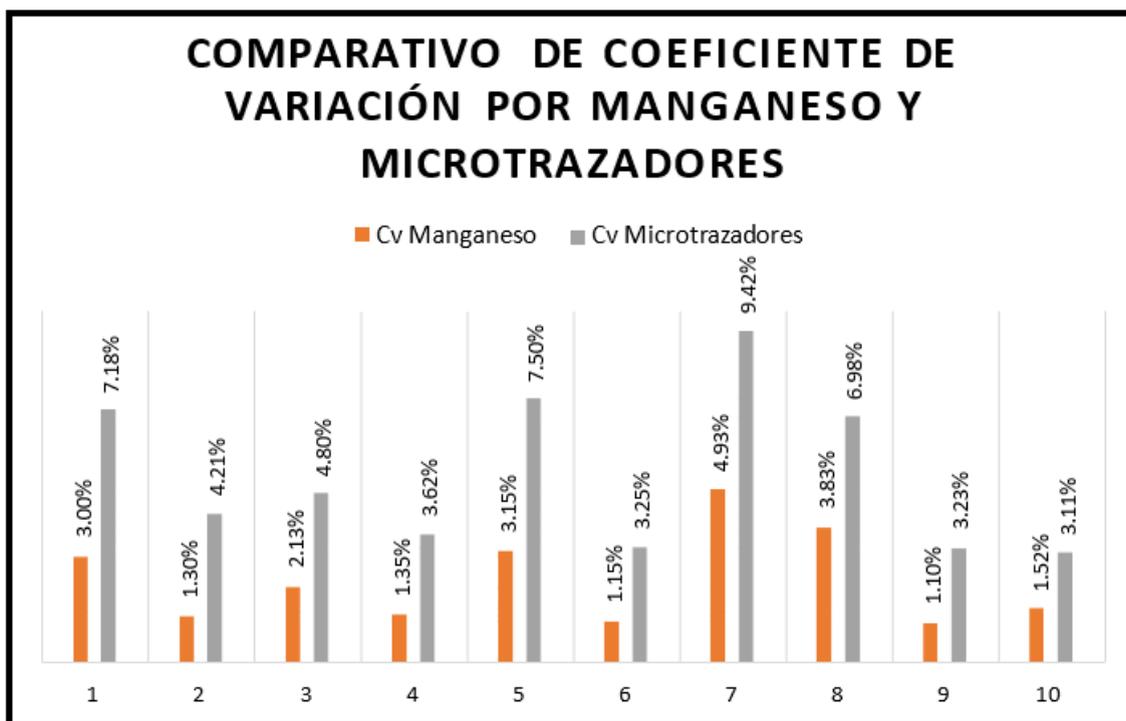


**Figura 5: Coeficientes de Variación – Indicador Manganeso**

En la Tablas 3 y Figura 6 se muestran los comparativos entre los Métodos de Análisis para Eficiencia de Mezclado, mientras que en la Tabla 4 se muestra la evaluación de tiempos de mezclado.

**Tabla 3: Cuadro comparativo CV por indicador**

Nº	Cv Manganeso	Cv Microtrazadores
1	3.00%	7.18%
2	1.30%	4.21%
3	2.13%	4.80%
4	1.35%	3.62%
5	3.15%	7.50%
6	1.15%	3.25%
7	4.93%	9.42%
8	3.83%	6.98%
9	1.10%	3.23%
10	1.52%	3.11%



**Figura 6: Comparativo de Coeficientes de Variación por indicador**

**Tabla 4: Evaluación de Tiempos de Mezclado**

Fecha	Batch	CV	Densidad	CV Ideal	Tiempo (seg)
29.10.2018	500 kg	6.10%	1.33	10%	360
29.10.2018	500 kg	9.35%	1.33	10%	330
29.10.2018	500 kg	10.12%	1.33	10%	300
29.10.2018	500 kg	11.92%	1.33	10%	270
29.10.2018	500 kg	13.45%	1.33	10%	240
29.10.2018	500 kg	13.95%	1.33	10%	210
29.10.2018	500 kg	15.94%	1.33	10%	180
29.10.2018	500 kg	16.13%	1.33	10%	150
29.10.2018	500 kg	18.45%	1.33	10%	120
29.10.2018	500 kg	12.60%	1.33	10%	90

Para realizar las pruebas se toman 12 muestras de los diferentes puntos de la mezcladora, distribuyendo los puntos de muestro en toda la superficie de la mezcladora, sacando muestras

de la parte superior, media e inferior en cada uno de los lados de la mezcladora y en el centro de esta. Microtracers, INC; indica que idealmente se debe de hacer pruebas en todo el batch. Pero prácticamente, se debe de tomar las muestras dentro del mezclador, al menos tres muestras una de cada extremo y otra del medio del mezclador. Si se toman las muestras de un tornillo sin fin, al menos se debe de tomar 10 muestras. Por ello, el número de muestras tomada en las pruebas se confirma es el adecuado, ya que se indica que mínimo se debe de tomar 3 muestras y en las pruebas se tomaron 12 muestras y de esta manera tener mejor precisión.

Para el análisis de resultados de las pruebas de mezclado realizado con Microtrazadores, se espera un conteo de 100 partículas y como máximo 10% de CV para poder asegurar que se cuenta con una mezcla homogénea. Microtracer, Inc, con respecto a los marcadores de hierro, indica que es preferible analizar muchas muestras con menor precisión. Si se toman 10 muestras de una mezcla perfecta y se cuenta 100 partículas de marcadores por muestra, se puede esperar una distribución de Poisson estándar de 10 y un coeficiente de variación (CV) de 10%. De acuerdo con lo expuesto el CV definido para determinar la homogeneidad de la mezcla es el adecuado de acuerdo a los parámetros trabajados.

En las Tablas 1 y 2 se puede observar que los valores de CV son menores a 10% en ambos casos, obteniendo valores por debajo de 5% en las pruebas por manganeso y debajo de 10% en las pruebas de Microtrazadores, utilizando el criterio de CV para determinar la homogeneidad de la mezcla los resultados obtenidos se encuentran dentro de los parámetros y podemos decir que son productos homogéneos. En el estudio realizado por Busso en el 2016 sobre la homogeneidad de la mezcla y la influencia de los tiempos de mezclado, esperaba un resultado de CV de 10% el cual no fue alcanzado por ninguno de sus análisis, lo cual indicaba que en ese momento la mezcladora no tenía un rendimiento óptimo con respecto a calidad, como si lo mantenida en un estudio realizado dos años atrás bajo los mismos parámetros donde se encontró CV entre 8 – 10 %. Ante estos resultados se comprueba que los análisis de mezclado realizados con Microtrazadores han tenido buenos resultados, pero se debe mantener un seguimiento ya que como indica Busso en tiempos prolongados se puede encontrar diferencias significativas en resultados.

La realización de los análisis de homogeneidad de mezclado por Microtrazadores toma un

tiempo de 1 día en obtener los resultados, es decir si las muestras son tomadas en la mañana los resultados se pueden obtener los mismos días, mientras que las muestras enviadas a laboratorio externo para realizar el análisis de homogeneidad por concentración de manganeso tienen un tiempo de respuesta de 5 días hábiles. Microtracers, Inc. Indica que técnicas analíticas convencionales, usualmente requieren los servicios de laboratorios especializados y un largo tiempo entre el envío de las muestras y el recibo de los resultados: convirtiéndose estos resultados en información desactualizada. Así mismo, Busso indica en el estudio realizado que el análisis por manganeso tuvo un costo más alto y un tiempo de respuesta de 7 días. Esto es muy cierto ya que si se realiza el análisis lo más rápido posible se puede tomar acciones en el momento antes de que el producto sea entregado al cliente, es decir, acciones preventivas; en cambio, si las muestras son enviadas a laboratorio externo los resultados son recibidos después de que el cliente ya recibió el producto y de haber algún problema en la máquina solo se podrá tomar medidas correctivas de recibir queja de cliente.

Los análisis de Microtracer tienen un costo bajo de 15 soles aproximadamente por cada análisis de mezclado, ya que el mayor costo es el microtrazador; mientras que en el caso de análisis en base a manganeso tiene un costo de 1246 soles por cada prueba de mezclado. Microtracer Inc., indica que el costo de incluir Microtrazadores por tonelada de alimento es realmente insignificante con relación al ahorro potencial que tiene efecto al evitar baja eficiencia en el alimento, asociada a una mezcla deficiente, la no inclusión o mala inclusión de micro ingredientes. De acuerdo con lo expuesto anteriormente se puede asegurar lo indicado por Microtracer Inc. Que indica que el uso de Microtrazadores es de bajo costo, esto nos ha permitido realizar más muestras mensuales de mezclado pasando de 2 a 10 análisis mensuales.

En la Tabla 4 se puede observar que los tiempos de mezclado comienzan a mejorar a partir de los 300 segundos, encontrándose dentro del parámetro de 10% CV en los tiempos de 330 y 360 segundos. En el estudio realizado por Condezo- Hernández en el 2020 actualmente se busca mejorar los niveles de homogeneidad en el menor tiempo, indicando que máquinas antiguas encontraban un buen nivel de homogeneidad en tiempos de 5- 6 minutos, mientras que equipos más vanguardistas lo logran en 1.5 minutos. Los tiempos de mezclado óptimos encontrados en el estudio coinciden con los datos para un equipo antiguo, lo cual se encuentra dentro de lo esperado ya que el equipo en planta tiene una antigüedad de 11 años.

## V. CONCLUSIONES

1. Luego de realizar el estudio de homogeneidad de mezcla, podemos concluir que el método de mezclado a base de Microtrazadores como indicador es más económico que el uso de un indicador mineral.
2. El tiempo de análisis de homogeneidad con el uso de Microtrazadores es menor al tiempo necesario para realizar el análisis con un indicador mineral como es el Manganeseo.
3. La necesidad de obtener resultados más rápidos para toma de decisiones en las plantas de procesamiento ha impulsado en la búsqueda de nuevas metodologías de análisis de homogeneidad de mezcla encontrando el método a base de Microtrazadores un método económico y rápido.
4. La elección del batch mínimo en una mezcladora es importante para obtener una mezcla homogénea ya que debajo de esa capacidad la mezcla a pesar de tener los mismos parámetros de trabajo no cumple los CV óptimos.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda verificar la cantidad de partículas por gramo de microtrazador para poder determinar los gramos de Microtrazadores en cada batch.
- Se deben de realizar mínimo 5 análisis de mezclado por Microtrazadores mensualmente para de esta manera tener mejor control de la homogeneidad de la mezcladora y operatividad de esta.

## VII. BIBLIOGRAFIA

- Altamirano, F. & Ramos, J.M. (2020). Diseño de un sistema de control y monitoreo para la medición, dosificación y mezclado de insumos para la preparación de alimentos balanceados.
- Antelo, X. (2008). Efecto del tiempo y procesamiento de mezclado del alimento balanceado para gallinas ponedoras sobre la producción y calidad del huevo en la mesa (Tesis, EAP Zamorano, Ciencia y Producción Agrícola). Recuperada de <http://bdigital.zamorano.edu/bistream/11036/844/1/T2541.pdf>
- Arzú, L.; Moncada, E.; Espinal, R. (2018). Optimización del tiempo de mezcla de alimentos balanceados a través del método de Microtracers en la planta de alimentos balanceados de Zamorano. Escuela Agrícola Panamericana. Honduras.
- Banegas, D.J. (2009). Efecto del tiempo y procedimiento de mezclado del alimento balanceado en la producción de pollos de engorde.
- Barashkov, N.; Eisenberg, D.; Eisenberg, S. y Mohnke, J. (2007). Ferromagnetic Microtracers and their use in feed applications. XII International Feed Technology Symposium. Serbia.
- Cordero y Caridad, L. (2020). Revisión sobre el mezclado de productos en la fabricación de piensos y conglomerados. Revista Ingeniería Agrícola. Cuba.
- Eisenberg, D. (1992). Markers in Mixing Testing Closer to Perfection. Feed Menagment. Serbia.
- González, E.V. (1998). Problemas de mezclado y uniformidad en la industria de alimentos

para animales. *Nutrición Animal Tropical*, 4(1), 63-78.

Microtracers INC., obtenido de <https://microtracers.com/spanish/>.

Moreno, E.R. (2008). Validación del proceso de mezclado en la fabricación de un alimento enriquecido con vitaminas y minerales (Bachelor's thesis, Bogotá-Uniandes).

Olivera, D. (2009). Evaluation of homogeneity in feed by method of Microtracers. Institut for Food Technology. Serbia.

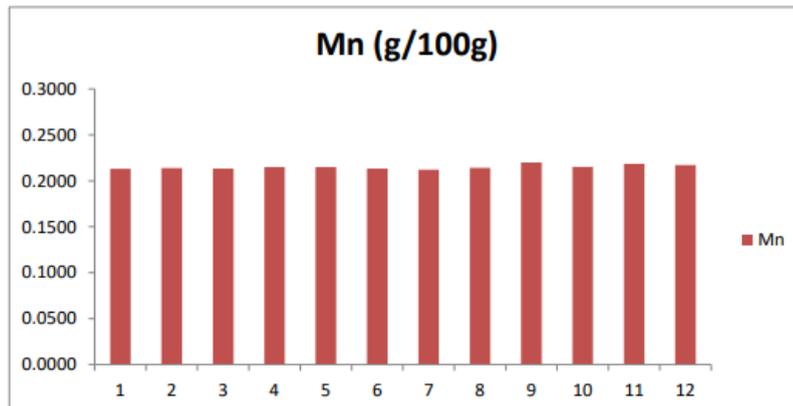
Wong, A.J. (2016). Incidencia del tiempo y adición de insumos sobre la homogeneidad de alimentos balanceados elaborados en mezcladores de cinta (Tesis). Universidad San Ignacio de Loyola. Lima.

## VIII. ANEXOS

### ANEXO 1: Resultado Prueba de Mezclado por Manganeso

Resultados	
Muestra	Mn
1	0.2131
2	0.2138
3	0.2135
4	0.2148
5	0.2148
6	0.2134
7	0.2121
8	0.2141
9	0.2201
10	0.2151
11	0.2184
12	0.2171

Análisis de Resultados	
Sumatoria	2.5803
Promedio	0.215
Valor Máximo	0.2201
Valor Mínimo	0.2121
Valor Moda	
Desviación estandar	0.00
Coefficiente de variación	1.10



## ANEXO 2: Resultado Prueba de Mezclado por Microtrazadores

Violeta Tracer Count Sequentially From Left to Right									
135	124	123	133	136	128	138	125	123	120
145	113								

Color of Tracer:	<b>Violeta</b>
Tracer Particles / mg:	31
g of Tracer / Metric Ton:	32.26
Sample Assayed (g):	9.77
Tracer Recovery:	<b>1316.02</b>
Number of Samples Analyzed:	12
Degrees of Freedom:	10
Mean:	128.58
Standard Deviation:	8.98
Coefficient of Variation (%):	6.98
Coefficient of Variation - Poisson (%):	8.82
Chi-Square:	6.90
Probability (%):	<b>73.51</b>

### Conclusion:

The chance probability of more than 5% evidences a complete mix for the Violeta tracer.

## ANEXO 3: Recuperación de Microtrazadores en Papel Filtro

